

Funksprechgerät Fu G 7

Technik und Anwendung



SONDERDRUCK
aus
TELEFUNKEN-ZEITUNG

JAHRGANG 30

MÄRZ 1957

NUMMER 115

T E L E F U N K E N · G · M · B · H · B E R L I N

Fu G 7, vom Einkanal- zum Vielkanal-UKW-Funksprechgerät

Von A. Hagen

S. 9

Zur Entwicklung des 100-Kanal-Funksprechgerätes Fu G 7

Von H. J. Fründt und F. Sobott

S. 27

Hubschrauber mit Funksprechverbindung als Einsatzmittel der Polizei

S. 47



Links: Führungsfahrzeug (Unimog 1,5 t), rechts: drei Funkfahrzeuge (Rover) — alle ausgerüstet mit Fu G 7

Fu G 7, vom Einkanal- zum Vielkanal-UKW-Funksprechgerät

Von A. Hagen*)

Während der Kriegsjahre 1939 bis 1945 ergab sich unter den Einwirkungen der Bombenangriffe in Deutschland die Notwendigkeit, schnelle und sichere Sprechfunkverbindungen zwischen Fahrzeugen der Polizei und des Sicherheits- und Hilfsdienstes einerseits und ihren ortsfesten Befehlsstellen andererseits einzurichten. Die erste Anlage dieser Art wurde in Berlin durch die C. Lorenz AG. (1940) errichtet. Die Betriebserfahrungen mit diesen noch im 9-m-Band arbeitenden Geräte führten bald zu der Erkenntnis, daß amplituden-modulierte Geräte infolge des durch Starkstromleitungen, Oberleitungen der Straßenbahn und vor allem durch Zündfunken von Kraftfahrzeugen verursachten hohen Störpegels für den Einsatz in Großstädten wenig geeignet sind. Auf Anregung des damaligen Reichs-Innenministeriums und der Nachrichtenversuchsstelle der Ordnungspolizei entwickelte Telefunken daraufhin unter den Typenbezeichnungen „Kastor“ für die ortsfeste und „Pollux“ für die Fahrzeuganlage UKW-Funksprechgeräte mit Frequenzmodulation, mit denen 1943 ein UKW-Funksprechnetz für die Hansestadt Hamburg eingerichtet wurde.

Die ortsfeste Anlage „Kastor“ bestand aus einem UKW-Sender mit 1 kW Leistung und einem UKW-Empfänger mit einer Empfindlichkeit von etwa 5 μ V bei 20 db Rauschabstand. Sie stand im Turm der Nicolai-Kirche in Hamburg (Bild 1 und 2). Zur Überleitung der Funkgespräche in das Fernsprechnet (Übergang Vierdraht/Zweidraht) wurde von Telefunken eine besondere Funkvermittlung (Bild 3) entwickelt. Bild 4 zeigt eines der Polizeifahrzeuge, die mit der Anlage „Pollux“ ausgerüstet waren.

Aus diesen ersten Anfängen entstand im Laufe der Jahre das heutige umfangreiche Netz von UKW-Funksprechverbindungen der deutschen Sicherheitsbehörden. Es umfaßt die einzelnen Bezirke der Stadt- und Landpolizei

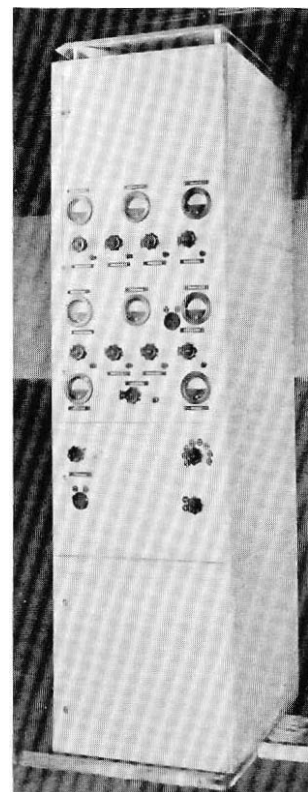


Bild 1: Erster frequenzmodulierter Telefunken - UKW-Funksprechsender „Kastor“, Leistung 1 kW (1943)

*) Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. A. Hagen ist Leiter des Dezernates Fernmeldewesen bei der Beschaffungsstelle des Bundesministers des Innern. Er hat maßgeblichen Anteil an der Entwicklung von UKW-Funksprechgeräten und dem Aufbau von UKW-Funksprechdiensten für die Sicherheitsbehörden.



Bild 2: Antenne für Sender „Kaslor“ im Turm der Nicolai-Kirche in Hamburg

Funksprechbetrieb im UKW-Bereich, Frequenz-Modulation, Betriebsart Gegensprechen (Duplex), Möglichkeit der Überleitung der Funkgespräche in Fernsprechnetze, Verwendung nur einer Antenne für Sender und Empfänger mit Hilfe hochwertiger elektrischer Weichen.

Im Verlauf eines Jahrzehnts wurden zahlreiche Zwischentypen entwickelt, die durch die jeweils zu beachtenden besonderen Betriebsanforderungen und durch den jeweils erreichten Stand der Technik bestimmt waren. Vor allem wurde die Empfindlichkeit der Empfänger er-



Bild 4: Mit Telefunken-Funksprechgerät „Pollux“ ausgerüsteter Streifenwagen vor dem Hamburger Rathaus (1943)

der verschiedenen Länder, der Wasserschutz- und Hafenpolizei, der Bereitschaftspolizei, des Zollgrenzdienstes, des Bundesgrenzschutzes, des zivilen Bevölkerungsschutzes, der Feuerwehr, des Roten Kreuzes und des Techn. Hilfswerkes. Weitere Anwendungsgebiete des UKW-Sprechfunks sind die städtischen Versorgungsbetriebe für Gas, Wasser und Elektrizität, der Rangierdienst der Bundesbahn, der Störsuchdienst von Überlandzentralen und der Rettungsdienst. Ferner ist das öffentliche Funksprechnetze der Bundespost im Entstehen, das Verbindungen zwischen jedem an dieses Netz angeschlossenen Fahrzeug und allen Teilnehmern des öffentlichen Fernsprechnetzes ermöglichen wird.

Die Funksprechdienste der Sicherheitsbehörden werden überwiegend im 80-MHz-Band abgewickelt. Andere wichtige Funksprechdienste, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, wurden unter Anwendung der gleichen Technik auf das 160-MHz- und auf das 40-MHz-Band verlegt. In Zukunft wird voraussichtlich auch ein Band zwischen 440 und 460 MHz benutzt werden.

Die seinerzeit seitens der deutschen Sicherheitsbehörden für die erwähnte erste Telefunken-Anlage angestellten grundsätzlichen Überlegungen haben noch heute Gültigkeit. Sie führten zu folgenden Richtlinien:

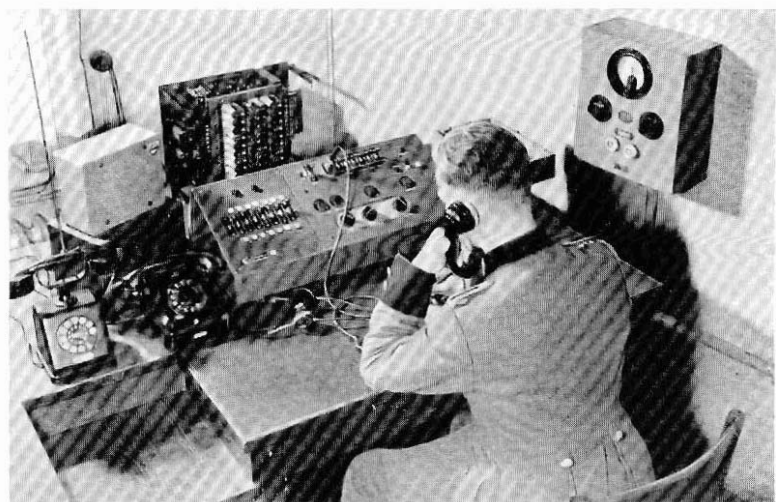


Bild 3: Erste Funkvermittlung von Telefunken im Polizeipräs. Hamburg (1943)

höht, wodurch die Leistung der ortsfesten Sender, die 1943 noch 1 kW betrug, auf 100 W und bei einer für die Ausbreitung günstigeren Aufstellung unter Verwendung moderner Antennen sogar auf 15 W herabgesetzt werden konnte. Die erforderliche Eingangsspannung der Empfänger (1943 noch 5 μ V für 20 db) liegt heute bei etwa 0,5 μ V für 20 db Rauschabstand.

Mit der Vergrößerung der Funksprechnetze und der Zahl der eingesetzten Sender wuchs die Gefahr gegenseitiger Störungen. Um sie auf ein Mindestmaß herabzusetzen, mußte die abgestrahlte HF-Bandbreite für den Sender ver-

kleinert und die Selektivität für den Empfänger beträchtlich erhöht werden. Hierdurch wurde eine Verringerung des Kanalabstandes ermöglicht, wenn die Anlage hinreichend frequenzstabil aufgebaut wurde. Der Kanalabstand, ursprünglich 150 kHz, wurde auf 100 kHz und schließlich auf 50 kHz mit 100 db Dämpfung zu den Nachbarkanälen herabgesetzt. Die Zahl der erforderlichen Betriebskanäle wuchs im Laufe der Jahre. Für Fahrzeuge, die nur mit Hilfe einer ortsfesten Anlage Verkehr aufzunehmen hatten, schien zunächst eine Betriebs- und eine Ausweichfrequenz ausreichend. Bald ergab sich aber die Notwendigkeit, auch eine Verbindung vom Fahrzeug zu anderen Funkverkehrsstellen herzustellen. Deshalb wurden zunächst vier schaltbare Frequenzen verlangt, deren Zahl sich später auf sieben bis acht erhöhte.

Schließlich erwies es sich als vorteilhaft, den Fahrzeugen die Möglichkeit einer unmittelbaren Verständigung untereinander zu geben. Bisher war das nur mittels einer Durchschaltung der ortsfesten Anlage im Wechselsprechbetrieb (WzW-Schaltung) ausführbar, so daß eine Verständigung zwischen zwei Fahrzeugen auf den Bereich der ortsfesten Anlage beschränkt war. Die Empfängerschaltung in den Fahrzeugen wurde daher so ausgeführt, daß sie wahlweise für Gegensprechen (Duplex) im Verkehr mit der ortsfesten Anlage oder für Wechselsprechen (Simplex) im Verkehr der Fahrzeuge untereinander umschaltbar war. Zusätzlich verwenden einige Polizeifunksprechnetze die sogenannte Flackerschaltung, die es ermöglicht, von einem Fahrzeug aus durch rhythmisches Umschalten des Empfängers zwei Betriebskanäle im Ober- oder Unterband gleichzeitig zu überwachen.

Es lag nahe, die Endstufe des Senders einer Fahrzeug-Anlage durch eine einfache Umschaltung als Verstärker für einen außen am Fahrzeug angebrachten Lautsprecher mit 10 W Sprechleistung zu betreiben, wodurch unter Beibehaltung der Empfangsbereitschaft Lautsprecher-Durchsagen an die Umgebung, z. B. für die Verkehrsregelung, durchgeführt werden konnten.

Die Funksprechnetze der deutschen Sicherheitsbehörden verwenden allgemein den sogenannten offenen oder Sammelruf, bei dem alle Teilnehmer mithören, während andere Bedarfsträger die gleichen Geräte mit einer Zusatzeinrichtung für Selektivruf verwenden. Der Selektivruf gestattet, eine bestimmte Gegenstelle auszuwählen, wobei die übrigen an den gleichen Verkehrskreis angeschlossenen Anlagen während einer bestehenden Verbindung sende- und empfangsseitig gesperrt sind. Auf dieses Verfahren wird nachstehend nicht weiter eingegangen.

Die vorstehend in den wesentlichen Grundzügen angedeutete Entwicklung wurde 1952 im Einvernehmen zwischen dem Bundesministerium des Innern (BMI) und der Deutschen Bundespost in einem Pflichtenheft niedergelegt, das als verbindlich für alle in der Bundesrepublik an die Sicherheitsbehörden zu liefernden Funksprechgeräte erklärt wurde. Damit schien für einen größeren Zeitraum ein gewisser Endzustand erreicht zu sein, der bei Telefunken zu zwei Anlagentypen führte, der ortsfesten Anlage 80 D 2/7 (Bild 5) und der Fahr-

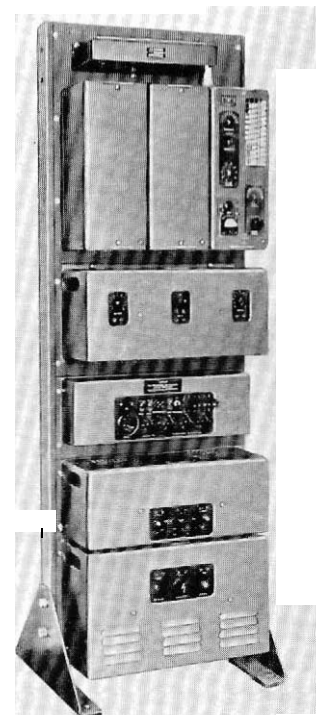


Bild 5: Ortschafts Anlage 80 D 2/7 mit 100-W-Endstufe

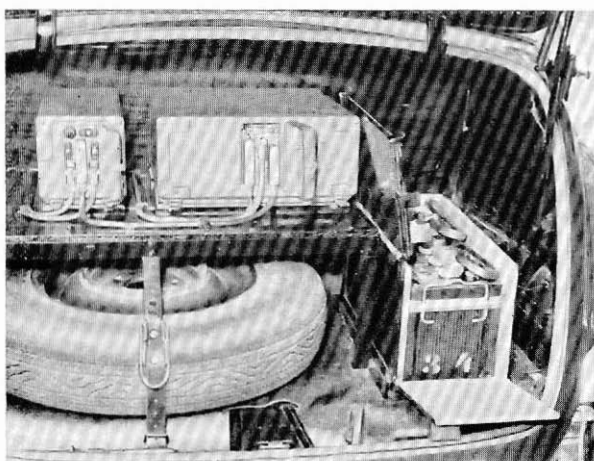


Bild 6a: Fahrzeug-Anlage 80 D 2-S im Kofferraum eines PKW. Links: Stromversorgung; in der Mitte: Sende-Empfangsgerät; rechts: 12-V-Sammler

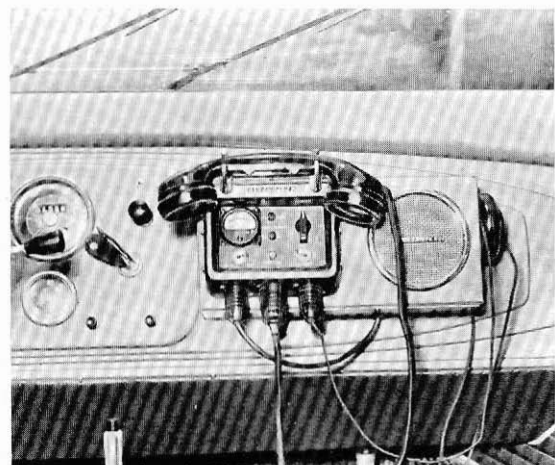


Bild 6b: Fahrzeug-Anlage 80 D 2-S. Mikrotelephon, Fernbedienung und Lautsprecher am Armaturenbrett

zeuganlage 80 D 2-S (Bild 6). Mit diesen beiden Anlagen können UKW-Funksprechnetze in zahlreichen Spielarten eingerichtet werden.

Ein derartiges Funksprechnetz besteht in der Regel aus einer ortsfesten Sende-Empfangs-Anlage mit Übergangsschaltung für das Fernsprechnet und einer Reihe von Sende-Empfangs-Anlagen in Fahrzeugen. Beide Anlagentypen sind zwar konstruktiv verschieden, elektrisch aber ähnlich aufgebaut. Da Gegensprechbetrieb durchgeführt wird, ist für jeden Betriebskanal ein Frequenzpaar erforderlich. Sender und Empfänger sind über eine Antennenweiche an eine gemeinsame Antenne angeschlossen. Für die Sicherheitsbehörden in Deutschland stehen im 4-m-Band ein unteres Frequenzband (Unterband) und ein oberes Frequenzband (Oberband) zur Verfügung, wobei zwischen zwei Einzelfrequenzen eines Frequenzpaares jeweils ein konstanter Abstand von 9,8 MHz vorhanden ist. Es hat sich eingebürgert, daß Fahrzeuganlagen auf dem Unterband und die ortsfesten Anlagen auf dem Oberband senden. Die Bedingung, eine Antennenform zu finden, die in Verbindung mit der Anpassungsschaltung zwei breite Resonanzstellen mit hinreichend kleiner Welligkeit aufweist, konnte voll erfüllt werden. Derartige Antennen sind sowohl für die ortsfeste wie für die Verwendung im Fahrzeug in den verschiedensten konstruktiven Ausführungen lieferbar [1] (in diesem Heft S. 21).

Die ortsfeste Anlage wird in bezug auf den Anschluß wie ein Fernsprecher behandelt, kann also an eine beliebige Vermittlung angeschlossen werden. Sie erhält ein einschiebbares Gerät (Funkgabel), das aus Gabelschaltung und automatischem Volumenregler besteht. Dieser gleicht bis zu 2 N Leitungsdämpfung aus.

In den stark beanspruchten Stadt- und Landfunknetzen der Polizei arbeitete die ortsfeste Anlage bis 1955 mit durchlaufendem Träger unter Aussendung eines Morsezeichens als Kennung. — Durch den verstärkten Ausbau der Netze und der dadurch bedingten gegenseitigen Störungsmöglichkeit wurde es notwendig, den Träger nurmehr beim Besprechen des Senders einzuschalten. Die Fahrzeuge rufen die ortsfeste Anlage durch Drücken eines Rufknopfes, der einen 1750-Hz-Ton auf den Sender schaltet. Dieser Ton wird bei der ortsfesten Anlage auf 25 Hz umgesetzt und löst ein Klingelzeichen aus. Umgekehrt werden die Fahrzeuge von der ortsfesten Anlage aus ebenfalls durch einen Rufion gleicher Frequenz gerufen, der den im Fahrzeug befindlichen Lautsprecher selbsttätig einschaltet. Die nicht angesprochenen Fahrzeuge können durch Drücken des Rufknopfes ihren Lautsprecher wieder abschalten. Durch die Vermittlung der ortsfesten Anlage wird das Fahrzeug mit dem gewünschten Fernsprechteilnehmer oder einem anderen Fahrzeug verbunden. Mit der ortsfesten Anlage selbst oder einem Fernsprechteilnehmer werden die Gespräche im Gegensprechen (Duplex) geführt. Bei einer Verbindung zwischen zwei Fahrzeugen dagegen, bei der die Feststation nicht zwischengeschaltet ist, wird Wechselsprechverkehr (Simplex) auf einer Frequenz im Unterband angewandt. In den Funknetzen der Landpolizei kann, um die Verbindung mit der gewünschten ortsfesten Anlage sicherzustellen und eine zufällige Verbindung mit einem nicht gewünschten benachbarten Funknetz gleicher Frequenz zu vermeiden, vom Fahrzeug durch Drücken des 2. Rufknopfes zunächst eine zweite Tonfrequenz (Ruf 2 = 2135 Hz), ein sogenannter Lockruf, ausgesandt werden, der den Träger der ortsfesten Anlage einschaltet. Auf Grund der nunmehr ausgestrahlten Kennung kann im Fahrzeug beurteilt werden, ob die Verbindung mit der gewünschten ortsfesten Anlage zustande kommt. Ist dies der Fall, so kann durch die Ruffrequenz 1 (1750 Hz) die ortsfeste Anlage endgültig gerufen werden. Ist dies nicht der Fall, und unterbleibt daher der endgültige Ruf, so schaltet sich die ortsfeste Anlage nach kurzer Wartezeit selbsttätig ab. Die Anwendung dieser zweiten Ruffunktion ist noch nicht einheitlich zur Durchführung gekommen.

In einem für die Ausbreitung ungünstigen Gelände kann es erforderlich werden, ortsfeste Anlagen entfernt von der Vermittlung aufzustellen. Zur Verbindung zwischen ihnen und der Vermittlung kann man Funkbrücken (Radio Links) als Zubringerlinien einsetzen [2]. Diese Zubringerlinien arbeiten im 2-m-Band vorwiegend mit Richtantenne und können mit TF-Geräten mehrfach ausgenutzt werden. In den meisten Fällen werden TF-Geräte mit drei Kanälen für die Übermittlung der sonst noch notwendigen Schaltkommandos oder zum Besprechen weiterer Anlagen eingesetzt. Diese Zubringerlinien haben sich besonders in Bezirken mit besonders stark gebirgigem Charakter ausgezeichnet bewährt.

