

Im weltweiten Informationsaustausch zwischen Außenministerium und Botschaften werden anstelle der bisher benutzten öffentlichen Fernmeldeverbindungen zunehmend direkte Funkverbindungen im Kurzwellenbereich bevorzugt. Rohde & Schwarz projiziert und realisiert aus seinem Nachrichtengeräte-Programm, das praktisch alle für derartige Funknetze erforderlichen Geräte wie Sender, Empfänger, Antennen und Peripheriegeräte enthält, jedem Anwendungsfall optimal angepaßte Funksende-/Empfangssysteme.

Botschafts-Funknetze

Botschafts-Funknetze sind Kommunikationssysteme, die einen Nachrichtenaustausch zwischen dem Außenministerium eines Landes und den einzelnen, auf der ganzen Erde verteilten Botschaften gestatten. Derartige Verbindungen werden in zunehmendem Maß über Kurzwellenfunk hergestellt. Die Vorzüge dieses Verfahrens sind: schneller und sicherer Verbindungsaufbau, relativ geringe Investitions- und Betriebskosten sowie rasche Anpassungsmöglichkeit an sich ändernde Gegebenheiten. Die Nachrichtenübertragung wird im allgemeinen im Fernschreibtelegrafieverkehr abgewickelt, wobei häufig Schlüsselgeräte zur Geheimhaltung der Daten zwischengeschaltet werden. Störungen, die auf die Übertragungsstrecke einwirken, lassen sich durch den Einsatz von Fehler-Korrekturgeräten erheblich in ihren Auswirkungen auf die Nachrichtenübertragung verringern, so daß heute Funkverbindungen mit Fehlerraten unter 10^{-6} möglich sind.

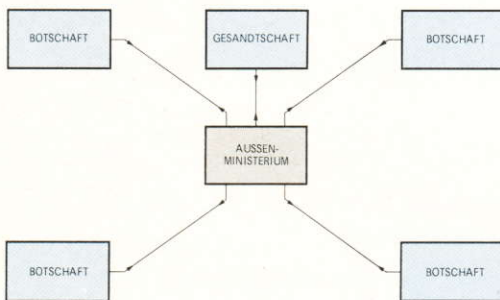


BILD 1 Sternförmiges Botschaftsnetz, ausschließlich mit Simplex-Verbindungen ausgestattet.

Netzstrukturen

Botschafts-Funknetze werden in der Regel sternförmig aufgebaut mit der Zentrale im Außenministerium. Für Strecken mit großem Nachrichtenaufkommen empfiehlt sich eine Duplex-Verbindung, die die gleichzeitige Übertragung in beiden Richtungen zuläßt. Dieses Verfahren erfordert zwei Trägerfrequenzen pro Funkverbindung. Bei kleinerem bis mittlerem Nachrichtenaufkommen genügt eine Simplex-Strecke, über welche die Übertragung abwechselnd geschieht, entweder auf der gleichen Frequenz oder auf zwei verschiedenen.

Bei der Anpassung eines Funknetzes an das jeweilige Nachrichtenaufkommen geht man von zwei Grundstrukturen aus: dem Netz mit und ohne Relaisstationen. Die Entscheidung über die Struktur des aufzubauenden Netzes hängt stets von den jeweiligen Gegebenheiten ab, nämlich von der Lage der Zentrale und von der Anzahl, der Wichtigkeit und der regionalen Verteilung der Botschaften.

Bei sternförmigen **Netzen ohne Relaisstation** sind beliebig viele Botschaften in unterschiedlichen Entfernungen von der Zentrale angeordnet. Dabei ist jede einzelne Botschaft über eine fehlergesicherte Simplex-Strecke direkt mit der Zentrale verbunden (BILD 1). Dieses Netz ist sehr flexibel und findet bei geringem bis mittlerem Nachrichtenaufkommen und beliebiger Anzahl von Botschaftsstationen Anwendung. Vorteilhaft ist bei diesem Netz, daß die Zentrale jede Botschaft auf direktem Weg erreichen kann und umgekehrt.