In Stadtgebieten kann es vorkommen, daß zwar der ortsfeste Sender infolge seiner größeren Leistung und guten Antenne überall von den Fahrzeugen empfangen wird, daß aber umgekehrt die Fahrzeugsender von ungünstigen Standorten aus den ortsfesten Empfänger nur schlecht erreichen. In solchen Fällen stellt man zusätzliche Empfänger auf, deren NF-Ausgang über Drahtleitung oder Funkbrücken der Betriebszentrale der ortsfesten Anlage zugeführt wird. In Großstädten hat in den letzten Jahren die Zahl der Einsatzfahrzeuge stark zugenommen. Es war deshalb hier erforderlich geworden, mehrere Verkehrskreise auf verschiedene Frequenzen zu bilden und die Zahl der Fahrzeuge entsprechend aufzuteilen. Hierbei können die ortsfesten Sende-Empfangs-Anlagen und die jedem Verkehrskreis zugeordneten Funkvermittlungen zentral zusammengefaßt sein oder in verschiedene Bezirke unterteilt werden (z. B. Ausstattung von Polizei-

Revieren mit ortsfesten Sende-Empfangs-Anlagen). Die mit sieben Frequenzpaaren mit 50 kHz Kanalabstand arbeitenden Geräte 80 D 2/7 (ortsfest) und 80 D 2-S (Fahrzeug) genügen mit ihrem zusammenhängenden HF-Band von 900 kHz, solange sich das Nachrichtenbedürfnis auf ein für einen bestimmten Dienst gebildetes Funknetz beschränkt. Wenn aber, wie dies z. B. beim Katastropheneinsatz denkbar ist, verschiedene Organisationen (Bundesgrenzschutz, Polizei, Rotes Kreuz, Techn. Hilfswerk, Feuerwehr) miteinander in Verbindung treten müssen und zentral zu führen sind, dann reichen die sieben Frequenzpaare der Geräte 80 D 2 nicht mehr aus. Deshalb wurde ein Vielkanalgerät entwickelt, das alle verfügbaren Frequenzen im 80-MHz-Band erfaßt. Dabei sollten nicht nur sämtliche Bedingungen erfüllt werden, die zur Durchführung der bisher beschriebenen Betriebsarten gestellt waren, sondern darüber hinaus sollte das neue Gerät sowohl in Fahrzeugen als auch in ortsfesten Anlagen verwendbar sein. Weiter wurde ein Mindestaufwand an Quarzen sowie eine Verringerung des Volumens, des Gewichtes und der Stromaufnahme verlangt.

Gemäß diesen neuen, vom BMI zusätzlich geforderten Bedingungen entstand das Gerät Fu G 7 (Bild 7) mit Zusatzgeräten.

Zunächst soll ein Überblick auf die Aufgabenstellung und ihre Lösung gegeben werden, wobei ausschließlich jene Einzelheiten behandelt werden, die gegenüber den bisher verwendeten Geräten neu sind. Die Einsatzmöglichkeiten werden anschließend bildlich dargestellt.

50/100 Frequenzkanäle

Alle verfügbaren Frequenzen im 80-MHz-Band sollen mit einem Mindestaufwand an Quarzen durch fest gerastete Kanäle mit einem gegenseitigen Kanalabstand von 50 kHz darstellbar sein. In diesem Band lassen sich unter dieser Voraussetzung 100 Einzelfrequenzen bzw. 50 Frequenzpaare unterbringen. Im Sende-Empfangsgerät Fu G 7 können somit entweder 100 Wechselsprechkanäle (Schalterstellung W = Wechselsprechen = Simplex) oder 50 Gegensprechkanäle (Schalterstellung G = Gegensprechen = Duplex) geschaltet werden. Die mit dem Kanalwahlschalter gerasteten Frequenzen stellen jeweils die Senderfrequenz dar. Im Wechselsprechverkehr wird die Oszillatorfrequenz durch Betätigen der Sprechaste selbsttätig umgeschaltet. Gleichzeitig hiermit wird die Antenne über den entsprechenden Zweig der eingebauten Weiche an den Empfänger- oder Senderausgang gelegt. Wird die Anlage auf einen Kanal zwischen 00 und 49 eingestellt, so arbeitet der Empfänger im Gegensprechbetrieb auf der zugeordneten um 9,8 MHz versetzten Frequenz im Oberband (eingestellte Kanalbezeichnung + 50). Stellt man dagegen einen Kanal zwischen 50 und 99 ein, so arbeitet der Empfänger auf einer 9,8 MHz versetzten Frequenz im Unterband (eingestellte Kanalbezeichnung - 50). Diese Schaltung gestattet es, das gleiche Gerät sowohl als Anlage mit Fahrzeugcharakter (Sender im Unterband, Empfänger im Oberband) wie als Anlage mit dem Charakter einer ortsfesten Anlage (Sender im Oberband, Empfänger im Unterband) zu verwenden.

Quarzsparende Technik

Nach den bisher angewendeten Verfahren wären bei 100 Sprechkanälen selbst bei Anwendung einer Transceiver-Schaltung (Ausnutzung eines Quarzes gleichzeitig für Sender und Empfänger) 100 Quarze erforderlich gewesen. Glücklicherweise stand eine seit mehreren Jahren in dem tragbaren Telefunkengerät Teleport III mit Erfolg angewendete Lösung zur Verfügung. Dieses Gerät war seinerzeit für den Bundesgrenzschutz und die Bereitschaftspolizei entwickelt worden. Durch Übertragung der Teleport III-Schaltung auf das Gerät Fu G 7 konnten 100 Einzelfrequenzen bzw. 50 Frequenzpaare mit insgesamt nur 10 fest eingebauten Quarzen erzeugt werden. Bei diesem Verfahren wird eine hohe quarzstabilisierte Frequenz mit einer tieferen Frequenz gemischt, die in einem freischwingenden Oszillator erzeugt wird. Bei dem Gerät Fu G 7 wird dieses Prinzip in 10 Dekaden wiederholt angewendet. Der Kanalschalter ist zweiteilig. Mit dem linken Knopf werden die Dekaden-Quarze geschaltet, während gerastete Einstellungen des rechten Knopfes die Einer-Frequenzen bestimmen, die durch Mischung mit der Frequenz des freischwingenden Oszillators in Abständen von 50 kHz entstehen. Bestimmend für die Mischfrequenz ist ein temperaturkompensiertes keramisches Präzisions-Variometer. Es besteht aus einer Zylinderspule, innerhalb der sich ein Kugelrotor mit Kurzschlußring dreht, der

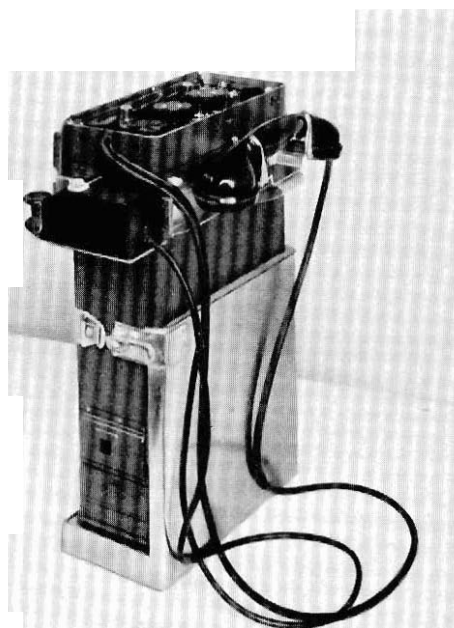


Bild 7: Funksprechgerät Fu G 7 mit Aufhängung für Morsetaste sowie Handapparat und Einbauhalterung für Rover-Fahrzeuge

auf einer keramischen Achse angebracht ist. Mit Rücksicht auf die Transceiver-Schaltung sind für die verschiedenen Betriebsarten zwei Quarzoszillatoren für je 5 Dekaden erforderlich. In der Kanalgruppe 00 bis 49 (Unterband) wird der eine und in der Kanalgruppe 50 bis 99 (Oberband) wird der andere Quarz-Oszillator an den freischwingenden Oszillator geschaltet. Bei Gegensprechen genügt ein Quarz-Oszillator gemeinsam für Sender und Empfänger, bei Wechselsprechen sind beide Quarz-Oszillatoren eingeschaltet, aber nur abwechselnd in Betrieb. Alle Umschaltungen in frequenzbestimmenden Kreisen beschränken sich auf die Zuführungen der Anoden-Gleichspannung, so daß HF-Kontakte vermieden werden, was wesentlich zur Betriebssicherheit beiträgt. Bei Temperaturen zwischen -20° und $+40^{\circ}$ C sowie bei Schwankungen der Betriebsspannung zwischen -15% und $+10\%$ ändert sich die Frequenz um weniger als $\pm 2,5$ kHz.

Vermittlungsfähigkeit

Die Forderung, das Gerät Fu G 7 durch ein Zusatzgerät, die später erwähnte Feldfunkgabel, an beliebige Fernsprechleitungen anschließen zu können, erschien zunächst unerfüllbar, weil die zur Quarzeinsparung verwendete Transceiverschaltung keine niederfrequente Trennung von Sprech- und Hörkanal zuläßt und deshalb Rückkopplung zwischen Sender und Empfänger zu befürchten war. Erst als man auf den Gedanken kam, den zweiten Oszillator gegenzukoppeln und ihm die Niederfrequenz mit 180° Phasenverschiebung zuzuleiten, war eine befriedigende Lösung gefunden. Diese Möglichkeit des Übergangs auf Drahtwege war von entscheidender Bedeutung für die Serienbeschaffung des Gerätes durch die Sicherheitsbehörden.

Verringerung von Volumen und Gewicht

Trotz des erweiterten Frequenzbereiches und der zusätzlichen Betriebsmöglichkeiten konnte das Gerät Fu G 7 gegenüber den bisherigen Geräten erheblich verkleinert werden, wie Tabelle 1 (S. 20) zeigt.

Das Sende-Empfangsgerät mit den Abmessungen $44 \times 28 \times 12$ cm, einem Volumen von 14,8 l und 10 kg Gewicht ist in einem spritzwasserdichten Leichtmetallgehäuse untergebracht. Es besteht aus vier Bausteinen, die leicht herausnehmbar sind. Die sehr gedrängte Bauweise bedingt einen Verzicht auf Steckverbindungen zwischen den Bausteinen (plug in). — Baustein 1 enthält die Frontplatte mit dem Bedienungsfeld und die Oszillatoren für die Frequenzaufbereitung von Sender und Empfänger. Baustein 2 enthält den Sender, bestehend aus je einer Puffer- und Verdopplerstufe für das Unter- und Oberband. Dann folgt eine gemeinsame Endstufe. Baustein 3 enthält den Empfänger. Die 1. ZF von 9,8 MHz wird in einer Mischröhre aus der Empfangsfrequenz und einer vom Oszillator zugeführten Überlagererfrequenz additiv gewonnen. Die 2. ZF von 1,9 MHz wird durch multiplikative Mischung aus der 1. ZF und einer Oszillator-Frequenz von 7,9 MHz gebildet. Dann folgen eine zweifache Begrenzerstufe, ein Phasendiskriminator und die Endstufe. Baustein 4 enthält den Mikrophonverstärker, den Hubbegrenzer, die Phasenumkehrstufe für die Gegentaktansteuerung des Modulators, die Treiberstufe für den Betrieb der Sender-Endstufe als 10-W-Verstärker, die Rauschsperr, das Relaissteil und die Antennenweiche. Die geringen Abmessungen gestatten den Einbau in jedes Kraftfahrzeug.

Leichte Bedienbarkeit

Alle Bedienungsgriffe befinden sich auf der Frontplatte (Bild 8). Der Aus-Ein-Schalter ist mit dem Betriebsarten-Wahlschalter kombiniert. In Stellung Rs 1 sind Sender und Empfänger so miteinander verbunden, daß ankommende Funkgespräche den Sender modulieren und auf einer um 9,8 MHz versetzten Frequenz wieder abgestrahlt werden (Wechselsprechbetrieb). In Stellung Rs 2 kann durch ein zweites Gerät Fu G 7

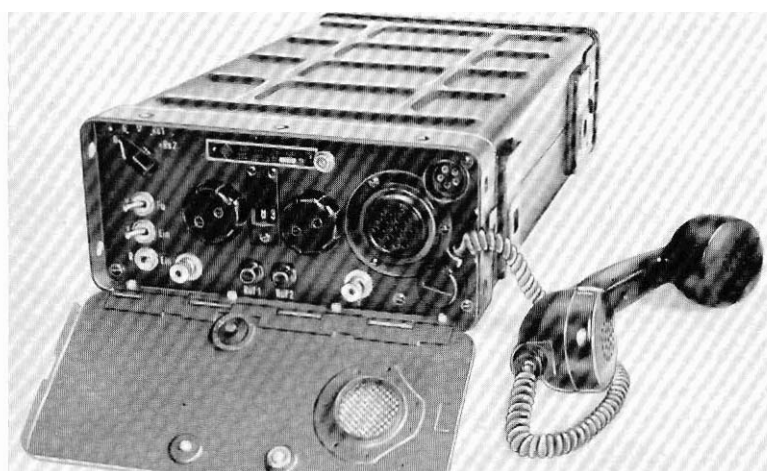


Bild 8 Fu G 7, Schutzdeckel des Bedienungsfeldes heruntergeklappt

eine vollautomatische Relaisstelle (Radio Link) für Gegensprechen (Duplex) gebildet werden. Die in der Mitte befindlichen beiden Drehknöpfe dienen zur Einstellung des Frequenzkanales. Drei auf der linken Seite der Frontplatte liegende Schalter besorgen die Umschaltung „Verstärker-Funkbetrieb“, das Aus- und Einschalten des Abhörlautsprechers auf der Frontplatte und der Rauschsperr. In der Mitte unten sind zwei Rufknöpfe für 1750 bzw. 2135 Hz angebracht, deren Bedeutung weiter oben beschrieben wurde.

Übergang Vierdraht Zweidraht

Die Feldfunkgabel (Bild 9) ist das zum Anschluß an Fernsprechnetze erforderliche Zusatzgerät, das es gestattet, das Gerät Fu G 7 wie einen normalen OB- oder ZB-Anschluß zu behandeln. Es können sowohl Gegen- als auch Wechselsprech-Funkgespräche in das Drahtnetz vermittelt werden. Sie besteht aus einem Regelverstärker für den Sendezweig mit einem Regelbereich bis zu -2 N, einer elektronischen Echosperrre, einem sprachgesteuerten Relais für die Ferneinschaltung des Senders durch den Teilnehmer am anderen Leitungsende und einem Rufumsetzer 1750/25 Hz. Die Feldfunkgabel wird als Zusatzgerät geliefert, das in feldmäßiger Ausführung die erforderlichen Anschluß-Steckverbindungen enthält, keine zusätzliche Stromquelle benötigt und wegen seiner geringen Abmessungen ($36 \times 23 \times 20$ cm, Gewicht 10 kg) in jedem Fahrzeug mitgeführt werden kann.

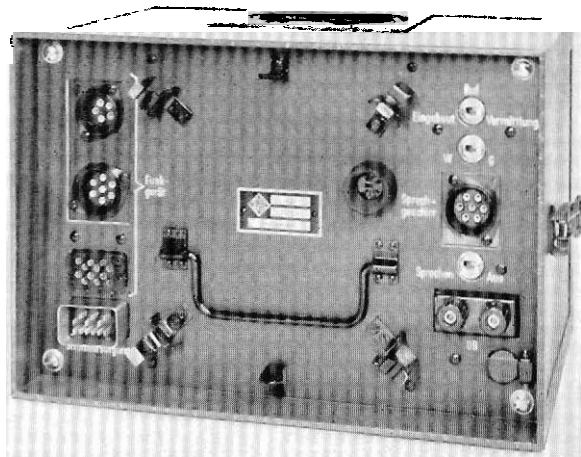


Bild 9: Feldfunkgabel

Abstrahlanzeiger

Beim Einsatz größerer Fahrzeugverbände wurde die Erfahrung gemacht, daß es zweckmäßig ist, die HF-Kabelzuleitung zur Antenne ständig zu überwachen. Um einwandfrei festzustellen, daß das Sende-Empfangsgerät ordnungsgemäß an die Antenne angeschlossen ist, wurde am Antennen-Fußpunkt eine Diode eingebaut, deren Richtspannung über das HF-Kabel zum Sende-Empfangsgerät zurückgeführt und an einem dort steckbar angebrachten Spannungsmesser als Indikator abgelesen wird. Dieser Abstrahlanzeiger (Bild 10) wird auch zur Anzeige des Begrenzerstroms verwendet. Daher kann er über einen Umschalter an eine zweite zum Gerät führende Steckverbindung angeschlossen werden. In der Mittelstellung wird die Batteriespannung angezeigt. Diese einfache Vorrichtung bewährt sich außerordentlich gut und trägt sehr dazu bei, die Anlagen einsatzsicher zu halten.

Einbaufragen

Fu G 7-Geräte eignen sich zum Einbau in beliebige Fahrzeuge, sofern diese funkentstört sind und eine 12-V- bzw. 24-V-Lichtmaschine, möglichst mit einer zusätzlichen 12-V- bzw. 24-V-Batterie von 90 Ah, haben. Bild 10 zeigt ein Einbaubeispiel für ein Führungsfahrzeug Type Unimog $1\frac{1}{2}$ t mit Spezialkarosserie. In diesem Fall sind in einem leicht herausnehmbaren Tisch zwei Geräte Fu G 7 mit zwei Feldfunkgabeln und einem Vermittlungsschrank eingebaut. Der Vermittlungsschrank ist schnurlos. Er besitzt zwei Anschlüsse für Post-

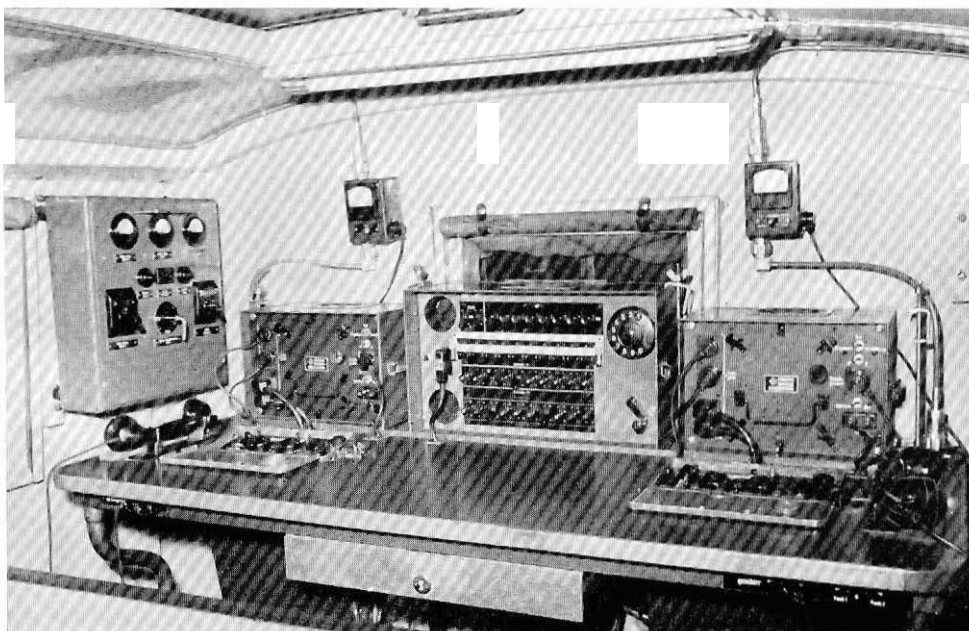


Bild 10: Inneneinrichtung der motorisierten Leitfunkstelle mit zwei Sende-Empfangsgeräten Fu G 7 (in die Tischplatte eingesetzt) und zwei Feldfunkgabeln (rechts und links von der Vermittlung). An der Rückwand zwei Abstrahlanzeiger

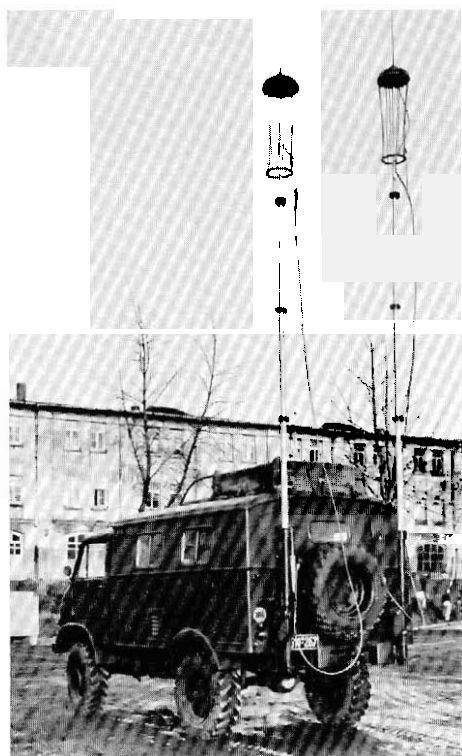


Bild 11: Motorisierte Leitfunkstelle mit zwei Leichtmetall-Kurbelmasten

Bei Einbau in ein Fahrzeug Type Landrover steht das Sende-Empfangsgerät zwischen Fahrer und Beifahrer (Bild 13), so daß es von allen Sitzen im Fahrzeug erreichbar ist. Das Stromversorgungsgerät befindet sich im Heck des Fahrzeuges, außen am Fahrzeug ist der 10-W-Lautsprecher befestigt. Alle Kabelverbindungen haben Steckanschlüsse, so daß die Geräte schnell ein- und ausgebaut werden können.