Bei einer großen Anzahl von Botschaften und einem zeitlich stark differierenden Nachrichtenaufkommen ist es wirtschaftlicher, größere und günstig gelegene **Botschaften als Relaisstationen** einzusetzen (BILD 2). Damit der in diesen Relais-

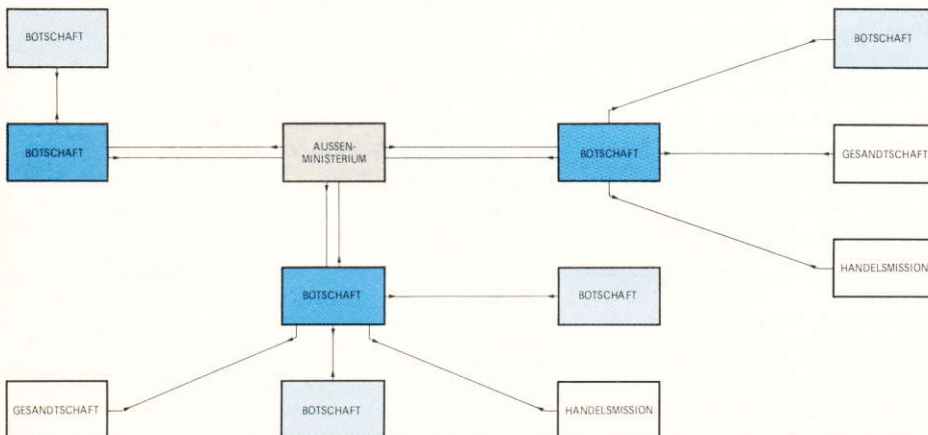
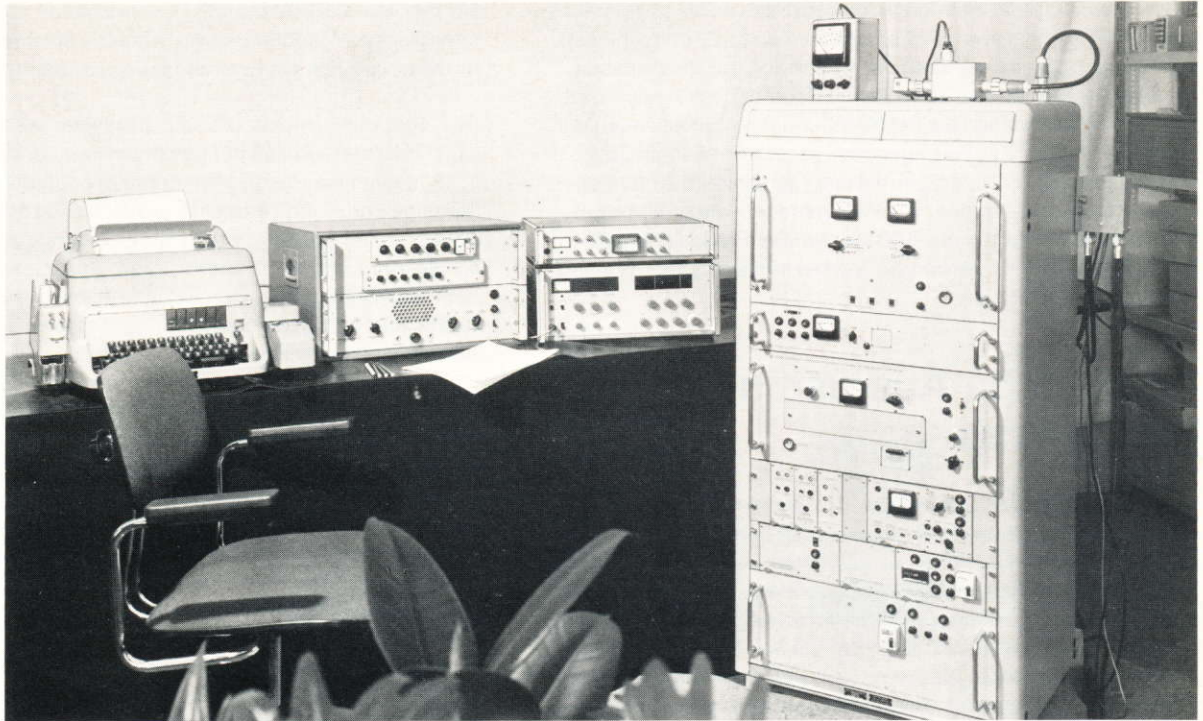


BILD 2 Beispiel eines Botschafts-Funknetzes mit Relaisstationen (dunkelblau). Diese Botschaften sind durch Duplex-Verbindungen mit der Zentrale verbunden. Der andere Teil des Netzes enthält nur Simplex-Verbindungen.

BILD 3
 Sende- und
 Empfangs-
 station. Rechts
 der 1-kW-
 Kurzwellen-
 Universalsender
 SK 1/3901 und
 links die Emp-
 fangsgeräte:
 Funk-Betriebs-
 empfänger
 EK 47,
 Telegrafie-
 Demodulator
 NZ 47,
 Bediengerät
 GB 3... und
 Fernschreib-
 maschine.
 Foto 23 699



stationen zusammengefaßte Nachrichtenfluß bewältigt werden kann, werden Zentrale und Relaisstationen meistens über fehlergesicherte Duplex-Strecken miteinander verbunden. Der Nachrichtenverkehr Relaisstation – Botschaften dagegen läßt sich über gegebenenfalls fehlergesicherte Simplex-Verbindungen abwickeln. Der Vorteil dieses Netzes liegt in der Straffung der Betriebsabwicklung in der Zentrale durch Zusammenfassung des Nachrichtenflusses und in der Vereinfachung des Betriebszeitplanes bei weit entfernten Botschaften.

Wirtschaftliche und betriebsabwicklungstechnische Gründe führen oft auch zu Kombinationen beider Netze. So können beispielsweise bei geringem bis mittlerem Nachrichtenaufkommen eine oder mehrere Botschaften über eine Relaisstation mit der Zentrale verbunden werden, wobei zur Kostenersparnis nur Simplex-Verbindungen verwendet werden. Andererseits kann es notwendig sein, Strecken mit großem Nachrichtenaufkommen in einem Netz ohne Relaisstationen als Duplex-Verbindung aufzubauen.

Sendeart und Übertragungssicherung

Die Nachrichtenübermittlung erfolgt in der Regel in der Sendeart F1 (Telegrafie mit Frequenzumtastung) mit Telegrafiergeschwindigkeiten zwischen 50 und 100 Baud. Der Betrieb selbst wird über Fernschreibmaschinen abgewickelt, wobei es wirtschaftlich ist, wenn die Fernschreiben bereits als Lochstreifen vorliegen.

Bei Verwendung von hochwertigen, mit Synthesizern ausgerüsteten Sende- und Empfangsgeräten, die sich durch hohe Einstellgenauigkeit und hohe Frequenzkonstanz auszeichnen, ist die Verbindungsherstellung unproblematisch. Die genaue Sende- und Empfangsfrequenz wird nach einem vorher vereinbarten Zeit- und Frequenzplan eingestellt, womit das langwierige Suchen, wie es in der Vergangenheit notwendig war, entfällt.

Eine relativ hohe Sicherheit der Nachrichtenübermittlung bei Fernschreibbetrieb läßt sich durch Schmalbandtelegrafie erreichen. Bei dieser Übertragungsart kann auf Grund der hohen Frequenzstabilität der Synthesizer auf der Senderseite der

Frequenzhub an die Tastgeschwindigkeit und auf der Empfangsseite die Bandbreite des ZF-Filters an den Hub angepaßt werden. Dadurch ergeben sich ein großer Signal/Rausch-Abstand und eine gute Selektion.

Zur weiteren Sicherung der Nachrichtenübermittlung stehen das ARQ-System (automatic request) bei Duplex-Strecken und das FEC-System (forward error correction) bei Simplex-Strecken zur Verfügung. Diese Fehlersicherungssysteme senken die Fehlerquote gegenüber einer ungesicherten Strecke auf den 100sten bis 10 000sten Teil.

Das ARQ-System – das aufwendigere, aber auch wirksamere System – benötigt zur Wiederholungsanforderung gestört empfangener Zeichen die in der Gegenrichtung bestehende Funkverbindung, wobei der in dieser Richtung ablaufende Nachrichtenfluß für kurze Zeit unterbrochen wird. Beim FEC-System werden Übertragungsfehler durch die Redundanz und die Struktur eines fehlererkennenden Codes festgestellt und korrigiert. Bei diesem Verfahren ist keine Rückmeldung wie beim ARQ-System erforderlich.