Einsatzbeispiele

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Fu G 7-Geräten gehen aus den Bildern 14 bis 21 hervor. Sie zeigen, daß mit geringem Geräteaufwand alle wesentlichen Einsatzforderungen erfüllt werden können. Bemerkenswert ist, daß aus jedem Funkfahrzeug durch Zusatz einer Funkgabel über einfache Steckverbindungen eine Endstelle für den Übergang auf Fernsprechnetze gebildet und durch Anwendung einer Durchschaltung eine Funklinie verlängert werden kann (Bild 19).

Besonders eindrucksvoll aber ist die Möglichkeit, bei Einsatz von je zwei Geräten Fu G 7 nebeneinander, entweder durch zwei nebeneinandergestellte Fahrzeuge

leitungen (Selbstwähl/ZB-Betrieb) und acht OB-Anschlüsse, von denen zwei durch die Fu G 7-Geräte belegt sind. Unten am Tisch hängen zwei mal zwei Stromversorgungsgeräte für wahlweise Netz- und Batteriebetrieb. Das Fahrzeug besitzt eine 12-V/204-Ah-Batterie, die entweder durch die Lichtmaschine (12 V, 300 W) oder aus einem mitgeführten Benzin-Aggregat gepuffert wird. Bei stehendem Fahrzeug können die Stromversorgungsgeräte an das Netz (220 V, 50 Hz) angeschlossen werden. Die Batterie wird in diesem Falle durch einen ebenfalls mitgeführten Ladegleichrichter geladen. Am Heck des Fahrzeuges sind zwei Kurbelteleskopmaste mit Antennen angebracht (Bild 11), die man bei stehendem Fahrzeug auf 6 m Länge ausfahren kann. Als Gegengewicht für die Antenne sind wegen der erforderlichen Breitbandigkeit acht Gegengewichtsstäbe angebracht, die an einer Schale unter der Antenne hängen (Bild 12).

Bild 12 (rechts): 6-m-Leichtmetall-Kurbelmast mit Antenne und dem aus acht Stäben bestehenden Gegengewicht

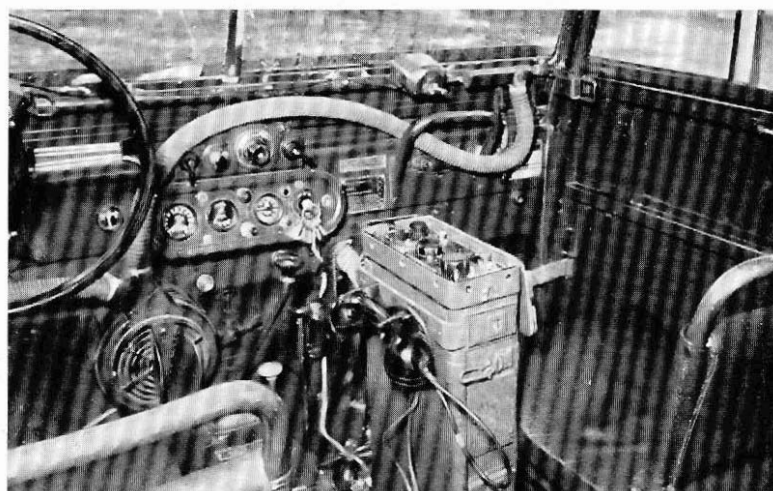
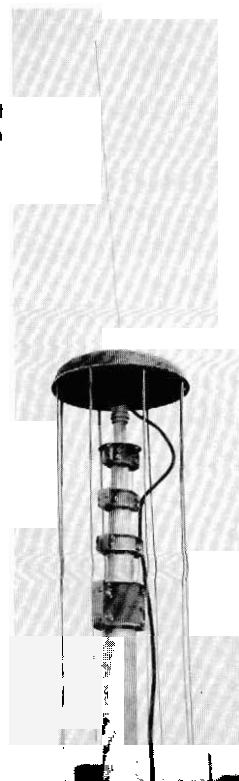


Bild 13: Einbau von Fu G 7 in einen PKW (Type Tempo-Landrover)

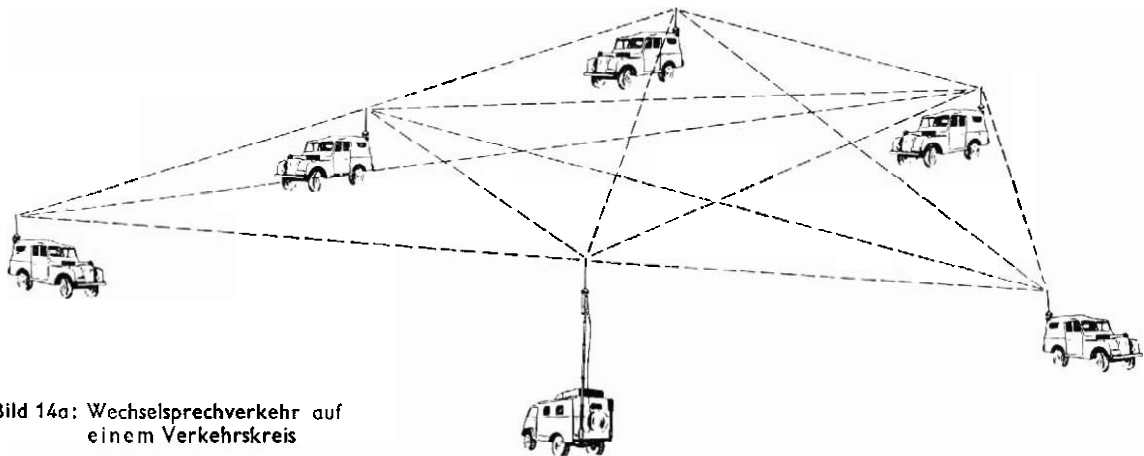


Bild 14a: Wechselsprechverkehr auf einem Verkehrskreis

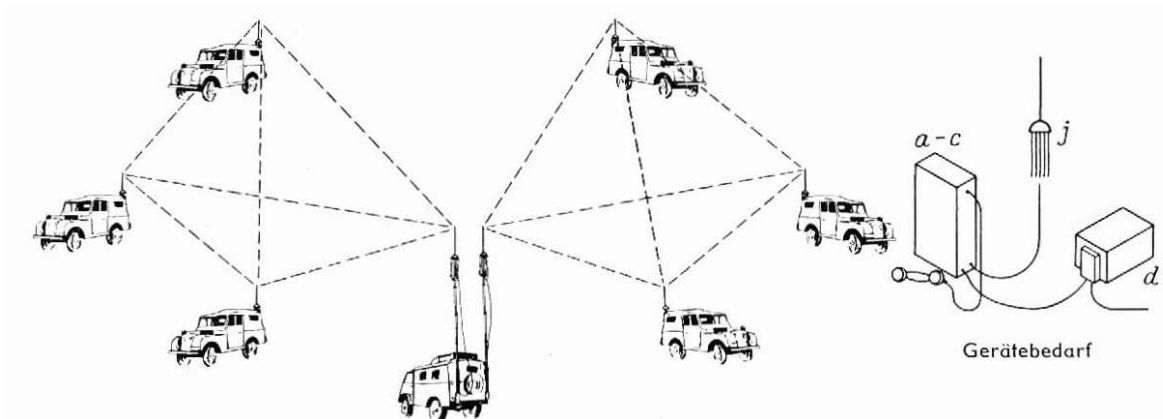


Bild 14b: Wechselsprechverkehr auf zwei Verkehrskreisen

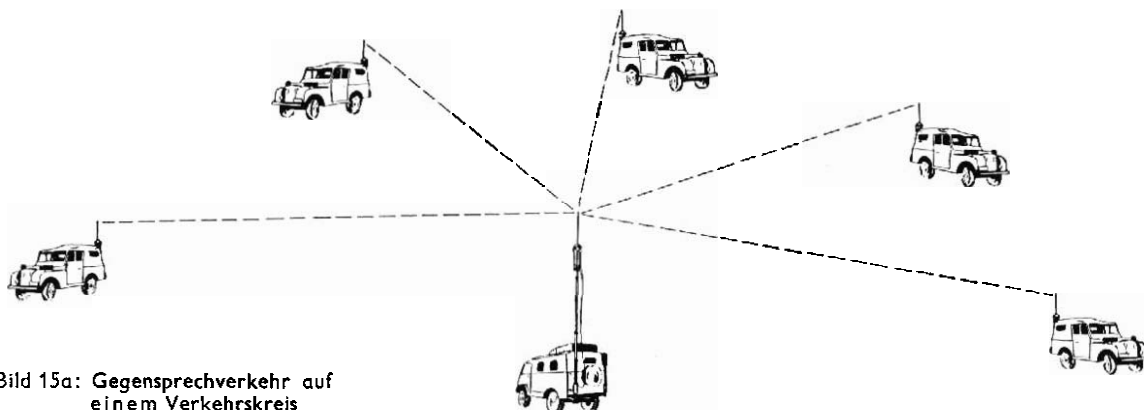


Bild 15a: Gegensprechverkehr auf einem Verkehrskreis

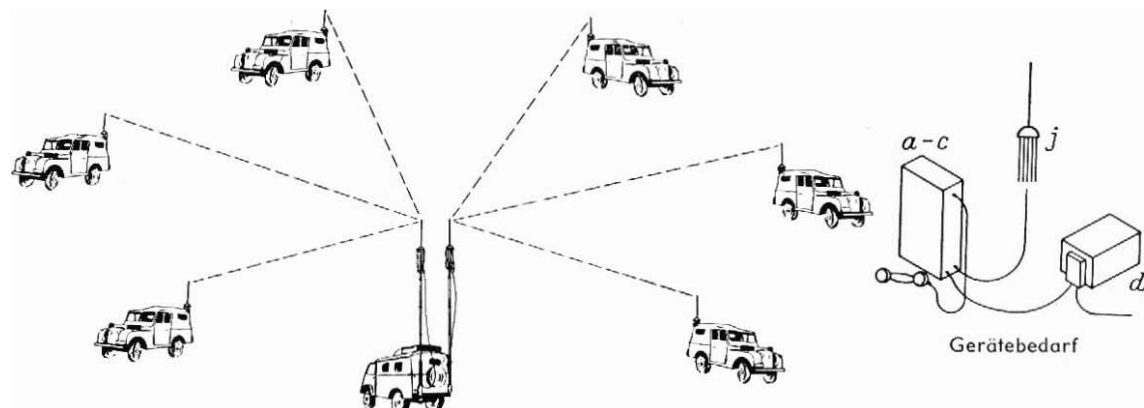
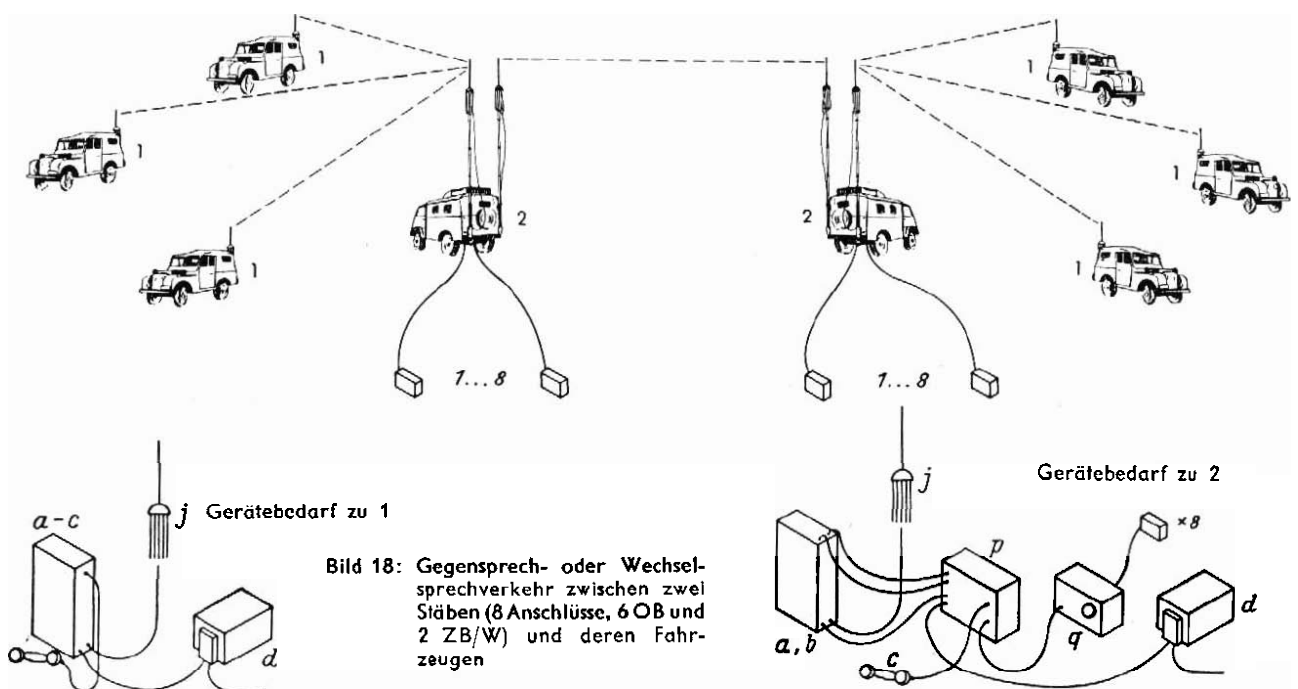
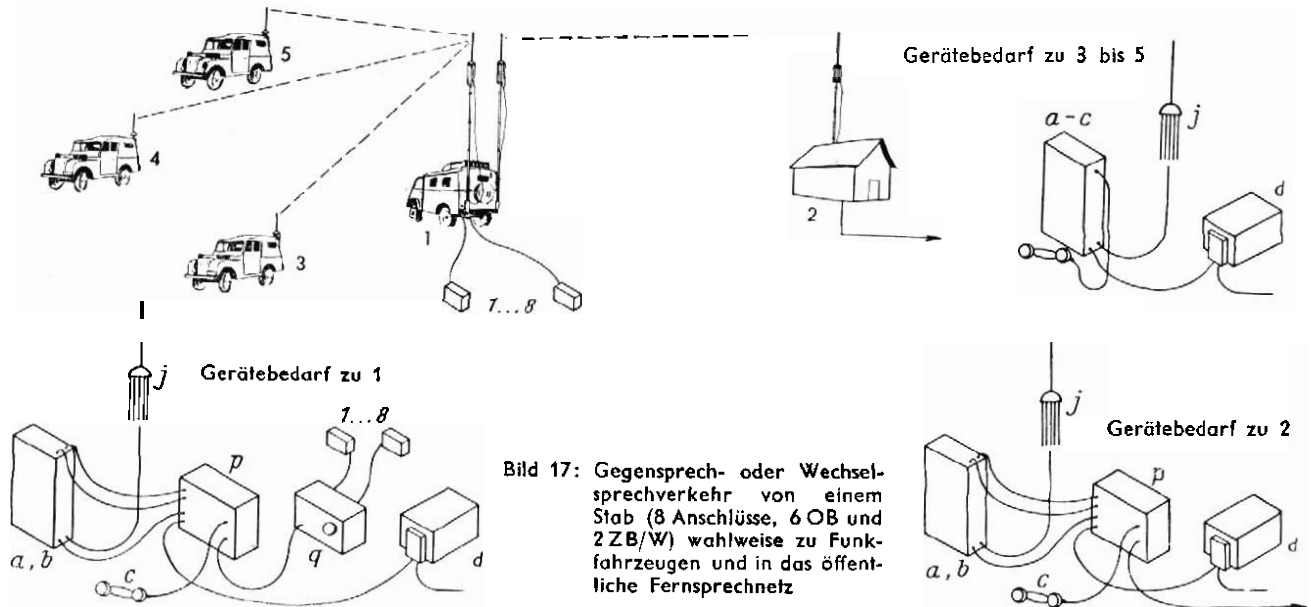
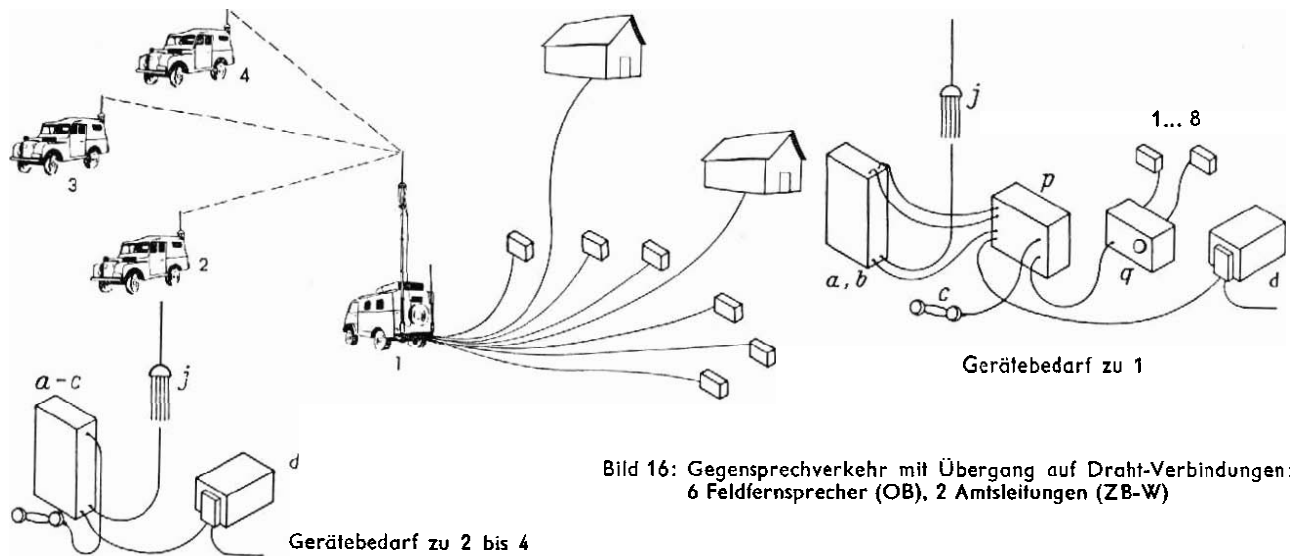