Betriebsbedingungen

Die reibungslose Abwicklung des Informationsaustauschs hängt nicht nur von dem verwendeten Netz, der Übertragungsart, der Anzahl der Botschaften und den verschiedenen Arbeitszeiten ab, sondern auch noch von den physikalischen und technischen Gegebenheiten, zum Beispiel von der abgestrahlten Leistung, der Güte der Empfangsanlage, von Störfeldstärken, die durch Fremdsender und „man-made noise“ am Empfangsort hervorgerufen werden sowie von den tages- und jahreszeitlich unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen im Kurzwellenbereich. Auf Grund jahrelanger Beobachtungen lassen sich über die Zeitabhängigkeit der Ausbreitungsbedingungen für jede Verbindung Funkprognosen erstellen, mit deren Hilfe die optimale Sendefrequenz für einen bestimmten Zeitraum unter Berücksichtigung der Arbeitszeit auf beiden Stationen ermittelt werden kann. Solche Prognosen, für längere Zeiträume erstellt, haben eine Wahrscheinlichkeit von 95 %.

Botschaftsnetze sind dann günstig aufgebaut, wenn es gelingt, den Nachrichtenverkehr vorwiegend bei Tag (z. B. durch Einsatz von Relaisstationen) während der Arbeitszeit der Zentrale und der Botschaften abzuwickeln. Da am Tage höhere Frequenzen benutzt werden können als bei Nacht und die Abmessungen der Antennen von der zu übertragenden Frequenz abhängen, kommt noch der Vorteil hinzu, daß in diesem Fall kleinere Antennen eingesetzt werden können. Für Verbindungen, die größere Entfernungen überbrücken als 2000 km, werden Frequenzen zwischen 10 und 25 MHz verwendet und bei kürzeren Entfernungen solche unter 10 MHz.

Technische Ausrüstung der Zentrale

Die Zentrale, der Mittelpunkt des Botschaftsnetzes, befindet sich stets im jeweiligen Mutterland und ist in den meisten Fällen nicht von den räumlichen Verhältnissen her eingeschränkt. Es bietet sich deshalb an, die Sendestelle von der Betriebs- und Empfangsstelle zu trennen, womit eine Entkopplung der beiden Antennensysteme erreicht wird. Bei Duplex-Betrieb ist dies unbedingt erforderlich, da sonst, auch bei unterschiedlichen Frequenzen, die eigenen Aussendungen den gleichzeitigen Empfang stören (BILD 3 und 4).

Die Zentrale kann mit einer breitbandigen, drehbaren **logarithmisch-periodischen Antenne** – beispielsweise der Typenreihe AK 7.. oder AK 8..* – ausgerüstet sein, wodurch zeitlich gestaffelt jede Botschaft erreichbar ist. Eine solche Anlage arbeitet im Simplex-Verkehr mit Sende-/Empfangs-Umschaltung oder bei größerem Nachrichtenaufkommen mit mehreren Antennen. Das Optimum der Verfügbarkeit erreicht man mit Antennensternen

* Hierzu in diesem Heft S. 8 bis 10. Stark A.: Drehbare logarithmisch-periodische Antennen in Leichtbauweise.

mit fest auf die Botschaften ausgerichteten logarithmisch-periodischen Antennen. Jeder Antenne wird dabei ein Sender beziehungsweise ein Empfangszweig zugeordnet.

Die logarithmisch-periodischen Antennen AK 7.. und AK 8.. sind so ausgelegt, daß bei günstiger Frequenzwahl ohne zusätzliche Maßnahmen beste Abstrahlungsbedingungen für die jeweilige Entfernung erreicht werden. Das ist besonders in einem Botschaftsnetz wichtig, weil von der Zentrale aus unterschiedliche Entfernungen zu überbrücken sind. Der Gewinn dieser Antennen beträgt, bezogen auf eine Rundstrahlantenne, etwa 10 dB; das Stehwellenverhältnis ist im jeweiligen Frequenzbereich kleiner als zwei.