Bild 15b: Gegensprechverkehr auf zwei Verkehrskreisen



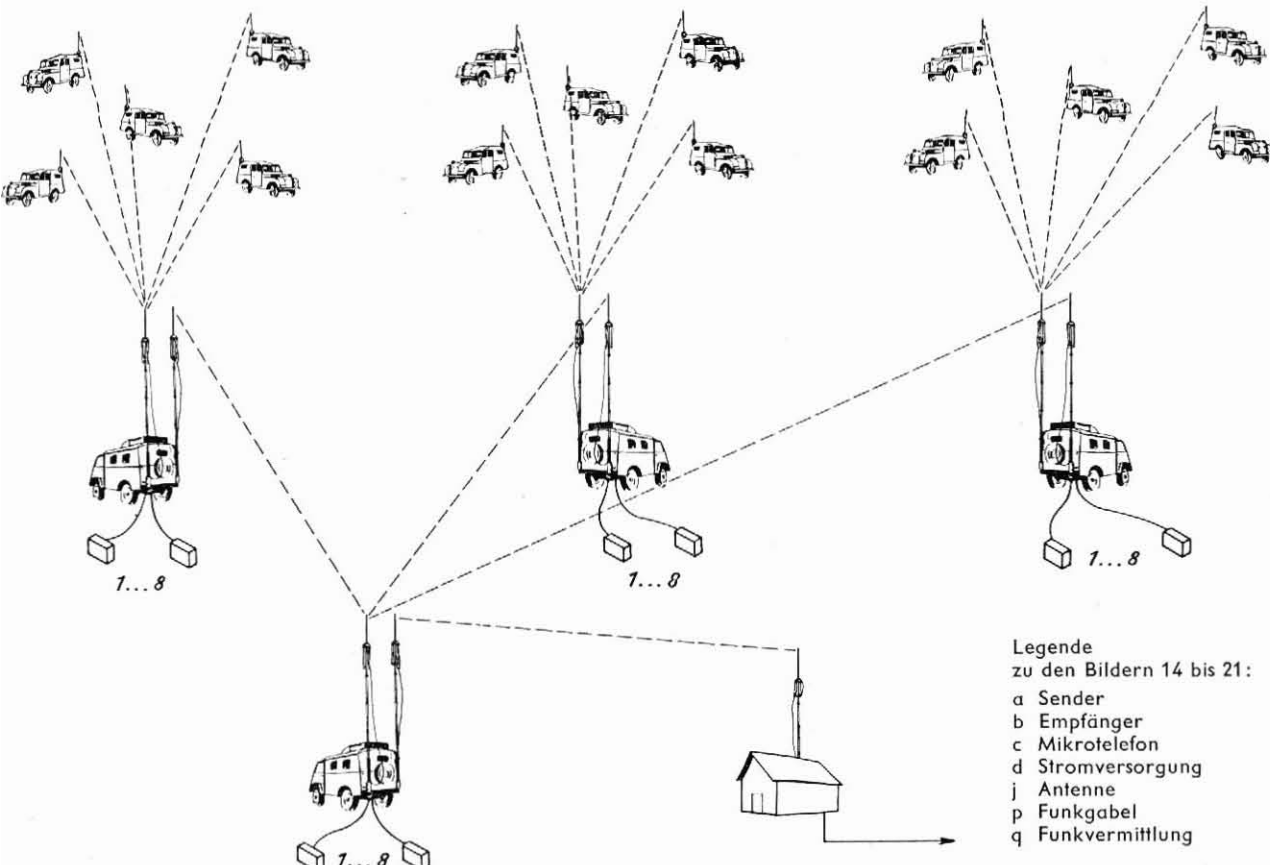
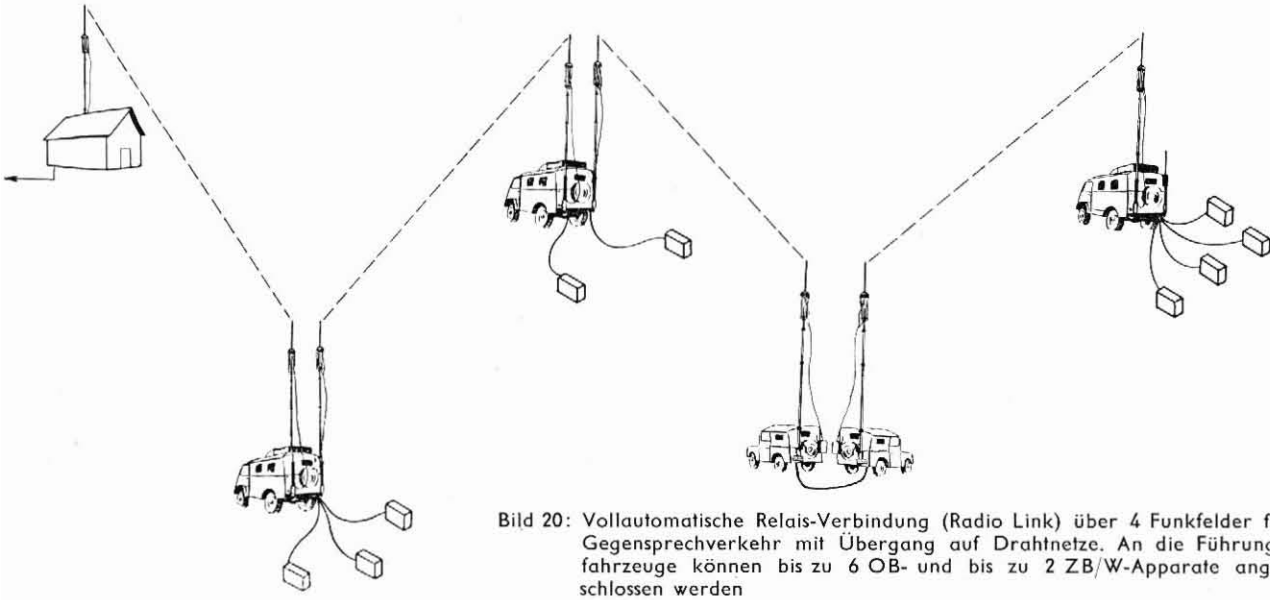
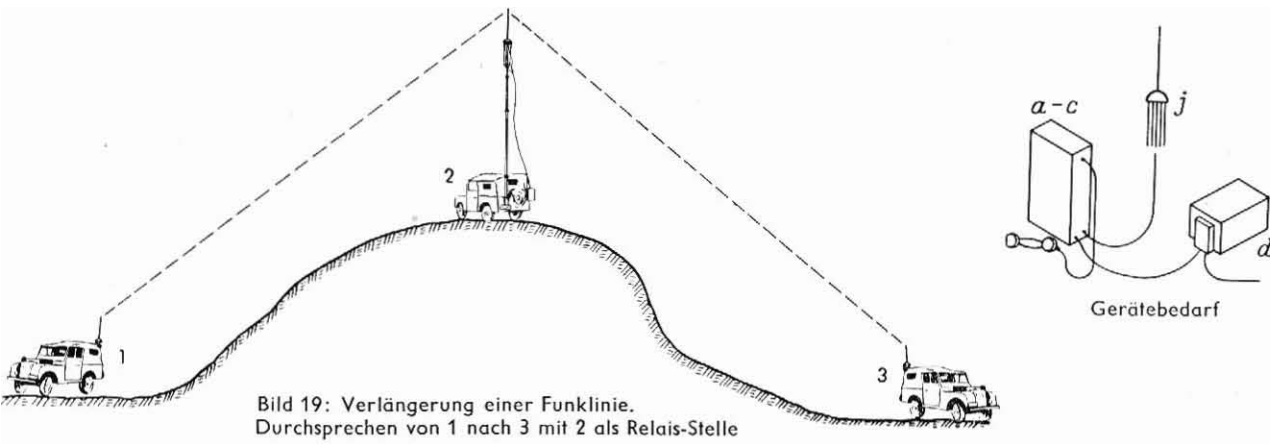


Bild 21: Führung eines größeren Verbandes. An die Führungsfahrzeuge können bis zu 6 OB- und bis zu 2 ZB/W-Apparate angeschlossen werden

(Bild 20) oder durch Führungsfahrzeuge mit zwei fest eingebauten Geräten (Bild 17, 18, 20, 21) vollautomatische Relais-Stellen für Gegensprechen bilden zu können. Nach bisher vorliegenden Erfahrungen können drei derartige Relais-Stellen hintereinander, entsprechend vier Funkfeldern, mit Erfolg eingesetzt werden. Bei günstiger Aufstellung solcher Relais-Stellen lassen sich mehrere 100 km überbrücken, wobei die Funkgespräche an den Endstellen bei Bedarf auf Fernsprechnetze weitergeschaltet werden können. Damit ergeben sich neue wichtige Anwendungsgebiete, so z. B. die Entlastung des übermäßig stark besetzten und störanfälligen Grenz- und Kurzwellenbandes für mittlere Entfernungen, der Ersatz gestörter Fernsprechlinien durch UKW-Funksprechgeräte Fu G 7 oder das Durchschalten zweier ortsfester Stadt- bzw. Landfunknetze. Letztere Möglichkeit kann unter Umständen für den zivilen Bevölkerungsschutz Bedeutung gewinnen.

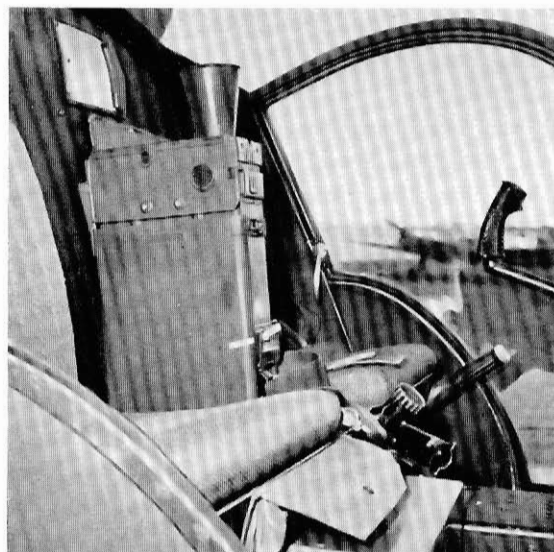


Bild 22: Fu G 7-Gerät, eingebaut in die Kanzel eines Hubschraubers

Zusammenfassung

Die Geräte wurden erstmals bei Übungen des Bundesgrenzschutzes (BGS) im Herbst 1955 für die Führung motorisierter Verbände und für die Einrichtung von Schiedsrichter-Funknetzen eingesetzt, wobei z. B. der Manöver-Schiedsrichterleitung ein UKW-Abteilungs-Fahrzeug mit zwei Gerätsätzen und mit einem 30-m-Kurbelmast zur Verfügung stand. Sie wurde hierdurch in die Lage versetzt, in einem Umkreis von etwa 40 bis 50 km alle mit UKW-Funkrovern ausgestatteten Schiedsrichter durch Sprechfunk zu erreichen; sie konnte außerdem von den Schiedsrichtern über die sich dauernd ändernde Lage augenblicklich ins Bild gesetzt werden. Auf dem anderen Verkehrskreis wurde gleichzeitig eine Sprechfunkverbindung über die ortsfeste UKW-Anlage der Stadtpolizei Hannover (Luftlinien-Entfernung etwa 60 km) zur Fernsprechvermittlung des Grenzschutzkommandos Nord in Hannover aufrecht erhalten.

Durch Einsatz von zwei oder drei UKW-Abteilungswagen als Relaisstellen war es ferner möglich, größere Entfernungen (etwa 150...250 km) im Sprechfunk zu überbrücken. — Weiterhin hat sich die Ausstattung von Hubschraubern mit Fu G 7-Geräten bestens bewährt. Dabei kann das Funkgerät zur Durchsage von Wahrnehmungen aus der Luft an abgestellte oder in Fahrt befindliche Funkwagen oder an ortsfeste Stadt- bzw. Landfunkdienste verwendet werden, z. B. anlässlich von Sportveranstaltungen, Aufmärschen, Regelung des Verkehrs auf Autobahnen oder von in Fahrt befindlichen Fahrzeug-Kolonnen. Weiterhin kann das im Hubschrauber eingesetzte Gerät als Relais geschaltet werden und ermöglicht dann einer Anzahl von Funkfahr-



Bild 23: Hubschrauber im Flug mit nach unten ausgefahrner Antenne für Fu G 7-Gerät

zeugen das direkte Durchsprechen über größere Entfernungen, wobei die erzielbaren Reichweiten naturgemäß von der Flughöhe des Hubschraubers abhängen.

Bild 22 zeigt das im Hubschrauber zwischen Pilot und Beobachter eingebaute Fu G 7-Gerät. Die auf 24 V abgestellte Stromversorgung befindet sich vor dem Sitz des Beobachters. Um dem Piloten die Möglichkeit zu geben, direkt die von Bodenfunkstellen durchgegebenen Meldungen mitzuhören, wurde an dem im Gerät eingebauten dynamischen Miniatur-Lautsprecher ein Schalltrichter aufgesetzt. — Bild 23 zeigt den Hubschrauber im Flug mit der unter dem Rumpf angebrachten Antenne. Im Gitterschwanz des Hubschraubers ist die 24-V-Batterie für die gemeinsame Stromversorgung des Hubschraubers und des Fu G 7-Gerätes zu erkennen, die im Flug von einer 24-V-Lichtmaschine gepuffert wird.

Erwähnt wird noch, daß das Fu G 7-Gerät auch außerhalb des Fahrzeuges und unabhängig von der Fahrzeugbatterie mit Hilfe eines als Traglast ausgebildeten Kleinmaschinensatzes beliebig im Gelände eingesetzt werden kann. Weiterhin ist mit Hilfe eines einfachen ÜT-Gerätes die Möglichkeit gegeben, parallel zum Sprechkanal einen Fernschreib- oder Hellschreibbetrieb durchzuführen.

Vorstehende Beispiele für den Einsatz des neuen UKW-Vielkanalgerätes geben nur einen kleinen Ausschnitt über die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten des Gerätes, das vor allem für die Führung motorisierter Verbände geeignet ist und damit einen wesentlichen Fortschritt in der Technik von UKW-Sprechfunkgeräten darstellt.

Tabelle 1: Entwicklungsstand der FM-UKW-Fahrzeuggeräte im 80-MHz-Band

Jahr	1951	1953	1955
Type	80 D	80 D 2—S	Fu G 7
Volumen (l) ¹⁾	44,5	30,5	18
Gewicht (kg) ¹⁾	38	21	19
Senderleistung (W)	15	15	15
Empfänger-Empfindlichkeit (kT ₀) ..	7,5	3	3
Frequenzabweichung	autom. Nachlauf	autom. Nachlauf	± 2,5 kHz
schaltbare Kanäle	3	7	50 für Gegensprechen 100 für Wechselsprechen
erforderlicher Kanalabstand (kHz)	100	50	50
Stromquelle	12-V-Batterie	12-V-Batterie	12-V-Batterie, wahlweise Netz
Betriebsart	Telephonie (F 3)	Telephonie (F 3) Telegraphie (F 2) Außenlautsprecher	Telephonie (F 3) Telegraphie (F 2) Außenlautsprecher
Einsatz	Gegensprechen	Gegensprechen Wechselsprechen	Gegensprechen (Ober- und Unterband vertauschbar), Wechselsprechen, als Relais stelle verwendbar

¹⁾ einschl. Stromversorgungsgerät

Literatur

- [1] R. Becker: Fernsprechantennen mit Breitbandeigenschaften. Telefunken-Zeitung Jg. 30 (März 1957) H. 115 S. 21.
- [2] H. J. Fründt: Eine UKW-Kleinfunkbrücke, Telefunken-Zeitung Jg. 27 (Juli 1954) H. 104 S. 88...96.
- [3] A. Samlowski: Polizeifunk in Großstädten. Lorenz-Sonderheft 1940.
- [4] A. Hagen und A. Samlowski: UKW-Technik im Fernmeldedienst der Sicherheitsbehörden. Karl Lange-Verlag, Duisburg 1952.
- [5] A. Samlowski: Der UKW-Funksprechverkehr der Polizei, Polizei-Zeitschrift für Technik und Verkehr 1957.

Zur Entwicklung des 100-Kanal-Funksprechgerätes Fu G 7

Von H. J. Fründt und F. Sobott

Im vorhergehenden Aufsatz von A. Hagen „Fu G 7 — Vom Einkanal- zum Vielkanal-Funksprechgerät“ wird ausgeführt, aus welchen Gründen man im Laufe der Zeit die UKW-Funksprechgeräte mit einer steigenden Anzahl von schaltbaren HF-Kanälen ausrüsten mußte. Es wird festgestellt, daß diejenigen Anlagentypen, die sieben Kanäle zu schalten gestatten, in vielen Fällen völlig ausreichen, jedoch für übergeordnete Belange ein Gerät erforderlich ist, das auf 50 Gegen- bzw. 100 Wechselsprechkanälen arbeiten kann. Im folgenden soll nun auf einige Probleme eingegangen werden, die bei der Entwicklung dieses Gerätes auftauchten, und gezeigt werden, wie sie gelöst wurden.

Die für den UKW-Funksprechverkehr mit beweglichen Stationen vorgesehenen Frequenzbänder sind relativ schmal. Infolge des ständig zunehmenden Einsatzes von Funksprechgeräten müssen, besonders in dicht besiedelten Gebieten, oft sehr viele Anlagen in enger räumlicher Nachbarschaft betrieben werden. Es sei vorausgesetzt, daß die Frequenzzuteilung gut durchdacht ist, so daß sich Stationen, die auf gleicher Frequenz arbeiten, nur in Ausnahmefällen infolge von Überreichweiten stören. Trotzdem ist — besonders infolge der Beweglichkeit der Stationen — die Gefahr der gegenseitigen Störungen durch Unvollkommenheiten der Geräte relativ groß. Um sie auf ein Minimum zu reduzieren, müssen gewisse Forderungen eingehalten werden, die sich im wesentlichen auf die Unterdrückung von nicht gewollten Ausstrahlungen (Ober- und Nebenwellen) im Sender und die Vermeidung von nicht gewünschten Empfangsstellen im Empfänger beziehen. Diese Forderungen sind in einem Pflichtenheft der Deutschen Bundespost festgelegt, das daneben noch Vorschriften enthält, die garantieren, daß auch Geräte verschiedener Hersteller störungsfrei miteinander verkehren können. Es dürfen deshalb nur solche Geräte in Betrieb genommen werden, die dem Pflichtenheft der Post entsprechen. Dies muß in einer Typenabnahme nachgewiesen werden.

Für das zu entwickelnde Vielkanalgerät, das später die Bezeichnung „Fu G 7“ erhielt, kamen zu den erwähnten Postvorschriften noch eine Reihe von Forderungen hinzu, die durch den taktischen Einsatz bedingt sind. Die sich hieraus ergebende Aufgabenstellung für die Entwicklung ist in dem schon erwähnten vorhergehenden Aufsatz niedergelegt, so daß sie hier nicht wiederholt zu werden braucht.

A. Der Entwurf

Auf den ersten Blick liegt es sehr nahe, sich für die Lösung der gestellten Aufgabe die Erfahrungen zunutze zu machen, die von den Herstellern von UKW-Flugfunk-Bordgeräten gesammelt wurden. Hier gibt es nämlich schon seit längerer Zeit derartige Geräte mit mehr als 100 schaltbaren Kanälen. Die dort verwendeten Konzepte sind jedoch für den vorliegenden Zweck nicht brauchbar, weil man im Flugfunkdienst grundsätzlich nur mit Wechselsprechen arbeitet, also niemals gleichzeitig sendet und empfängt. Im beweglichen UKW-Funksprechdienst dagegen arbeitet man normalerweise mit Gegensprechen. Die beiden Dienste unterscheiden sich außerdem noch in der Modulationsart. Im Flugfunk arbeitet man mit Amplitudenmodulation, wohingegen für die beweglichen Funksprechdienste die Frequenzmodulation vorgeschrieben ist. Das zu entwickelnde Gerät mußte also neu entworfen werden; nur bei einzelnen Teilen konnte man auf die bereits vorhandenen Funksprechgeräte für sieben Kanäle zurückgreifen.

1. Der Sender

Zunächst soll der Sender für sich allein betrachtet werden: Für den Entwurf eines frequenzmodulierten Senders gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Man kann entweder die Frequenz des Senders unmittelbar modulieren oder zunächst die Phase. Die Momentanspannung einer phasenmodulierten Welle ist bekanntlich:

$$e_{\varphi} = E \sin (\Omega t + \varphi \sin \omega t) \quad (1)$$

mit e_{φ} = Momentanwert der Spannung, E = Maximalwert der Spannung, φ = Phasenwinkel, Ω = Kreisfrequenz des unmodulierten Trägers, $\omega = 2 \pi f$ = Kreisfrequenz der Modulation. Da eine Kreisfrequenz gleich der Änderungsgeschwindigkeit des Phasenwinkels, oder — mit anderen Worten — gleich dem Differentialquotienten des Phasenwinkels nach der Zeit ist, erhält man für den Augenblickswert der Frequenzabweichung

$$\frac{d}{dt} (\varphi \sin \omega t) = \omega \varphi \cos \omega t \quad (2)$$

Setzt man diesen Wert in die Gleichung für Frequenzmodulation $e_f = E \sin (\Omega + \Delta \Omega \sin \omega t) t$ (3)

ein, so erhält man $e'_f = E \sin (\Omega + \omega \varphi \cos \omega t) t$ (4)

Sorgt man dafür, daß $\omega \varphi = \Delta \Omega = \text{const.}$, so unterscheidet sich e'_f von e_f nur dadurch, daß nicht sinusförmig, sondern cosinusförmig moduliert wird. Dies entspricht lediglich einer Phasenverschiebung der Modulationsfrequenz um $\pi/2$ und ist für die Übertragung belanglos. Auch eine zusätzliche Phasenverschiebung um π , d. h. eine Änderung des Vorzeichens von φ , ist ohne Einfluß.

Macht man also bei einer Phasenmodulation den Phasenhub φ nicht konstant, sondern läßt man ihn mit der Modulationsfrequenz abnehmen, so daß $\omega \varphi = \text{const.}$, so geht die Phasenmodulation in eine Frequenzmodulation mit konstantem Hub über. Dies läßt sich im Gerät sehr leicht erreichen.

Die Entscheidung, welches der beiden Verfahren angewendet werden soll, wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Einmal muß die Frequenzkonstanz ausreichend sein, zum anderen muß die Modulation mit dem geforderten Frequenzhub genügend linear, d. h. mit kleinem Klirrfaktor, möglich sein, und zum dritten muß aus wirtschaftlichen Gründen der Aufwand für den ganzen Sender möglichst klein gehalten werden. Eine Schwingstufe mit hoher Frequenzkonstanz erfordert bekanntlich u. a. einen Schwingkreis möglichst hoher Güte. Man verwendet deshalb allgemein Quarze.

Die Frequenz eines Kreises wird nun aber durch eine parallel geschaltete Reaktanzröhre, die wie üblich zur Frequenzmodulation einer Schwingstufe dient, bei gleicher Leistung der Röhre um so weniger beeinflusst, je höher die Güte des Kreises ist. Die Forderungen nach Frequenzmodulierbarkeit und Frequenzkonstanz widersprechen einander also. Deshalb soll zunächst die zweite Möglichkeit betrachtet werden, die Schwingstufe nicht in der Frequenz, sondern in der Phase zu modulieren.

Bei dieser Schaltungsart wird durch ein phasendrehendes Netzwerk hinter der Schwingstufe die Phase beeinflusst. Das Netzwerk enthält Glieder, die durch die Modulation gesteuert werden und die Phasendrehung proportional der Modulationsspannung verändern. Wie oben ausgeführt, ist der erforderliche Phasenhub

$$\varphi = \pm \Delta \Omega / \omega = \Delta F / f \quad (5)$$

Laut Pflichtenheft ist $\Delta F = 15 \text{ kHz}$ vorgeschrieben, wobei ein niederfrequentes Band von $300 \dots 3000 \text{ Hz}$ übertragen werden soll. Der erforderliche Phasenhub für $f = 300 \text{ Hz}$ ergibt sich zu $\pm 15000 : 300 = \pm 50$ Radianten. Phasenmodulatoren lassen sich serienmäßig nur für einen Phasenhub von etwa $\pm \pi/2$ bauen. Hinter dem Modulator muß man also, um den geforderten Hub zu erzeugen, noch eine Vervielfachung um den Faktor $50 : (\pi/2) \sim 32$ vorsehen. Dies bedeutet, daß man für einen Sender im 80-MHz-Band mit der Modulation bei einer Frequenz von $\sim 2,5 \text{ MHz}$ beginnen müßte. Ein solches Senderkonzept würde einen ziemlich großen Aufwand an Vervielfacherstufen erfordern, die ausreichend selektiv sein müßten, um die Nebenwellenausstrahlung klein genug zu halten. Diese Selektion wäre verhältnismäßig einfach zu erreichen, wenn man nur eine Frequenz benötigte, weil man dann mit schmalen, fest abgestimmten Kreisen arbeiten könnte. Sind jedoch mehrere HF-Kanäle erforderlich, so müßte man entweder die Bandbreite der Kreise im Vervielfacher groß genug halten oder die Kreise bei Kanalwechsel nachstimmen. Im ersten Fall müßte man die Kreise bedämpfen und hätte dann eine schlechte Selektion, die durch eine vermehrte Kreiszahl auszugleichen wäre. Im zweiten Fall, der bei großer Kanalzahl allein in Betracht zu ziehen ist, wäre für die Nachstimmung ein für fahrbare Funksprechgeräte unerträglicher mechanischer Aufwand erforderlich. Für ein 100-Kanal-Gerät scheiden deshalb beide Wege und damit die Phasenmodulation überhaupt aus.

a) Stabilisierung durch einen Quarz

Um die Frequenzkonstanz einer frequenzmodulierten Senderstufe bei gleichzeitiger, ausreichender Modulationsfähigkeit zu erhöhen, könnte man eine von E. Kettel [1] angegebene Schaltung anwenden, die bereits bei dem von Telefunken entwickelten Funksprechgerät für sieben Kanäle benutzt wurde. Sie stellt eine Zwischenstufe dar zwischen einer leicht modulierbaren, aber nicht genügend

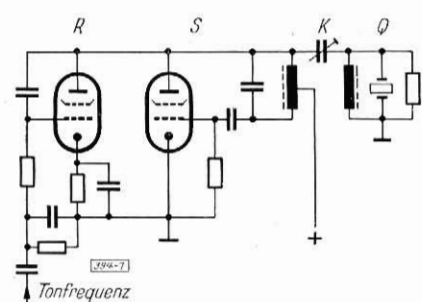


Bild 1: Frequenzmodulierte Schwingstufe mit Stabilisierung durch eine angekoppelte Quarzschaltung

R = Reaktanzröhre K = Koppelglied
S = Schwingstufe Q = Quarzschaltung

konstanten Stufe mit einem normalen Schwingkreis als frequenzbestimmendem Teil und einer frequenzkonstanten, aber nicht ausreichend modulierbaren Stufe, die in üblicher Weise quarzgesteuert ist. Bild 1 zeigt das Prinzip. Eine Quarzschaltung wird mit veränderlicher Kopplung an den Schwingkreis angekoppelt, so daß sich die Stabilität der Schwingstufe einstellen läßt. Es ist auf diese Weise möglich, die geforderte Frequenzkonstanz mit dem geforderten Frequenzhub zu vereinbaren. Die Linearität der Modulationskennlinie ist für ein Funksprechgerät völlig ausreichend. Der Klirrfaktor des Modulators beträgt bei der erforderlichen hohen Konstanz und dem geforderten verhältnismäßig kleinen Frequenzhub nur $3 \dots 4\%$.

Wie in [1] gezeigt wird, ist die Kopplung zwischen Schwingstufe

und Quarz aber nicht nur von den Daten des Koppelgliedes abhängig, sondern auch von den Werten der Quarzersatzschaltung, die bei den verschiedenen Quarzen verschieden sind. Man müßte deshalb bei Änderung eines Quarzes im allgemeinen auch das Koppelglied nachstimmen, um immer den gleichen Hub zu erhalten. In Geräten mit mehreren HF-Kanälen müßte man ferner mit dem Quarz auch das Koppelglied umschalten. Diese Schaltung ist deshalb für ein Funksprechgerät mit wenig Kanälen geeignet, jedoch nicht für Vielkanalgeräte.

b) Anbinde-Schaltung

Eine zweite Möglichkeit, einen frequenzmodulierten Sender ausreichender Konstanz zu bauen, bietet die sogenannte „Anbindung“. Diese Schaltung ist schon seit langer Zeit bekannt unter dem Namen „automatische Scharfabstimmung“ [2] [3] und wird in Empfängern häufig angewendet. Ein Diskriminator liefert eine Gleichspannung, die der Abweichung der Senderfrequenz von der Diskriminatorfrequenz proportional ist und zur Nachstimmung benutzt wird. Bei dieser Schaltung geht die Inkonstanz des Diskriminators voll in die Frequenzregelung ein. Man legt deshalb den Diskriminator vielfach auf eine Zwischenfrequenz des Empfängers, weil dann der absolute Frequenzfehler auf Grund der niedrigen Diskriminatorfrequenz klein wird.

Wollte man einen Sender nach diesem Prinzip bauen, so müßte man entweder eine Vergleichsfrequenz hoher Konstanz erzeugen und mit der nachzustimmenden Frequenz eine Zwischenfrequenz bilden oder einen Diskriminator hoher Konstanz für die nachzuregelnde Frequenz selbst herstellen. Im zweiten Fall erspart man eine besondere Misch- und Verstärkerstufe für die Bildung der Zwischenfrequenz. In [1] ist ein Quarzdiskriminator angegeben, der neben der guten Konstanz des Quarzes auch noch eine durch die hohe Güte des Quarzes bedingte sehr steile Kennlinie hat. Weil mit ihrer Steilheit der Restfehler der Nachregelung abnimmt, kann man oft auf eine Verstärkung vor dem Diskriminator verzichten. Die Anbindeschaltung mit einem Quarzdiskriminator bietet besonders dort Vorteile, wo man nur einen sehr kleinen Klirrfaktor zulassen darf und deshalb die zu modulierende Schwingstufe nicht stabilisieren kann. Durch eine Stabilisierung wird nämlich die Modulierbarkeit der Frequenz herabgesetzt und deshalb der Klirrfaktor größer.

Für Funksprechgeräte ist die Anbindung nicht besonders empfehlenswert, weil man etwas größeren Aufwand benötigt, als wenn man nach der in Bild 1 angegebenen Schaltung die Schwingstufe direkt stabilisiert. Für ein Vielkanalgerät kommt noch hinzu, daß man, ebenso wie im ersten Fall, für jeden Kanal einen Quarzdiskriminator benötigt, was ebenfalls einen ziemlich großen Aufwand erfordert. Wollte man mit nur einem Diskriminator auskommen, so müßte man eine konstante Zwischenfrequenz bilden, wodurch sich der Aufwand auf die Zwischenfrequenzstufe und die Erzeugung der benötigten quarzgesteuerten Vergleichsfrequenzen verlagert.

c) Mischsender

Es gibt nun noch eine dritte Möglichkeit, einen frequenzmodulierten Sender ausreichender Konstanz zu bauen, die in Bild 2a im Prinzip dargestellt ist. Hier wird die Ausgangsfrequenz durch Mischung von zwei Komponenten gebildet. Man nennt einen nach diesem Prinzip aufgebauten Sender deshalb auch „Mischsender“. Eine modulierte Schwingstufe wird ohne jede Stabilisierung durch einen Quarz und ohne Nachregelung aufgebaut. Bei Verwendung von temperaturkompensierten Kreisen erreicht man auf diese Weise eine Konstanz von etwa $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ über den verlangten Temperaturbereich von $-20 \dots +40^\circ \text{C}$. Die zweite Komponente wird nicht moduliert und ist quarzgesteuert. Mit ihr erreicht man auch ohne Thermostaten eine Konstanz von etwa $\pm 1 \cdot 10^{-5}$. Während die absoluten Frequenzabweichungen beider Komponenten voll in die Endfrequenz gehen, sind die relativen Abweichungen der Endfrequenz vom Verhältnis der beiden Mischfrequenzen abhängig. Die Frequenz der modulierten Schwingstufe sei f_s , diejenige der unmodulierten Quarzstufe sei f_Q . Die

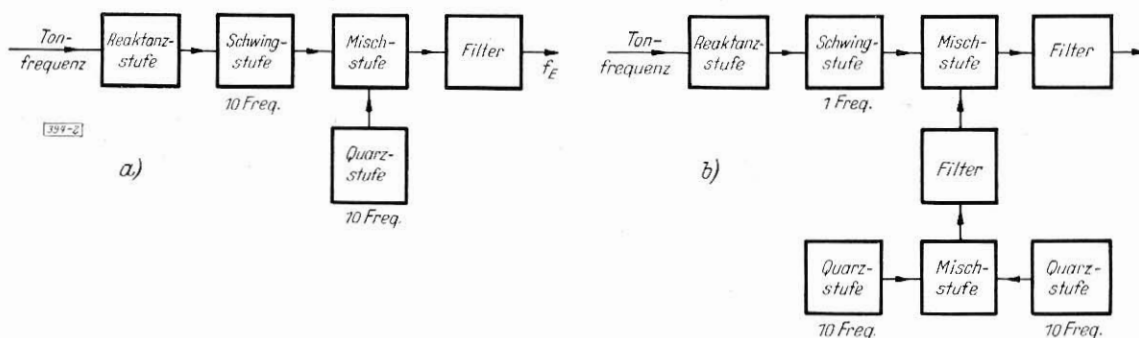


Bild 2: Prinzip eines Mischsenders für 100 Kanäle

a) Schwingstufe mit zehn festen Frequenzen

b) Schwingstufe mit einer festen Frequenz

Endfrequenz f_E werde durch Addition gebildet. Für die relative Frequenzabweichung der Endfrequenz gilt dann:

$$\frac{\Delta f_E}{f_E} = \frac{\Delta f_S}{f_S} \cdot \frac{f_S}{f_Q + f_S} + \frac{\Delta f_Q}{f_Q} \cdot \frac{f_Q}{f_Q + f_S} \quad (6)$$

Die Frequenzkonstanz des Senders wird um so besser, je kleiner man f_S im Verhältnis zu f_Q macht. Hierbei ist aber zu bedenken, daß am Ausgang der Mischstufe außer der erwünschten Frequenz auch noch $f_Q - f_S$, sowie f_Q und f_S vorhanden sind. Wird f_S im Verhältnis zu f_Q zu klein, so benötigt man einen sehr hohen Aufwand an Filtern, um die ungewollte Ausstrahlung von f_Q und $f_Q - f_S$ zu verhindern. Ein Verhältnis beider Frequenzen von etwa 1 : 10 hat sich in der Praxis als günstig erwiesen. Mit den oben angegebenen Werten ergibt sich bei diesem Verhältnis eine Konstanz der Endfrequenz von $\pm 2 \cdot 10^{-5}$, was etwas besser ist als der verlangte Wert von etwa $\pm 3 \cdot 10^{-5}$.

Das Prinzip des Mischsenders hat für ein Vielkanalgerät vor den anderen Verfahren den Vorteil des geringeren Aufwandes, weil man nicht für jeden Kanal einen besonderen Quarz benötigt. Im vorliegenden Fall wurden 100 Kanäle verlangt. Es liegt nahe, die Frequenz in Dekaden aufzubereiten, damit man eine leicht ablesbare Anzeige des eingestellten Kanals erhält. Man kann nun entweder die in Bild 2b angedeutete Schaltung verwenden und 10 Quarze für die Einer und 10 andere Quarze für die Zehner der Kanalnummern vorsehen, oder die Quarzstufe entsprechend Bild 2a nur mit 10 Quarzen ausrüsten und die modulierte Schwingstufe ebenfalls in 10 Stufen schalten. In beiden Fällen wird der Aufwand für die Frequenzaufbereitung erheblich geringer, jedoch die Unterdrückung von Nebenwellen schwieriger als bei den vorher besprochenen Schaltungen. Der Gesamtaufwand ist jedoch beim Mischsender am kleinsten. Allerdings ist es nicht einfach, die Schwingstufe mit genügender Genauigkeit auf 10 Frequenzen einzustellen und gleichzeitig in allen Stellungen ausreichend gegen die Temperatureinflüsse zu kompensieren. Der wesentlich kleinere Aufwand dieser Schaltung wird aus einem Vergleich von Bild 2a und 2b sofort deutlich. Es erschien daher richtig, diesen Weg zu versuchen, zumal die Temperaturkompensation, nachdem sie einmal gelöst ist, in der Fertigung nicht besonders teuer wird.

Wenn man für ein Gerät im 80-MHz-Band die Quarze unmittelbar auf 70 ... 80 MHz schleift, so sind die Filterkreise nur schwer zu verwirklichen. Sie werden relativ niederohmig und machen deshalb unter Umständen eine zusätzliche Verstärkerstufe erforderlich. Es ist deshalb zweckmäßig, die Frequenzaufbereitungsstufen auf der halben Senderfrequenz zu betreiben und vor der Endstufe zu verdoppeln.

2. Der Empfänger

Um Störungen in der Nähe frequenzmäßig benachbarter Stationen zu vermeiden, muß man die Abstimmmittel möglichst vor die Verstärkung legen. Es ist also eine Hochfrequenzstufe mit hoher Selektivität anzuwenden. Ihre Verstärkung soll nur so groß sein, daß die Empfindlichkeit des Empfängers nicht leidet, d. h. das Eigenrauschen der Mischstufe darf gegenüber dem verstärkten Eingangsrauschen nicht mehr ins Gewicht fallen. Auf die Mischstufe folgt die 1. ZF-Stufe, die wiederum möglichst hohe Selektion haben soll. Diese Stufe ist deshalb mit Quarzfiltern ausgerüstet, eine Anordnung, die sich bereits bei anderen Telefunken-Geräten bewährt hat.

Der Oszillator muß ebenso wie der Sender auf 100 Frequenzen einstellbar sein. Sie können aber im Gegensatz zum Sender quartzgesteuert sein, da der Oszillator nicht moduliert wird. Das Nächstliegende wäre also, ähnlich wie im Sender 10 Quarze für die Einer und 10 Quarze für die Zehner der Kanalnummern vorzusehen.

Im 80-MHz-Band, in dem das Gerät arbeiten soll, ist bei Gegensprechen zwischen Sende- und Empfangsfrequenz ein Abstand von 9,8 MHz festgelegt. Wenn das Gerät 50 Gegensprechkanäle haben soll, so ergibt sich eine Gruppe von 50 Kanälen mit dem vorgeschriebenen Kanalabstand von je 50 kHz als Unterband und die zugehörige Gruppe der Gegensprechfrequenzen, die um jeweils 9,8 MHz höher liegen, als Oberband. Das Gerät soll im Gegensprechbetrieb sowohl im Unterband senden und im Oberband empfangen, als auch umgekehrt im Oberband senden und im Unterband empfangen können. Außerdem soll Wechselsprechen auf einer Frequenz möglich sein, und zwar im Ober- und im Unterband, also auf 100 Wechselsprechkanälen.

Wenn man die aufbereitete Senderfrequenz gleichzeitig als Oszillatorfrequenz benutzt, so erhält man im Gegensprechbetrieb zwangsläufig eine 1. ZF von 9,8 MHz. Bei Empfang im Oberband liegt die Überlagerungsfrequenz tiefer und bei Empfang im Unterband höher als die Empfangsfrequenz. Der Oszillator ist mit der ausgesendeten Nachricht moduliert, und man hört im Empfänger die eigene Sprache in voller Lautstärke mit. Dies brauchte für ein Funksprechgerät kein Nachteil zu sein, wenn dadurch nicht alle Schaltungen ausgeschlossen würden, bei denen Ausgang und Eingang nicht sehr gut entkoppelt sind, da dann Rückkopplung

entsteht. Dies trifft insbesondere zu für die Betriebsart „kleines Relais“ und für die Vermittlung von Funkgesprächen auf Zweidrahtleitungen. Gerade die Vermittlungsfähigkeit ist aber für Funksprechgeräte von entscheidender Wichtigkeit, weil die Geräte in vielen Fällen nur deshalb Bedeutung haben und eingesetzt werden, um bewegliche Teilnehmer an das Drahtfernsprechnetz anzuschließen. In der Betriebsart „kleines Relais“ wird ein einzelnes Gerät als Relaisstelle für Wechselsprechen auf zwei Frequenzen benutzt. Der Empfänger Ausgang wird auf den Sendereingang gelegt und die empfangene Nachricht sofort wieder ausgestrahlt. Die Rückkopplungsgefahr ist hier also besonders groß.

Da bei dem betrachteten Gerät Sender und Empfänger in einem Gehäuse vereinigt sind, ist die Verwendung der Senderfrequenz als Empfangsoszillator leicht durchführbar, und nur die fehlende Vermittlungsfähigkeit und die Unmöglichkeit, das Gerät als „kleines Relais“ zu betreiben, sprechen dagegen. Man kann einen vollständigen Empfänger-Oszillator mit 100 Frequenzen sparen und dadurch den Aufwand ganz erheblich verringern, wenn es möglich ist, die Rückkopplungsgefahr zu beseitigen.

Bei Benutzung des Senders als ersten Empfangsüberlagerer läßt es sich nicht vermeiden, daß die 1. ZF moduliert ist. Moduliert man den zweiten Oszillator mit der gleichen Nachricht bei gleichem Hub und entgegengesetzter Phase, so muß sich in der 2. ZF die Modulation wieder aufheben. Von einer Verkleinerung des Frequenzhubes durch Gegenkopplung, kurz „Frequenzgegenkopplung“ genannt, war schon früher in einem Empfänger für eine UKW-Richtverbindung mit großem Hub Gebrauch gemacht worden [4]. Damals wurde der Hub in der 2. ZF verringert, um eine bessere Selektivität zu erreichen. Da sich die jetzt beim Fu G 7 erforderliche, noch stärkere Gegenkopplung, die zur Eliminierung des Hubes erforderlich ist, ebenfalls betriebssicher erreichen ließ, konnte der erste Überlagerer eingespart werden.