Bei normalen Empfangsbedingungen in den Botschaftsstationen werden in der Zentrale **Sender** mit einer Ausgangsleistung von 1 kW verwendet, etwa der Kurzwellen-Universalsender SK 1/3901. Bei ungünstigen Bedingungen empfiehlt sich eine Erhöhung der Sendeleistung durch einen dem 1-kW-Sender nachschaltbaren, sich automatisch abstimmenen Verstärker mit einer Ausgangsleistung von 20 kW. In diesem Fall ist natürlich auch eine Empfangsantenne hohen Gewinns in der Zentrale erforderlich. Insgesamt kann man sagen, daß sich ein höherer Geräteaufwand in der Zentrale meist durch einen verringerten Aufwand in den einzelnen Botschaftsstationen bezahlt macht. Die Sendeanlagen lassen sich über ein Bediengerät oder über eine Fernwirkeinrichtung bedienen.

Zur Grundausrüstung der von der Sendestelle abgesetzten **Empfangs- und Betriebsstelle** gehören neben der drehbaren logarithmisch-periodischen Antenne der Empfangszweig, bestehend aus Empfänger, Telegrafiedemodulator, Fehler-Korrektur- und Schlüsselgerät, sowie eine Fernschreibmaschine. Voll ausgebaute Stationen enthalten mehrere Empfangszweige mit jeweils einer fest ausgerichteten logarithmisch-periodischen Antenne und sind dadurch in der Lage, Nachrichten zu empfangen, die außerhalb der normalen Sendezeit der jeweiligen Botschaft gesendet werden.