3. Die erforderliche Selektivität

Man muß vermeiden, daß Mischprodukte, die neben den gewünschten entstehen, zur Ausstrahlung von Nebenwellen oder zu Nebenempfangsstellen Anlaß geben. Die Unterdrückung dieser nicht erwünschten Produkte muß durch Filter oder andere Maßnahmen sichergestellt werden. Bei der Wahl der Frequenzen für die Schwingstufe und die Quarzstufe muß man jedoch nicht nur hierauf Rücksicht nehmen, sondern auch daran denken, daß Mischprodukte irgendwelcher Oberwellen zu Pfeifstellen im Gerät Anlaß geben können. Die Frequenzen müssen deshalb so gewählt werden, daß solche Pfeifstellen nicht in den Durchlaßbereich des Empfängers fallen.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, liegen die für das Oberband bestimmten Quarzfrequenzen der Einstellungen 5...9 teilweise zwischen den Summenfrequenzen des Unterbandes. Sie sind im Ausgang der Mischstufe besonders stark und müssen durch Selektionsmittel unterdrückt werden. Eine von der Kanaleinstellung abhängige Nachstimmung der Abstimmkreise des Gerätes würde einen beachtlichen mechanischen Aufwand erfordern und mußte daher vermieden werden. Das stufenweise Zuschalten von Kapazitäten oder Induktivitäten in Hochfrequenzkreisen könnte zu Störungen Anlaß geben und würde

die Betriebssicherheit des Gerätes stark herabsetzen. Man kann nun ohne mechanische Nachstimmung und Umschalten die erforderliche Selektivität erreichen, wenn man nicht nur eine, sondern zwei Mischstufen verwendet, von denen die eine für das Unterband und die andere für das Oberband bestimmt ist. Sie werden selbsttätig mit dem Übergang von der Einstellung 4 auf die Einstellung 5 der Quarzstufe, d. h. beim Übergang von Kanal 49 auf 50, umgeschaltet, und zwar durch Anlegen der Anodenspannung, was wesentlich betriebssicherer ist als eine Umschaltung von Hochfrequenzkreisen.

Das Oberband reicht z. B. von 42,5375 ... 43,7625 MHz. Die höchste Quarzfrequenz liegt um 3,0875 MHz unter der unteren Bandgrenze; man kann also die Quarzfrequenz noch mit vernünftigem Aufwand unterdrücken. Auch die Verdopplerstufe im Sender und die Hochfrequenzstufe im Empfänger sind für Oberband und Unterband getrennt. Die Senderendstufe ist dagegen für beide Bänder gemeinsam, weil eine zweite Stufe viel Platz erfordert hätte und der Stromverbrauch für die Heizung der nicht benötigten Stufe unerträglich hoch gewesen wäre. Hier wird deshalb im Unterband eine Kapazität zum Schwingkreis geschaltet. Die Abschaltung der Heizung aller im Augenblick nicht benutzten Röhren setzt zwar den Stromverbrauch herab, darf jedoch nicht durchgeführt werden, weil man beim Wechsel zwischen Oberband und Unterband nicht sofort betriebsbereit wäre.

Tabelle 1

Ein- stellung	f_s MHz	f_Q MHz	$f_s + f_Q$ MHz	Kanal Nr.
0	4,0875	33,55	37,6375	00
1	4,1125	33,80	37,9125	11
2	4,1375	34,05	38,1875	22
3	4,1625	34,30	38,4625	33
4	4,1875	34,55	38,7375	44
5	4,2125	38,45	42,6625	55
6	4,2375	38,70	42,9375	66
7	4,2625	38,95	43,2125	77
8	4,2875	39,20	43,4875	88
9	4,3125	39,45	43,7625	99

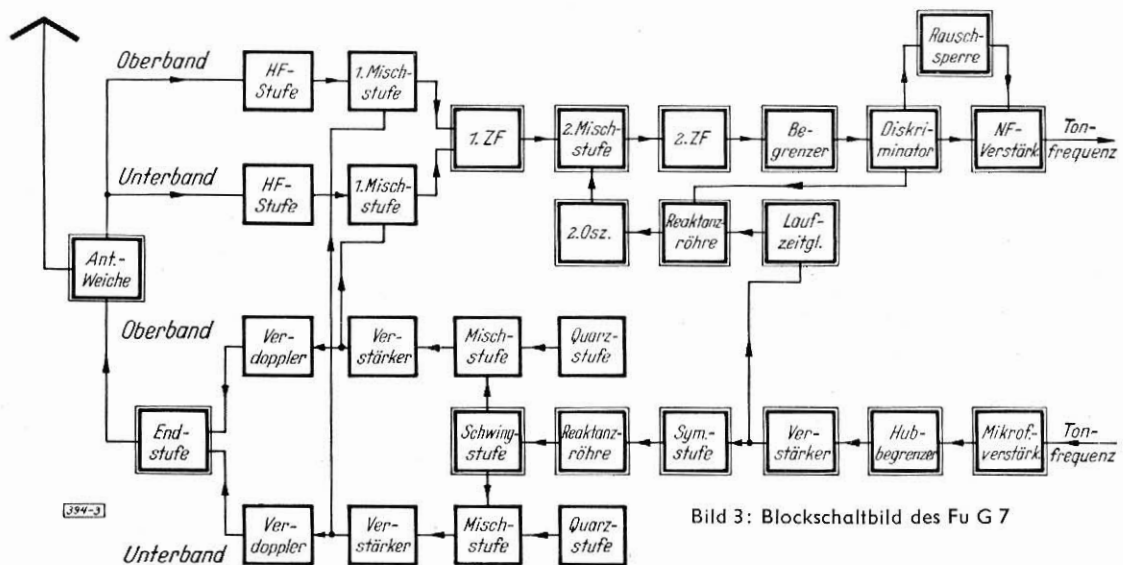


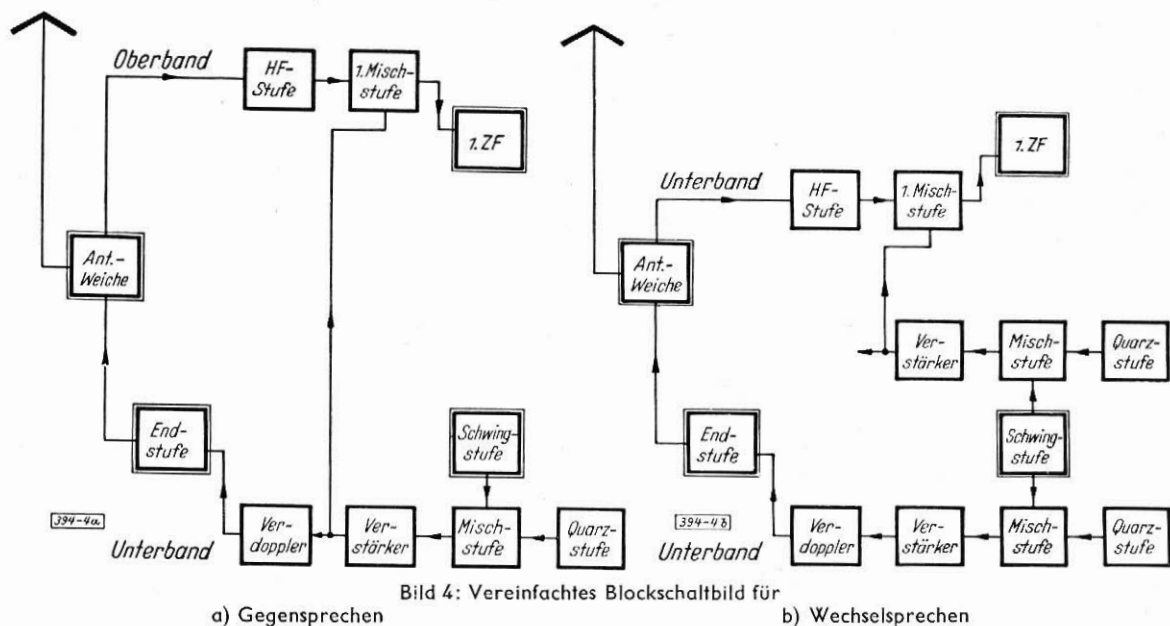
Bild 3: Blockschaltbild des Fu G 7

4. Das Blockschaltbild des S/E-Gerätes

Das gewählte Blockschaltbild für den ganzen Sender-Empfänger ist in Bild 3 dargestellt, wobei weniger Wichtiges, wie z. B. der Generator zur Erzeugung des tonfrequenten Rufes und die Schaltung der Senderstufe als NF-Leistungstufe für den Außenlautsprecher, weggelassen ist. Diejenigen Stufen, die entweder bei Betrieb im Unterband oder nur im Oberband eingeschaltet sind, wurden durch doppelte Umrandung hervorgehoben.

Die Schwingstufe wird im Gegentakt moduliert, um Änderungen der Kennwerte des Reaktanzrohres auf die Frequenz möglichst klein zu halten. Wegen dieser Gegentaktschaltung ist eine Symmetrierstufe im Niederfrequenzzug des Senders notwendig. Im 2. Oszillator des Empfängers ist eine Gegentaktschaltung des Reaktanzrohres nicht erforderlich, weil dieser Stufe eine vom Diskriminator abgeleitete Gleichspannung zugeführt wird, die den 2. Oszillator bei Abweichungen auf die Mitte der 2. ZF nachstimmt. Die Niederfrequenz für die Frequenzgegenkopplung wird deshalb vor der Symmetrierstufe abgegriffen.

Bei Einstellung des Gerätes auf die Kanäle 00 ... 49 wird im Unterband gesendet und bei Einstellung auf die Kanäle 50 ... 99 im Oberband. Den Unterschied der Schaltung zwischen den Betriebsarten „Gegensprechen“ und „Wechselsprechen“ zeigt das Bild 4. Es gilt für den Fall, daß im Unterband gesendet wird. Gezeichnet sind nur die zu beachtenden Baugruppen, soweit sie in Betrieb sind. Sie sind in der gleichen Lage gezeichnet wie in Bild 3. Bei der Betriebsart „Gegensprechen“ (Bild 4a) sind im Empfänger die HF-Stufe und 1. Mischstufe für das Oberband eingeschaltet, wenn im Unterband gesendet wird, und umgekehrt. Im Sender sind in der Frequenzaufbereitung gleichfalls nur die entsprechenden Stufen in Betrieb. Die Überlagererspannung für die 1. Mischstufe des Empfängers wird vor der Verdopplung abgezweigt. Die Mischung erfolgt dafür mit der Oberwelle, so daß die 1. ZF gleich dem Abstand zwischen Sende- und Empfangsfrequenz ist.



a) Gegensprechen

b) Wechselsprechen

Die Antennenweiche hat die Aufgabe, für die Senderfrequenz den Weg von der Antenne zum Empfänger-
eingang zu sperren und entsprechend für die Empfangsfrequenz den Weg von der Antenne zum Senderausgang.
Ihre beiden Zweige sind symmetrisch zueinander und haben eine hohe Dämpfung für die nicht gewünschte
Frequenz. Der symmetrische Aufbau macht es möglich, dieselbe Weiche zu benutzen, unabhängig davon, ob
man im Unterband oder im Oberband sendet. Bei Bandwechsel werden lediglich die Anschlüsse für Sender
und Empfänger vertauscht.

In der Betriebsart „Wechselsprechen“ (Bild 4b) wird im Empfänger der HF-Teil für das Band eingeschaltet,
auf dem auch gesendet wird. Würde man die Senderfrequenz auch jetzt als Überlagerungsfrequenz verwenden,
so würde die Zwischenfrequenz Null entstehen. Man benutzt deswegen bei Wechselsprechen die anderen
Frequenzaufbereitungsstufen als Oszillator. Sie werden mit der Umschaltung Senden—Empfangen abwechselnd
eingeschaltet. Um zu verhindern, daß während der Empfangszeit die erzeugten Frequenzen über die Ver-
doppler- und die Endstufe ausgesendet werden, sind die Anodenspannungen dieser Stufen während des Emp-
fanges abgeschaltet. Sie werden nur während der Sendezeit mit Hilfe der Sprechstaste eingeschaltet. Die
Antennenweiche liegt auch bei Wechselsprechen im Zuge der Antennenleitung, weil dann die Antenne zwischen
Sender und Empfänger mit dem gleichen Relais umgeschaltet werden kann, das beim Gegensprechen die
Weichenanschlüsse bei Bandwechsel vertauscht.

B. Einige Einzelheiten

1. Die Filter im Sender

Im Sender müssen die in der Mischstufe entstehenden un-
erwünschten Mischprodukte so weit unterdrückt werden, daß am
Senderausgang die Dämpfung für sie mehr als 80 db gegenüber
der Sollwelle beträgt. Da nun hinter einer Verdopplerstufe nicht
nur die Oberwelle der Steuerspannung vorhanden ist, sondern
noch stärker die Grundwelle, muß der wesentliche Teil des
Filters bereits vor der Verdopplerstufe liegen. Wenn nämlich an
ihrem Eingang neben der Sollfrequenz auch noch die Quarz-
frequenz vorhanden wäre, so entstünde im Ausgang dieser Stufe
u. a. auch die Summe und die Differenz dieser beiden Frequen-
zen, deren prozentualer Abstand von der Sollfrequenz nur halb
so groß ist wie derjenige der Quarzfrequenz von der Sollfrequenz
im Eingang. Sie würden infolgedessen durch die Filter weniger
gedämpft. Hinter der Mischstufe wurde aus diesem Grunde ein
dreikreisiges Filter vorgesehen, dessen Schaltung und Dämpfungs-
verlauf in Bild 5 angegeben ist. Die nächstliegende zu dämpfende
Quarzfrequenz wird um 40 db geschwächt. Hinter diesem Filter
folgt eine Verstärkerstufe mit einem gleichen Filter im Ausgang,
so daß vor der Verdopplerstufe eine Gesamtdämpfung von 80 db
liegt. Die Verstärkerstufe trennt nicht nur die beiden Filter, son-
dern sorgt auch für ausreichende Steuerspannung am Gitter der
Verdopplerstufe.

Die Oberwellen sollen mit mindestens 60 db gegen die Grund-
welle gedämpft werden. Zu diesem Zweck liegen sowohl vor
als auch hinter der Endstufe Bandfilter, die gegenüber einem
Einzelkreis die Vorteile der größeren Weitabselektion und einer
größeren Durchlaßbreite haben. An den Bandgrenzen ist ein
Leistungsabfall von höchstens 20% zugelassen, was ohne Nach-
stimmung der Kreise im Ober- oder Unterband nur mit Band-
filtern zu erreichen war.

2. Die Selektivität des Empfängers

Die Hochfrequenzstufe eines Empfängers soll hohe Selektivität
und nur geringe Verstärkung haben. Wenn nämlich die
Selektivität nicht ausreicht und die Verstärkung zu hoch ist, so

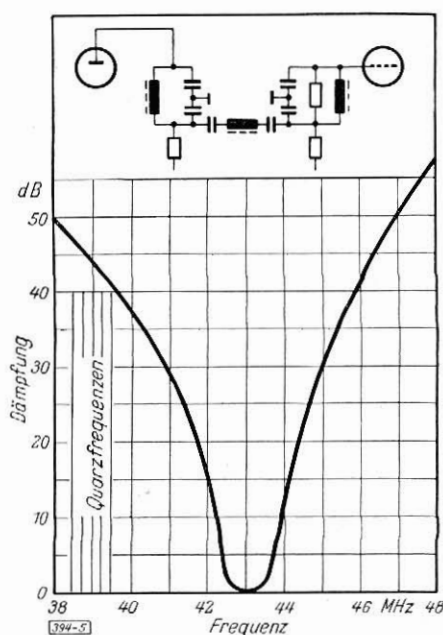


Bild 5: Schaltung und Selektivität eines Dreikreis-Filters

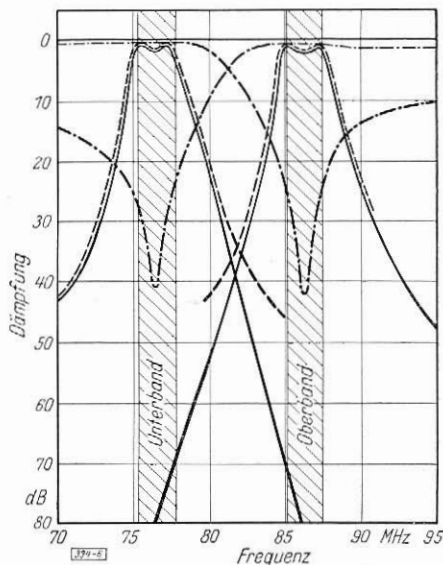


Bild 6: Gesamte Vorselektivität

gelangen Spannungen störender Sender, die von der Antenne aufgenommen werden, mit verhältnismäßig großer Amplitude an das Gitter des Mischrohres. Hier entstehen dann aus den einfallenden Trägern Mischprodukte, die u. U. in den Durchlaßbereich der 1. ZF fallen und dann durch keine Selektionsmittel mehr entfernt werden können. Dies ist nicht zu befürchten, wenn die Amplituden der Störträger am Mischrohr sehr klein bleiben, so daß die Kennlinie nur über einen sehr kleinen Bereich angesteuert wird, in dem man sie als linear ansehen kann. Die Verstärkung muß andererseits das Eingangsrauschen so weit anheben, daß das Rauschen der Mischstufe zu vernachlässigen ist. Hierfür reicht ein Verstärkungsfaktor von ungefähr 10 aus.

Im Durchlaßbereich der HF-Stufe, der im vorliegenden Fall 2,5 MHz breit sein muß, soll die Verstärkung praktisch konstant sein, damit die Empfindlichkeit auf allen Kanälen, auch auf den Eckkanälen, möglichst gleich ist. Zur Selektion dienen daher zwei zweikreisige Bandfilter, von denen eines vor der Verstärkerröhre liegt und das andere dahinter. So wurden die in Bild 6 gestrichelt eingezeichneten Durchlaßkurven erreicht. Zu dieser Selektivität kommt noch die der Antennenweiche hinzu, die in Bild 6 strichpunktiert ist. Aus beiden ergibt sich die ausgezogene Kurve, die die gesamte Vorselektion angibt. Der Träger eines zweiten Gerätes, das im gleichen Band sendet, wie das eigene Gerät, und den geringsten einstellbaren Frequenzabstand hat, wird bei der Betriebsart Gegensprechen um 70 db gedämpft. Ist das fremde Gerät dem eigenen unmittelbar benachbart, so liegen am Gitter des ersten Mischrohres im Empfänger nur etwa 10 mV. Diese hohe Dämpfung

ist nötig, weil aus verkehrstechnischen Gründen nicht selten eine Anhäufung von Geräten an einer Stelle erforderlich werden kann.

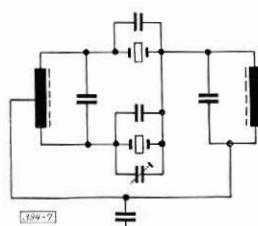


Bild 7: Quarzfilter

Die Quarzfilter des 1. ZF-Verstärkers bestehen aus drei zweikreisigen Bandfiltern und einem Einzelkreis. Die beiden Kreise der Bandfilter sind über jeweils zwei Quarze gekoppelt (Bild 7), die in Serienresonanz arbeiten und auf eine Frequenz abgeglichen sind, die um 14 kHz oberhalb bzw. unterhalb der Bandmitte liegt. Ein solches Quarzfilter hat zwei Dämpfungspole, die sich durch die Wahl der Schaltelemente beeinflussen lassen. Sie waren ursprünglich zur Erreichung einer hohen Flankensteilheit auf 30 kHz oberhalb und unterhalb der Bandmittenfrequenz vorgesehen.

Es ergab sich jedoch, daß die Dämpfung des Filters in größerem Abstand zu gering war. Die Pole wurden deshalb auf ± 40 kHz verlegt. Damit ergab sich schon innerhalb des 1. ZF-Verstärkers in 40 kHz Abstand von der Mittenfrequenz eine Dämpfung von fast 100 db. Auch die Dämpfung in größerem Abstand war jetzt größer als 100 db. Die gesamte erforderliche Selektion wird deshalb schon im 1. ZF-Verstärker erreicht. Dies ist besonders wichtig, weil fremde Träger, die nur um eine Kanalnummer von der Empfangsfrequenz entfernt liegen, durch die Vorselektion nicht geschwächt werden. Sie werden in der 1. ZF unterdrückt, so daß im 2. Mischrohr keine störenden Mischprodukte mehr entstehen können.

Der 2. ZF-Verstärker, dessen Mittenfrequenz auf 1,9 MHz festgelegt wurde, enthält hinter der Mischstufe nur eine Verstärkerröhre mit je einem zweikreisigen Bandfilter im Eingang und im Ausgang. Hierauf folgt die 1. Begrenzerstufe, die nochmals ein zweikreisiges Bandfilter im Ausgang enthält, und die 2. Begrenzerstufe, in deren Anode die Diskriminatorkreise liegen. Wegen der guten Selektion des 1. ZF-Verstärkers ist dies ausreichend. Die Dämpfung in 50 kHz Abstand beträgt im 2. ZF-Verstärker etwa 40 db.

3. Die modulierte Schwingstufe

Der modulierte, frei schwingende Oszillator muß gut gegen Temperaturschwankungen kompensiert sein, da die gesamte Frequenzänderung innerhalb von $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ bleiben soll. Zu diesem Zweck wurden der Quarz-oszillator und die Schwingstufe in einem Baustein zusammengefaßt, der allseitig abgeschlossen ist und einen Temperaturfühler enthält. Dieser schaltet einen Heizwiderstand ein, wenn die Temperatur einen gewissen Wert ($+ 60^\circ\text{C}$) unterschreitet. Auch bei der höchsten geforderten Umgebungstemperatur von $+ 40^\circ\text{C}$ kann also die Temperatur im Innern noch geregelt werden.

Ferner wird als Schwingspule ein Variometer verwendet, bei dem beide Spulen auf Keramik aufgebrannt sind. Die Temperaturabhängigkeit wird durch Kondensatoren mit negativem Temperatur-Koeffizienten kompensiert. Die erforderlichen 10 verschiedenen Frequenzen werden durch mechanisch verschiebbare Rasten festgelegt, die beim Abgleich des Gerätes im Prüffeld eingestellt werden. Dieser Abgleich ist zweckmäßiger als die Festlegung der Frequenzen durch abgestufte Spulen oder Kondensatoren, da dann an die Genauigkeit dieser Einzelteile zu hohe Anforderungen gestellt werden müßten.

Für die Frequenzabweichungen des Gerätes ist eine Toleranz von $\pm 2,5$ kHz zugelassen, wovon die Quarzstufe etwa die Hälfte beansprucht. Der auf die Schwingstufe entfallende Anteil der Frequenzänderung am Ausgang soll ± 1 kHz nicht überschreiten. Da hinter der Mischung im Sender noch eine Verdopplung folgt,

dürfen nur Frequenzabweichungen der modulierten Variometerstufe von ± 500 Hz zugelassen werden. Von diesem Wert muß der Einfluß der Temperatur und der Rast-Ungenauigkeiten erfaßt sein. Der Einfluß der Spannungsschwankungen wurde durch einen kleinen Stabilisator eliminiert, der die Anodenspannung dieser Stufe konstant hält. Temperaturänderungen allein dürfen keine größere Abweichung als 250 Hz ergeben.

Dieses Ziel wurde in Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen für Hochfrequenzkeramik erreicht. Zum Temperatenausgleich wurden besondere Kondensatoren mit vorgeschriebenem TK hergestellt, da die handelsüblichen Keramik Kondensatoren ihren TK über den verlangten Temperaturbereich zu sehr änderten. In Bild 8 ist der gemessene Temperaturgang einer solchen mit einem Keramikvariometer ausgerüsteten Schwingstufe wiedergegeben. Gemessen wurde erst, nachdem die Temperatur so lange eingewirkt hatte, daß alle Teile der Schwingstufe die gleiche Temperatur angenommen hatten. Bei der Kompensation des Variometers wurde ein möglichst kleiner Temperatureinfluß bei etwa $+60^\circ\text{C}$, der normalen Temperatur des Variometers im Gerät, angestrebt. Die in Bild 8 aufgetragene Frequenz ist nicht die Abweichung vom Sollwert, sondern diejenige von einer Normalfrequenz. Die Differenz wurde aus meßtechnischen Gründen zu einigen hundert Hertz gewählt.

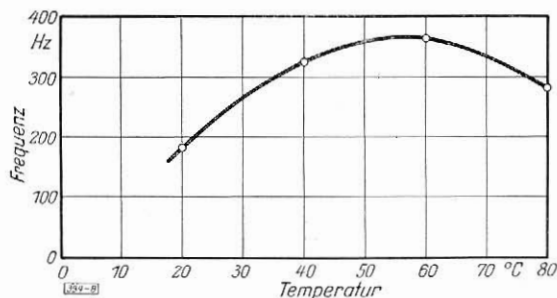


Bild 8: Frequenzgang der Variometerstufe in Abhängigkeit von der Temperatur

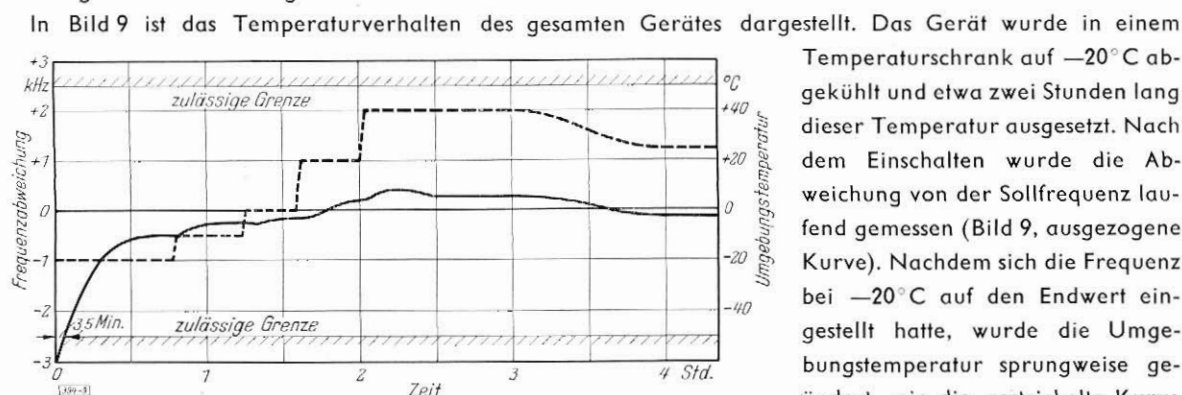


Bild 9: Frequenzgang des Fu G 7 in Abhängigkeit von Temperaturänderungen

bei -20°C durchgekühlten Gerätes liegt bereits nach 3,5 Minuten innerhalb der zulässigen Frequenzabweichung. Nach 30 Minuten ist auch bei dieser niedrigen Umgebungstemperatur der Endwert erreicht. Nach der Anwärmzeit wird die Frequenz wesentlich besser eingehalten als gefordert war. Sie weicht innerhalb des Temperaturbereiches von $-20^\circ\text{C} \dots +40^\circ\text{C}$ weniger als 500 Hz vom Sollwert ab.

4. Die Frequenzgegenkopplung

Um die bereits geschilderte Frequenzgegenkopplung zu gewährleisten, genügt es nicht, den zweiten Überlagerer im Empfänger zu modulieren, man muß auch auf die richtige Phasenlage und deshalb auch auf die Laufzeit im 1. ZF-Verstärker achten. Diese wird durch ein Laufzeitglied vor dem 2. Oszillator berücksichtigt. Wollte man jede übertragene Niederfrequenz optimal kompensieren, so wäre ein kompliziertes und daher teures Laufzeitglied erforderlich. Für die Praxis genügt jedoch das in Bild 10 dargestellte einfache Laufzeitglied. Die damit erzielte Schwächung von etwa 20 db reicht aus, um Gespräche ohne Rückkopplungsneigung weitervermitteln zu können. Auch in der Betriebsart „kleines Relais“ arbeitet das Gerät störungsfrei.

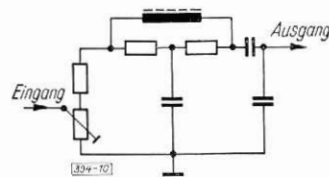


Bild 10: Laufzeitglied in der Frequenzgegenkopplung

Bei der Umschaltung zwischen Oberband und Unterband ändert sich die Phasenlage der Modulation in der 1. Zwischenfrequenz um 180° , weil die Oszillatorfrequenz einmal unterhalb und einmal oberhalb der Empfängerfrequenz liegt. Deshalb muß gleichzeitig auch die Gegenmodulation im 2. Oszillator um 180° gedreht werden, was durch Umpolen der Tonfrequenz am Reaktanzrohr der Schwingstufe erreicht wird. Da diese im Gegentakt moduliert und die Modulationsspannung deshalb erdsymmetrisch zugeführt wird, genügt an dieser Stelle ein einfaches Vertauschen der beiden Anschlußleitungen mit Hilfe eines Relais.

Zusammenfassung

Infolge des ständig wachsenden Einsatzes von UKW-Funksprechgeräten mußten im Laufe der Zeit immer höhere Anforderungen an die Geräte gestellt werden. Diese Forderungen stehen zum Teil im Widerspruch mit der Forderung nach einem Funksprechgerät für eine große Anzahl von HF-Kanälen. Bei der Entwicklung des Vielkanal-UKW-Funksprechgerätes Fu G 7 ergaben sich deshalb einige Probleme, über deren Lösung berichtet wird.

Am vorteilhaftesten ist ein Mischsender, dessen Endfrequenz aus 10 quarzgesteuerten Frequenzen und 10 modulierten Frequenzen gebildet wird. Diese werden in einer temperaturkompensierten Schwingstufe erzeugt, die mit einem in 10 Stellungen mechanisch gerasteten Keramikvariometer ausgerüstet ist. Das Gerät verwendet die Senderfrequenz auch als Überlagerungsfrequenz für den Empfänger.

Besonders interessante Einzelfragen werden näher behandelt, wie Selektion im Sender und im Empfänger, Aufbau der temperaturkompensierten Schwingstufe und Wirkungsweise einer Frequenzgegenkopplung im Empfänger. Diese ist für die Betriebsart „kleines Relais“ und für die Weitervermittlung der Funkgespräche auf Zweidrahtleitungen erforderlich, weil bei dem gewählten Prinzip die 1. Oszillatorfrequenz mit dem Nachrichteninhalt des Senders moduliert ist. Diese Modulation wird durch eine gegenphasige Modulation des 2. Überlagerers unterdrückt und dadurch die Rückkopplungsgefahr beseitigt.

Literatur

- [1] E. Kettel: Quarzschaltung veränderlicher Kopplung als Schwingkreis und Diskriminator. Telefunken-Zeitung, Jg. 25 (November 1952) H. 97 S. 265...269
- [2] E. Kettel: Die selbsttätige Scharfabstimmung. Telefunken-Röhre, H. 11 (Dez. 1937) S. 213...229
- [3] O. Tüxen: Der Frequenzhub der selbsttätigen Scharfabstimmung. Telefunken-Röhre, H. 14 (Dez. 1938) S. 254...263
- [4] G. Vogt: Kommerzielle UKW-Empfänger. Telefunken-Zeitung, Jg. 23 (Dez. 1950) H. 89 S. 155...166

Hubschrauber mit Funksprechverbindung als Einsatzmittel der Polizei

Wir leben in einer Zeit der fortschreitenden Technisierung auf allen Lebensgebieten. Auch die Polizei muß, um ihre Aufgabe der Allgemeinheit gegenüber voll erfüllen zu können, in immer weiterem Umfange die Technik als Hilfsmittel für ihren Einsatz heranziehen. Der stetig wachsende Verkehr, Massenveranstaltungen und Katastrophen stellen die Polizei vor Probleme, die nur unter Zuhilfenahme modernster technischer Hilfsmittel zu lösen sind. Eines der vielseitigsten Einsatzmittel wird in absehbarer Zeit der Hubschrauber werden. Seine große Beweglichkeit und die Unabhängigkeit von besonderen Start- und Landebahnen ermöglichen die Erfüllung der verschiedensten Aufgaben.

Eines der größten Probleme, vor die sich heute die Polizei gestellt sieht, ist der Verkehr. Auf die derzeitige Verkehrssituation braucht hier wohl kaum eingegangen zu werden, denn von ihr ist jeder betroffen. Im Verkehrseinsatz der Polizei kann der Hubschrauber ausgezeichnete Dienste leisten. Kein anderes Einsatzmittel kann einen solch umfassenden Überblick über die Verkehrslage vermitteln und so dem Einsatzleiter die richtigen Maßnahmen ermöglichen. Mehrfache Versuche haben bereits ergeben, daß eine erfolgreiche Verkehrslenkung vom Hubschrauber aus sehr gut möglich ist. Der Einsatz des Hubschraubers erschöpft sich aber nicht nur im täglichen Verkehrseinsatz. Seine großen Möglichkeiten erweisen sich noch mehr bei Massenveranstaltungen. Hier erstreckt sich eine Anwendung nicht nur auf die Verkehrsregelung, sondern auf den gesamten Einsatz der Polizei. Besonderen Wert haben die Hubschrauber beim Katastropheneinsatz, z. B. bei Überschwemmungen. Dabei sind nicht nur die unmittelbaren Rettungsaktionen von Bedeutung, sondern auch die Aufklärungsergebnisse, die sich in schnellen Gegenmaßnahmen der Einsatzleitung auswirken können.

Bei allen diesen Aufgaben sind die wichtigsten Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz sichere Fernmeldeverbindungen vom Hubschrauber zu den übrigen Einsatzkräften. Hierzu muß an Bord ein UKW-Funkgerät vorhanden sein, das eine Verbindung mit den festen UKW-Funknetzen der Polizei ermöglicht. Da



Bild 1: Hubschrauber „Bell 47 G ausgerüstet mit Telefunken-Funksprechgerät“ beim Polizeieinsatz.

Stromversorgung

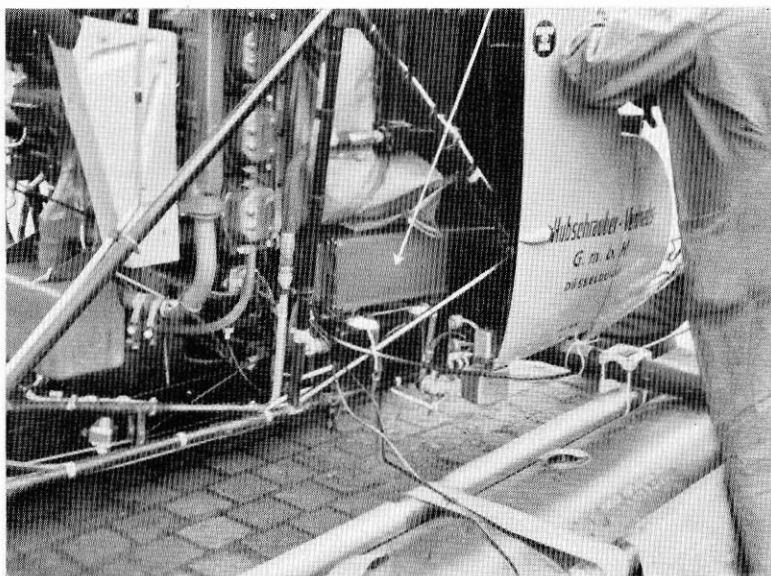


Bild 2: Einbau der Stromversorgung für das Funksprechgerät Fu G 7 in einem Hubschrauber.

die Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers besonders vielseitig sind, reichen die üblicherweise bei der Polizei eingeführten Fahrzeugfunkanlagen nicht aus. Beim Hubschraubereinsatz wird es aber sehr oft notwendig sein, nicht nur mit Polizeistellen, sondern auch mit anderen Sicherheitsbehörden (Feuerwehr, Zoll, Deutsches Rotes Kreuz, Technisches Hilfswerk usw.) zusammenzuarbeiten. Das Gerät muß also den gesamten Frequenzbereich dieser Behörden im 4-m-Band erfassen.

Es muß weiter möglich sein, mit diesem Gerät sowohl auf den Frequenzen der Fahrzeugstationen als auch auf denen der Feststationen zu arbeiten, also Oberband und Unterband zu vertauschen, damit z. B.

ein oder mehrere Funkstreifenwagen vom Hubschrauber aus ohne die Zwischenschaltung einer Feststation gelenkt werden können und dabei der Vorteil des Gegensprechens erhalten bleibt.

Um eine sichere Verständigung der Besatzung untereinander während des Fluges zu gewährleisten, muß eine Eigenverständigungsanlage (EiV) vorhanden sein, die möglichst Bestandteil des Funkgerätes ist.

Zur unmittelbaren Übermittlung von Weisungen an Verkehrsteilnehmer usw. ist die Ausrüstung mit einer Verstärkeranlage zweckmäßig, da sich oft Situationen ergeben, die durch direktes Ansprechen mit einem Lautsprecher schnell bereinigt werden können.

Alle diese Forderungen müssen mit möglichst geringem Gewichtsaufwand erfüllt werden, da die für den polizeilichen Einsatz bestimmten Hubschraubertypen meist nur eine verhältnismäßig kleine Nutzlast haben. In diesem Zusammenhang ist eine möglichst geringe Stromaufnahme des Gerätes besonders wichtig, da dann die erforderliche Batterie klein gehalten werden kann.

Bei den bisherigen Einsätzen von Hubschraubern durch die Polizei des Landes Nordrhein-Westfalen wurden für die Funkausrüstung Vielkanalgeräte der Telefunken-Type Fu G 7 verwendet, da zu erwarten war, daß dieses Gerät allen Anforderungen bezüglich Nachrichtenübertragung genügt. Es war sogar zu vermuten, daß der Lautsprecherbetrieb des Gerätes für den Einsatz im Hubschrauber ausreicht. Auch kann das Gerät als EiV-Anlage verwendet werden, allerdings ist es dann gleichzeitig nur für den Funkempfang zu benutzen. Die Versuche haben gezeigt, wie anpassungsfähig das Fu G 7 auch dann ist, wenn es für Aufgaben eingesetzt wird, für die es nicht speziell entwickelt wurde.

Die größten Erfahrungen konnten bei Versuchen mit dem Hubschrauber „Bell 47 G“ gesammelt werden (Bild 1). Diese Maschine bietet Platz für drei Personen einschließlich Flugzeugführer, und diese Personenzahl sollte bei den Versuchen auch voll ausgenutzt werden.

Der Einbau wurde folgendermaßen vorgenommen: Das Stromversorgungsteil wurde rechts neben dem Motor an der Rückseite der Kanzel befestigt, das Verbindungskabel zum Sende-Empfangsgerät frei zur Kanzel geführt und lediglich an einem Befestigungsrohr der Schwimmer abgefangen (Bild 2). Das Batteriekabel konnte von der Bordbatterie, die im Gitterrumpf frei aufgehängt ist, an den Trägern des Gitterrumpfes entlang zum Stromversorgungsteil geführt werden. Als Antenne fand eine UKW-Fahrzeugantenne Verwendung, die mit einem Eisenwinkel an der vorderen Halterung des rechten Schwimmers befestigt wurde. Das Antennenkabel wurde lose in die Kanzel geführt (Bild 3 auf S. 49). Zur Montage des Kommandolautsprechers konnte unter dem Boden der Kanzel eine Halterung für den Landescheinwerfer benutzt werden. Der Neigungswinkel des Lautsprechers betrug ca. 45° (Bild 4).

Da das Sende-Empfangsgerät Fu G 7 nicht zur Fernbedienung bestimmt ist, mußte es in der Kanzel untergebracht werden. Es wurde auf den Boden vor dem Sitz des Funkers aufgestellt (Bild 4), was bei dem geringen Raumbedarf des Gerätes ohne Schwierigkeit möglich war und eine einwandfreie und sichere Bedienung des Gerätes gewährleistete.

Fu G 7



Bild 4: Einbau des Lautsprechers.

Die Erprobung am Boden ergab wie bei den Funkstreifenwagen Reichweiten bis 30 km. Mit Rücksicht auf die während des Fluges in der Kanzel auftretenden erheblichen Geräusche wurde statt des normalen Handapparates eine FT-Kopfhaut mit einem Kehlkopfmikrophon verwendet. Die Verständlichkeit reichte aus.

Bei den ersten Flugerprobungen wurde festgestellt, daß, wie zu erwarten, durch die Anbringung der Antenne am rechten Schwimmer eine leichte Richtwirkung eintrat, die aber nur dann bemerkbar wurde, wenn die Gegenstelle sehr schwach einfiel. Bei einem end-

gültigen Einbau wird die Antenne zweckmäßig unter dem Rumpf mit einem Gelenk befestigt, so daß sie bei der Landung umgeklappt werden kann.