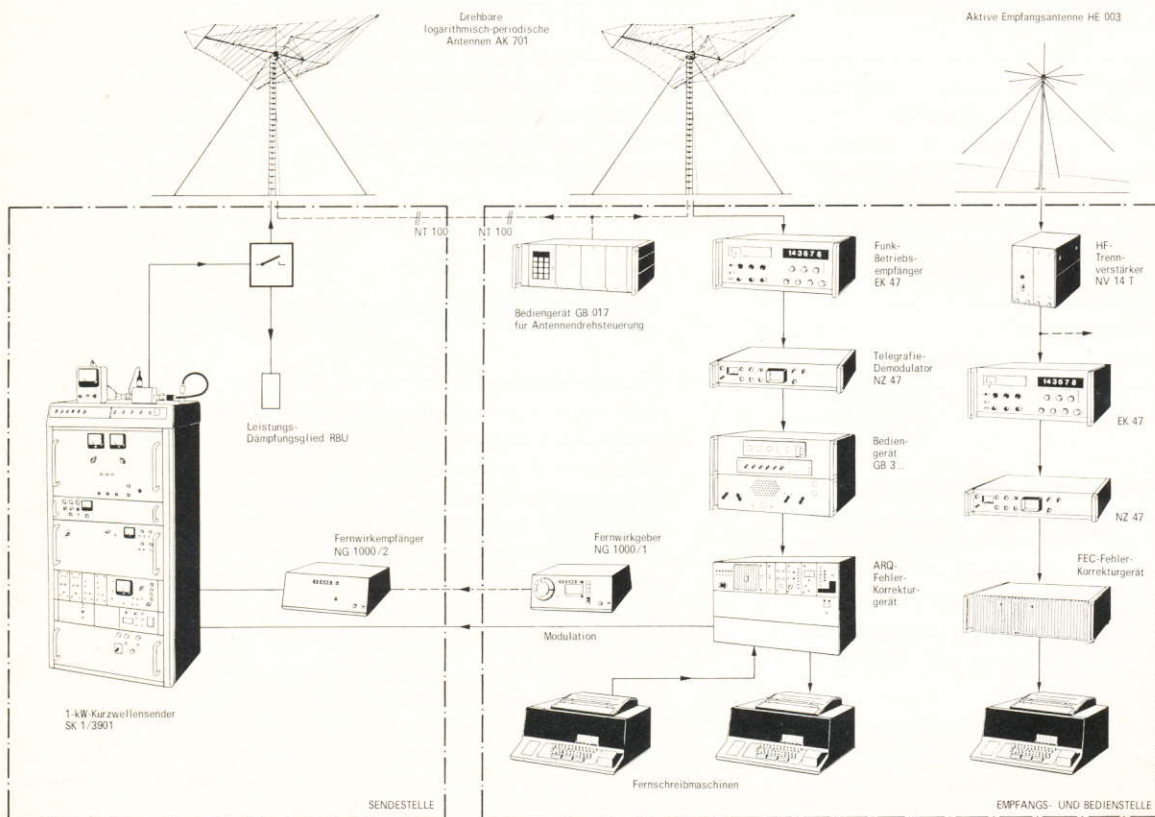


BILD 4 Zentrale für Duplex-Verkehr mit abgesetzter Sendestelle. Der Sender wird über die Fernwirkeinrichtung NG 1000 gesteuert, so daß sie in großer Entfernung von der Empfangs- und Betriebsstelle aufgebaut sein kann. Der zweite Empfangszweig dient dem zusätzlichen Nachrichteneingang unabhängig vom gleichzeitig durchgeführten Duplex-Verkehr.

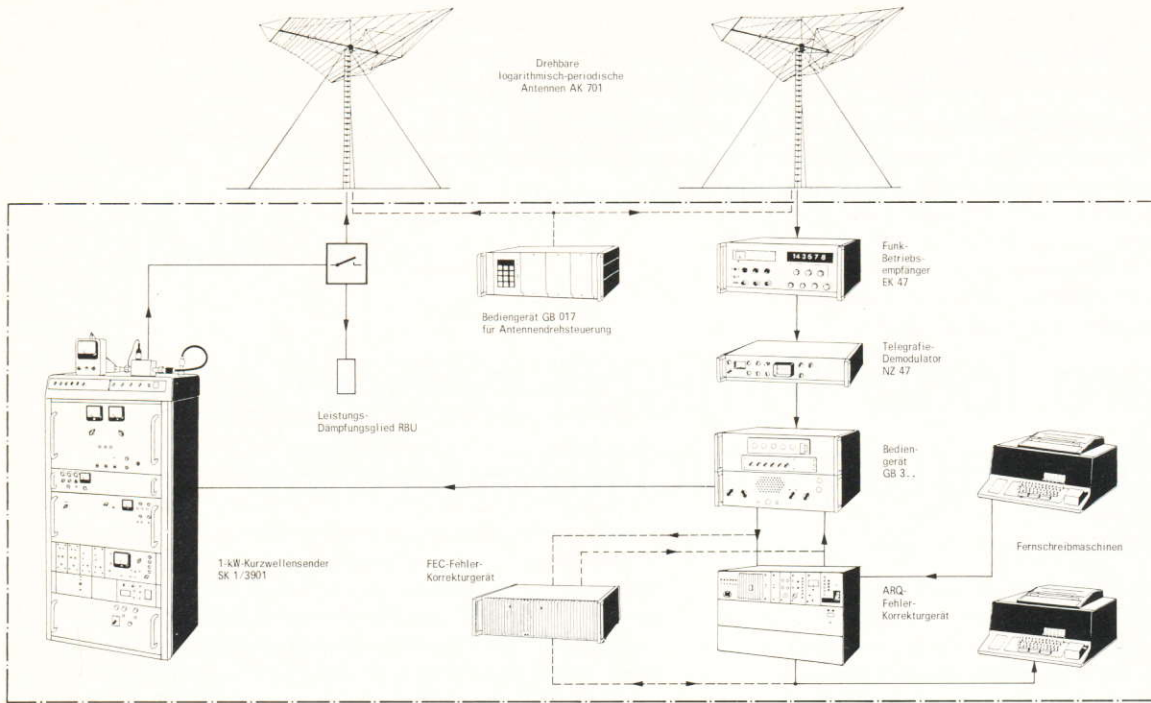


BILD 6
Botschaftsstation für Duplex- und/oder Simplex-Verkehr; Sendeseite: 1-kW-Kurzwellen-Universalsender SK 1/3901 mit Bediengerät GB 3... , HF-Wattmeter und Anpassungszeiger NAN sowie 1000-W-Leistungs-Dämpfungsglied RBU; Empfangsseite: HF-Empfänger EK 47, Telegrafie-Demodulator NZ 47, FEC-Fehler-Korrekturgerät für Simplex-Verbindungen und ARQ-Fehler-Korrekturgerät für Duplex-Verbindungen sowie zwei Fernschreibmaschinen; Antennen: zwei drehbare logarithmisch-periodische Antennen AK 701 mit Bediengerät GB 017.

Technische Ausrüstung der Botschaften

Botschaften befinden sich meist in großen Städten, wo der Aufbau größerer Antennen Schwierigkeiten bereitet und wo mit erheblichen Störungen durch andere Sender gerechnet werden muß. Dies führt zu der Forderung nach leichten Antennen mit guter Richtwirkung. Auch für diesen Einsatzfall eignen sich logarithmisch-periodische Antennen am besten, da durch die starke Bündelung praktisch alle störenden Sender außerhalb der be-

vorzugten Empfangsrichtung ausgeblendet werden. Für solche Gebäude, auf denen logarithmisch-periodische Antennen nicht untergebracht werden können, bieten sich als Alternative Stabantennen oder Mehrkanaldipole an.

Bei Relaisstationen sollte die Entkopplung zwischen Sendee- und Empfangsantenne bei Duplex-Betrieb 40 dB betragen. Bei extrem ungünstigen Verhältnissen muß diese Entkopplung zumindest bei den Frequenzen erreicht werden, die dieser Station zugeordnet sind.

Sende- und Empfangsgeräte in den Botschaften entsprechen denen der Zentrale. BILD 5 zeigt als Beispiel eine relativ einfache Station für geringeres Nachrichtenaufkommen und BILD 6 eine gut ausgerüstete Botschaft, die als Relaisstation dienen kann.

Rolf Tauber

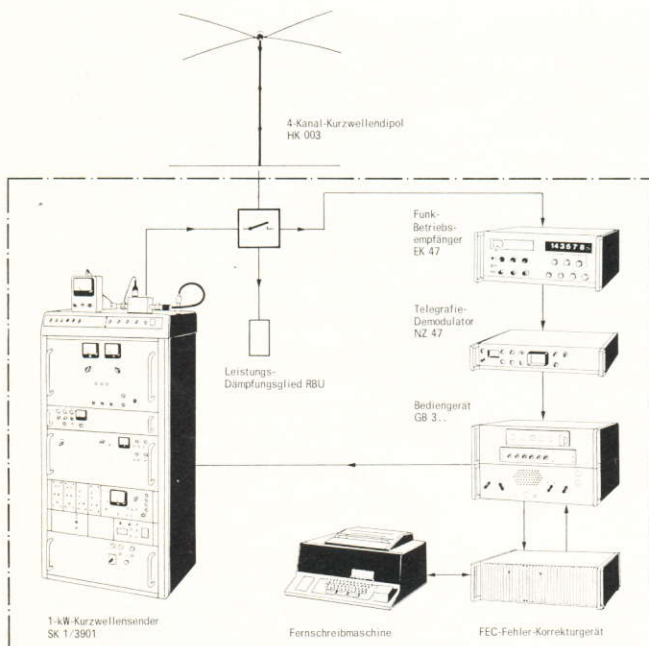


BILD 5 Botschaftsstation für Simplex-Verkehr; Sendeseite: 1-kW-Kurzwellen-Universalsender SK 1/3901 mit Bediengerät GB 3... , HF-Wattmeter und Anpassungszeiger NAN sowie 1000-W-Leistungs-Dämpfungsglied RBU; Empfangsseite: HF-Empfänger EK 47, Telegrafie-Demodulator NZ 47, FEC-Fehler-Korrekturgerät und Fernschreibmaschine; Antenne: HF-Dipol HK 003 mit Anpaßgerät.

KURZWELLENFUNK-GERÄTE

- 1-kW-Kurzwellen-Universalsender SK 1/39...
- Funk-Betriebsempfänger EK 47
- VLF-HF-Empfänger EK 049
- Telegrafie-Demodulator NZ 47
- HF-Trennverstärker NV 14 T
- HF-Wattmeter und Anpassungszeiger NAN
- Datenend-System NT 100
- Fernwirkgeber NG 1000/1
- Fernwirkempfänger NG 1000/2
- Bediengerät GB 017 für Antennendrehsteuerung
- Bediengerät GB 3... für Sendersteuerung
- Leistungs-Dämpfungsglied RBU
- 4-Kanal-Kurzwellendipol HK 003
- Drehbare log.-per. Antennen AK 7... , AK 8...
- Stationäre log.-per. Antennen AK 3, AK 4
- HF-Reusenantenne HA 47
- HF-Empfangsantenne HA 230
- Aktive Empfangsantenne HE 003

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 72/1