Bild 3: Einbau des Gerätes Fu G 7 in einem Hubschrauber. Das Gerät steht bequem bedienbar zwischen den Knien des Funkers und ist hier schlecht zu erkennen. Eine andere Anordnung s. Bild 22 des Aufsatzes A. Hagen auf S. 19. Links hinten die Bordbatterie.

Die Leistung des Fu G 7 mit 10 W im Verstärkerbetrieb für den Kommandolautsprecher reicht nur bei kleinem Störpegel aus. Der Motorlärm des Hubschraubers übertönte aber meistens das gesprochene Kommando, obwohl der verwendete Lautsprecher eine starke Richtwirkung hatte. Die Verständlichkeit war auf einen sehr kleinen Raum beschränkt. Bei Verwendung eines Lautsprechers mit geringerer Bündelung würde die Leistung noch weniger ausreichen. Um eine befriedigende Lösung zu finden, wäre eine Verstärkerleistung von etwa 40 W erforderlich. Dieser gesonderte Verstärker könnte auch für die Bordverständigung (EiV-Anlage) benutzt werden, so daß das Funkgerät dauernd für seine eigentlichen Aufgaben voll verfügbar bleibt.

Zu Beginn der Versuche wurden vom Hubschrauber die für Fahrzeugstationen zugeteilten Frequenzen benutzt. Durchsagen an eingesetzte Streifenwagen wurden entweder durch die Leitstellen übermittelt oder an die Wagen im WzW (Wagen zu Wagen)-Verkehr über die ortsfesten Stationen direkt abgegeben. Bei einer Flughöhe von höchstens 40 m über Grund lagen die erzielten Reichweiten über 50 km. Da die Einleitung eines WzW-Gesprächs immer einer gewissen Zeitspanne bedarf (Anmeldung bei der Feststation, dort Rufen des gewünschten Fahrzeuges, nach Meldung erst Umschalten auf WzW), wurden in dringenden Fällen vom Hubschrauber die für Feststationen zugeteilten Frequenzen benutzt, um die Streifenwagen direkt und ohne Zeitverlust ansprechen zu können. Diese Betriebsart hat sich ausgezeichnet bewährt. Sie verlangt aber vom Funker im Hubschrauber eine strenge Einhaltung der Funkdisziplin, da sonst der gesamte Verkehr des betreffenden Funksprechkreises gestört werden kann.

Diese Art des Einsatzes bewährte sich z. B. bei der Auflösung einer Verkehrsstockung auf der Autobahn. Hier lag die gesamte Einsatzlenkung beim Beobachter des Hubschraubers. Zur Lösung der Aufgabe standen 12 Funkstreifenwagen zur Verfügung, mit denen direkt im WzV-Verkehr (Wagen zur Vermittlung) gearbeitet wurde. Es wurde also praktisch ein zweiter Verkehrskreis auf gleicher Frequenz gebildet. Trotz starken Funkverkehrs der Feststation auf gleicher Frequenz mit anderen Fahrzeugen, konnten alle Anordnungen und Meldungen für diesen Sondereinsatz reibungslos übermittelt werden.

Weitere Versuche mit anderen Hubschraubertypen (SO. 1221 „DJINN“ und SE. 3130 „ALOUETTE II“) bestätigen die vorstehenden Erfahrungen. Bei allen Versuchen zeigte sich, daß die Grundlage für einen zweckmäßigen Hubschraubereinsatz stets die Funkverbindung ist.

Abridgments

Fu G 7 — from the Single-Channel to the Multi-Channel VHF Radiotelephone Set

By A. Hagen

p. 9

Since 1939 the police and other public safety authorities in Germany have used radiotelephones between their vehicles and fixed command posts. The services are chiefly handled in the 80-megacycle band. Frequency modulation, duplex operation, passing of the radio calls into telephone networks, the use of only one antenna for transmitter and receiver are all requirements which have resulted from the various tasks to be carried out.

The equipments have been considerably improved during the course of the past ten years. Above all, the sensitivity of the receivers has been increased so that the power output of the fixed transmitters, which was still 1 kilowatt in 1943, could be reduced to 100 and even 15 watts. To minimize mutual interference the bandwidth of the transmissions was reduced and the selectivity of the receiver increased. Moreover, since the frequency stability of the sets is very high, the channel separation could be reduced from 150 kc/s to 50 kc/s. The number of channels has been increased from 4 to 100. The sets can be switched at will for duplex operation when communicating with the fixed station or for simplex operation for communication between the vehicles. The final stage of the transmitter can also be used as a low-frequency amplifier for a loudspeaker on the outside of the vehicle without the equipment losing its readiness for reception. The two channels required for duplex working will be chosen so that a frequency separation of 9.8 Mc/s always exists between them (lower band and upper band). The fixed station contains a four-wire termination for passing over to two-wire circuits and a volume control. The transmitter is modulated with 1750 c/s for calling. To secure reliable connection with the desired transmitter in the radiotelephone networks of the rural police, calling from the vehicles is first effected with 2135 c/s whereupon the fixed transmitter is switched on automatically and then radiates its call signal. As soon as the operator in the vehicle knows by this that the desired connection is about to be established, calling is continued with a frequency of 1750 c/s.

The Radiotelephone Set Fu G 7 now in use by the German police can be adjusted to 100 individual frequencies or to 50 pairs of frequencies for duplex working. The 10 individual frequencies within the 10 decades are obtained by mixing the frequency of the crystal with a frequency generated by a self-excited oscillator. The reduction in weight and dimensions recently accomplished is shown in Table 1 (on page 20). Owing to the small dimensions the set can easily be installed in vehicles of various types (Fig. 10 and 13) or used on board of helicopters (Figs. 22 and 23). The antennas are fastened to extensible telescopic masts (Figs. 11 and 12) because the range can be increased in case of need by increasing the mounting height of the antenna. Figs. 14 to 21 show various examples of application of the set, duplex and simplex operation with one or two communication nets, the transition to wire circuits, the communication between two staffs, the extension of a radio circuit by a relay station, the establishment of a fully automatic relay link with connection to a radiotelephone network and finally the suitable arrangement for directing and commanding a greater police force.

On the Development of the 100-Channel Radiotelephone Set Fu G 7

By H. J. Fründt and F. Sobott

p. 27

Owing to the steadily increasing use of radiotelephone sets the demands to be made on these sets became more and more exacting in the course of time. These requirements are partly incompatible with the demand for a radiotelephone set with a great number of channels. Consideration was first given to the principle best suited for the design and construction of the apparatus. As a general rule, phase modulation or frequency modulation may be employed. With phase modulation a high multiplication is necessary and to obtain the required selectivity in the transmitter the circuits have to be retuned on changing the channel. The expenditure for this seems to be too high for a radiotelephone set. Frequency modulation is therefore preferable.

The demands for good frequency modulability and high frequency stability are mutually inconsistent. An FM transmitter can be designed according to three different methods, viz., it can either be stabilized by means of a quartz crystal or be readjusted to a crystal-controlled reference frequency or the transmitting frequency can be produced by mixing a high crystal-controlled frequency with a low modulated frequency. An investigation reveals that the last-mentioned method requires the least expenditure in the set.

The transmitter for 100 channels contains a crystal oscillator with 10 crystals and a temperature-compensated self-oscillating circuit with a ceramic variometer adjustable by a 10-position click stop selector switch. The crystal oscillator operates on a frequency of approx. 40 Mc/s, the self-excited oscillator on approx. 4 Mc/s (Table 1). By mixing these two components and by subsequent doubling, the 100 transmitting frequencies are obtained. They are grouped in two bands of 50 frequencies each. The corresponding frequencies in the upper band and lower band have a spacing between them of 9.8 Mc/s.

The transmitting oscillator is used at the same time as an oscillator for reception. For „duplex” working the prescribed spacing of 9.8 Mc/s between the two duplex frequencies thus constitutes automatically the intermediate frequency. When passing over from transmission to reception in case of „simplex” operation, the oscillator is switched over to the corresponding frequency in the other band, i. e., shifted upward or down by 9.8 Mc/s.

With this construction of the equipment the modulation of the transmitter is audible in the receiver because the oscillator is modulated. In order that the telephone calls can be put through to two-wire lines, the 2nd oscillator is frequency-modulated in phase opposition, so that the modulation in the receiver cancels itself. Fig. 3 shows the block diagram of the set while Fig. 4 illustrates the difference between „duplex” and „simplex” operation.

In the second part of the paper some details of the set are discussed. The necessary selectivity at the output side of the mixer stage in the transmitter is ensured by two triple-circuit filters (Fig. 5). The receiver contains two separate RF stages each of which will pass the band of 50 frequencies which is 2.5 Mc/s wide. To ensure an adequate preselection, the antenna separating filter is used for selection purposes (Fig. 6). Crystal filters are provided in the 1st IF section (Fig. 7). The oscillating circuit of the modulated stage in the transmitter contains a ceramic variometer with burnt-in coils and is temperature-compensated. At the end of the warm-up period the frequency response of the set remains within ± 500 c/s at an ambient temperature between -20° and $+40^{\circ}$ C (Fig. 9). To obtain the best possible suppression of the modulation when the 2nd oscillator is modulated in phase opposition, the transit time in the 1st IF amplifier must be equalized. By means of a simple network used to influence the transit time (Fig. 10) telephone calls can be put through to two-wire lines.

In traffic control and at events where large crowds gather the helicopter can be used to great advantage by the police provided that radio communications with the Police Central Exchange and patrol cars are utilised. In catastrophes, during large floods for instance, the helicopter can be directly employed for life-saving operations and reconnaissance. In such cases it is necessary that it can enter into direct radio communications not only with police stations but also with the units of other Public Safety Authorities in operation (Fire Brigade, Customs, Red Cross, Technical Relief Organisation etc.). Therefore, the equipment must cover the whole frequency range used by the Public Safety Authorities in the 4-m band. Furthermore, it is desired to use the audio-frequency section of the radio set for communication between crew members of the helicopter and to address crowds, drivers and pedestrians or persons in danger.

The Telefunken Radiotelephone Fu G 7 satisfies all requirements with regard to frequency band and range (50 km ~ 30 miles). It can be tuned to the frequencies allocated for vehicles and fixed stations as required, so that it can communicate with police networks as well as with vehicular stations directly. It can be installed very easily. As owing to the propeller noise a relatively high output is required for operating a loudspeaker with sufficient sound intensity, the AF output would have to be increased by means of an additional amplifier.

Direct communication between helicopter and vehicles has proved its value in the clearance of a traffic-jam on an automobile highway for instance. Here the operation was completely controlled by the helicopter's observer who was in direct communication with 12 police patrol cars.

Abrégés

Fu G 7, du radiotéléphone VHF à voie unique au radiotéléphone VHF à voies multiples

Par A. Hagen

p. 9

La police et d'autres organismes allemands chargés de la sécurité utilisent déjà depuis 1939 des liaisons radiotéléphoniques entre leurs voitures et leurs postes fixes. Le trafic radiotéléphonique est principalement écoulé sur la bande de 80 Mc/s. Comme conditions résultant forcément du but envisagé, il convient de mentionner: Modulation de fréquence, service duplex, passage des conversations du réseau radiotéléphonique au réseau téléphonique sur fil, emploi d'une antenne commune pour l'émetteur et le récepteur.

Au cours d'une dizaine d'années, les appareils ont été perfectionnés dans une large mesure. Surtout la sensibilité des récepteurs a été augmentée. C'est ainsi que la puissance des émetteurs fixes, qui était encore de 1 kW en 1943, a pu être réduite à 100 ou 15 W. Pour diminuer les perturbations mutuelles, la largeur de bande de l'émission a été réduite et la sélectivité du récepteur augmentée. En outre, étant donné que la stabilité de fréquence des appareils est très grande, l'écartement entre les voies a pu être réduit de 150 kc/s à 50 kc/s. Le nombre des voies a été porté de 4 à 100. Les appareils peuvent être commutés au choix sur téléphonie duplex pour le trafic avec la station fixe ou téléphonie simplex pour le service entre les voitures. L'étage final de l'émetteur peut aussi être utilisé comme amplificateur BF pour un haut-parleur fixé extérieurement à la voiture, sans que la disponibilité à la réception de l'appareil soit réduite par ce fait. Dans le service duplex, les deux voies requises sont choisies de telle façon qu'il existe toujours entre elles un intervalle de fréquence de 9,8 Mc/s (bande inférieure et supérieure). L'installation fixe reçoit un termineur pour le passage à des lignes d'abonnés à deux fils et un régulateur de volume. Pour l'appel, l'émetteur est modulé par une fréquence de 1750 c/s. Afin d'assurer, dans les réseaux radiotéléphoniques de la police rurale, la liaison avec l'émetteur désiré, on effectue d'abord l'appel à partir des voitures avec 2135 c/s. L'émetteur fixe entre alors en circuit et émet son signal d'appel. Si l'on reconnaît par là dans la voiture que la liaison désirée s'établit, on continue l'appel avec 1750 c/s.

L'appareil Fu G 7, qui est utilisé aujourd'hui par la police allemande, permet le réglage de 100 fréquences individuelles ou de 50 paires de fréquences pour le service duplex. Dix cristaux de quartz suffisent pour ce but. Les 10 différentes fréquences de chacune des 10 décades sont obtenues par mélange de la fréquence du quartz avec une fréquence qui est produite par un oscillateur à auto-excitation. La réduction des dimensions et du poids atteinte dans les derniers temps est montrée dans le tableau 1 (p. 20). Par suite de ses petites dimensions, l'appareil se monte facilement dans différentes sortes de véhicules (figs. 10 et 13) et peut être emporté à bord d'hélicoptères (figs. 22 et 23). Les antennes sont fixées à des mâts télescopiques à manivelle (figs. 11 et 12) parce que la portée peut, au besoin, être étendue par augmentation de la hauteur d'installation de l'antenne.

Les figures 14 à 21 montrent différents exemples d'utilisation: Téléphonie duplex et simplex à un ou deux circuits d'écoulement du trafic, passage à des liaisons sur fil, communications entre deux états-majors, prolongement d'une ligne radiotéléphonique par une station-relais, établissement d'une liaison-relais entièrement automatique avec raccordement à un réseau radiotéléphonique et enfin la disposition utile pour la direction d'une assez grande formation de police.

Au sujet du développement du radiotéléphone à 100 voies Fu G 7

Par H. J. Fründt et F. Sobott

p. 27

L'emploi de la radiotéléphonie augmentant sans cesse, il a fallu, au cours du temps, poser des conditions toujours plus sévères aux radiotéléphones. Ces conditions sont en partie en contradiction avec la demande d'un radiotéléphone pour un grand nombre de voies HF. L'article contient d'abord des considérations relatives au principe à appliquer pour obtenir la meilleure réalisation d'un tel appareil. En principe, on peut utiliser la modulation de phase ou la modulation de fréquence. Lorsqu'on utilise la modulation de phase, une haute multiplication est obligatoire et, pour obtenir la sélection nécessaire dans l'émetteur il faut accorder à nouveau les circuits en cas de changement de voie. La dépense pour ce but paraît être trop élevée pour un radiotéléphone. Pour cette raison, on doit accorder la préférence à la modulation de fréquence.

Les conditions posées quant à une bonne possibilité de modulation en fréquence et une haute stabilité de fréquence sont en opposition. On peut construire un émetteur à modulation de fréquence d'après trois méthodes différentes: On peut soit le stabiliser au moyen d'un cristal de quartz, soit le rajuster sur une fréquence de référence contrôlée par quartz, soit produire la fréquence d'émission par mélange d'une fréquence élevée contrôlée par quartz et d'une fréquence basse modulée. Une enquête faite à ce sujet montre que c'est la dernière de ces méthodes qui exige la plus petite dépense.

L'émetteur comprend, pour 100 voies, un oscillateur à quartz avec 10 cristaux de quartz et un circuit à auto-excitation thermiquement compensé, dans lequel se trouve monté un variomètre en céramique qui peut être commuté sur 10 positions. L'oscil teur à quartz fonctionne sur environ 40 Mc/s et l'oscillateur à auto-excitation sur environ 4 Mc/s (Tableau 1). Par mélange de ces deux composantes et doublage subséquent, on obtient les 100 fréquences d'émission. Ces fréquences sont réparties sur deux bandes, chacune de 50 fréquences. Les fréquences correspondantes dans la bande supérieure et la bande inférieure sont, dans chaque cas, écartées l'une de l'autre de 9,8 Mc/s.

L'oscillateur d'émission sert en même temps d'oscillateur de réception. En «duplex», l'écartement de 9,8 Mc/s prescrit entre les deux fréquences duplex est ainsi obtenu automatiquement. En «simplex», l'oscillateur est, lorsqu'on commute d'émission sur réception, commuté sur la fréquence correspondante dans l'autre bande, c'est-à-dire déplacé de 9,8 Mc/s vers le haut ou le bas.

L'appareil étant construit comme décrit ci-dessus, on entend la modulation de l'émetteur dans le récepteur parce que l'oscillateur est modulé. Pour faire passer les communications à des lignes à deux fils, on module en fréquence le 2^e oscillateur en opposition de phase, de telle façon que la modulation soit annulée dans le récepteur. La figure 3 montre le schéma synoptique de l'appareil, tandis que la figure 4 montre la différence entre les services duplex et simplex.

Dans la deuxième partie de l'article sont traités quelques détails de l'appareil. La sélection nécessaire derrière l'étage mélangeur de l'émetteur est assurée par deux filtres à trois circuits (fig. 5). Dans le récepteur sont prévus deux étages HF séparés, dont chacun laisse passer la bande de 50 fréquences d'une largeur de 2,5 Mc/s. Afin qu'une présélection suffisante soit assurée, le filtre séparateur d'antenne est utilisé aussi pour la sélection (fig. 6). Dans l'étage 1^{ère} moyenne fréquence sont prévus des filtres à cristal de quartz (fig. 7). Le circuit oscillant de l'étage oscillateur modulé dans l'émetteur est pourvu d'un variomètre en céramique avec bobines réunies à la céramique par cuisson. Il est thermiquement compensé. La courbe de fréquence de l'appareil reste, après expiration du temps d'échauffement et à une température ambiante entre -20° et 40° C, dans les limites de ± 500 c/s (fig. 9). Afin d'obtenir, lors de la modulation du 2^e oscillateur en opposition de phase, la meilleure suppression possible de la modulation, il faut que la durée de propagation dans l'amplificateur 1^{ère} MF soit compensée. On peut obtenir le passage de communications à des lignes à deux fils au moyen d'un simple circuit influençant le temps de propagation (fig. 10).

Hélicoptère avec liaison radiotéléphonique au service de la police

p. 47

L'hélicoptère de police peut être de grande utilité pour régler la circulation et en cas de grandes manifestations, à la condition que des relations radiotéléphoniques existent entre l'avion et le central du réseau téléphonique de police ainsi que les voitures de patrouille. Dans les catastrophes, par exemple les grandes inondations, l'hélicoptère peut être employé directement pour des actions de sauvetage et des vols de reconnaissance. Dans ces cas, il est nécessaire que des communications radiotéléphoniques puissent être échangées de l'hélicoptère non seulement avec des service de police, mais aussi avec les postes d'autres organes de sécurité participant à l'action (pompiers, douanes, Croix rouge, service de secours technique etc.). L'appareil doit donc être à même de couvrir toute la gamme de fréquences des services de police et de sécurité dans la bande de 4 mètres. En outre, il est désirable que l'ensemble Basse Fréquence de l'appareil radiotéléphonique puisse être utilisé pour l'échange de communications entre les membres de l'équipage de l'hélicoptère et pour donner, de l'hélicoptère, des directives par haut-parleur à des foules, des usagers de route ou des personnes en danger.

Le radiotéléphone Telefunken Fu G 7 satisfait à toutes les conditions au point de vue de la bande de fréquences et de la portée (50 km). Il peut être réglé à volonté sur les fréquences déterminées pour des véhicules ou des station fixes. Il s'ensuit qu'il permet un trafic radiotéléphonique aussi bien avec les réseaux téléphoniques de police que directement avec les stations mobiles sur véhicules. Le montage du radiotéléphone Fu G 7 dans l'hélicoptère est extrêmement simple. Etant donné que, par suite du bruit des hélices de l'hélicoptère, une puissance relativement grande est nécessaire pour assurer une intensité sonore suffisante en cas de service avec haut-parleur, la puissance BF devrait encore être augmentée par un amplificateur additionnel.

Le trafic direct entre l'hélicoptère et les voitures a donné de bons résultats, entre autres pour effectuer un désembouteillage sur l'autostrade. Toute la direction de l'action était assurée par l'observateur de l'hélicoptère, qui était en relation directe avec 12 voitures de patrouille équipées d'une installation radiotéléphonique.