

## 4. Kurzwellen-Technik

### 4.1. Allgemeines zur Kurzwellen-Technik

Kurzwellen-Verbindungen im Frequenzbereich 1,5 bis 30 MHz werden verwendet, wenn Entfernungen über 50 km überbrückt werden müssen. Dabei muß man auf manche Vorteile der UKW-Technik verzichten: Kurze Antennen, gute Störfreiheit, gute Übertragungssicherheit. Im Kurzwellen-Bereich liegen die Verhältnisse ungünstiger: Längere Antennen, geringere Störfreiheit, relativ wenige Kanäle infolge großen Wiederholabstandes und verminderte Übertragungssicherheit im Vergleich zum UKW-Bereich.

Kurzwellen haben die Eigenschaft, daß nicht nur, wie bei ultrakurzen Wellen, die Ausbreitung entlang der Erdoberfläche (Bodenwelle) genutzt werden kann, sondern auch ihre Raumausbreitung, die als Raumwelle nach Reflexion an der Ionosphäre zurück an eine Antenne auf der Erdoberfläche gelangt. Auf dieser Eigenschaft beruhen die größeren Reichweiten des Kurzwellen-Bereiches im Vergleich zum UKW-Bereich. Für die hier zu behandelnde Anwendung von Kurzwellen im Dienste der Sicherheitsbehörden kommen im wesentlichen Entfernungen bis zu 1000 km in Betracht.

#### 4.1.1. Raumwellen-Ausbreitung

##### Frequenzen

Man benutzt für Reichweiten bis zu 1000 km die Raumwellenausbreitung mit einmaliger Reflexion (einfacher Sprung) an der Ionosphäre. Im Kurzwellenbereich erfolgen die Reflexionen fast ausschließlich an der F2-Schicht in Höhen zwischen 250 und 400 km. Da die Sonneneinstrahlung veränderlich ist, ändert sich auch die Elektronendichte der Ionosphäre und damit ihre Reflexionseigenschaft. Sie ist daher sowohl zwischen Tag und Nacht als auch beim Wechsel der Jahreszeiten unterschiedlich. Bei großer Elektronendichte werden kürzere Wellen (höhere Frequenzen) reflektiert als bei geringerer Elektronendichte. Wegen hoher Dämpfung durch die D-Schicht müssen tagsüber kürzere Wellen und nachts längere Wellen gesendet werden. Außerdem erklärt dies die Verschiebung der günstigsten Betriebsfrequenzen in Abhängigkeit von den Jahreszeiten (siehe Bild 2/2).

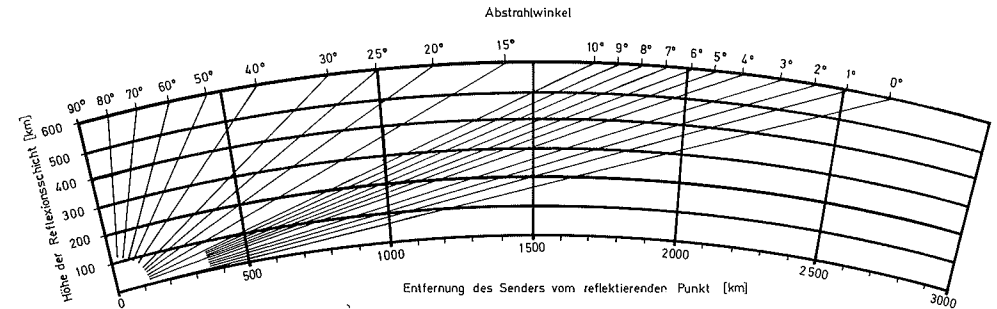
Für die Reichweite von beispielsweise 400 km liegen die günstigsten Frequenzen tagsüber zwischen 5 und 9 MHz und nachts zwischen 2 und 5 MHz. Die entsprechenden Frequenzen für 1000 km Reichweite liegen zwischen 7 und 14 MHz bzw. 3 und 7 MHz.

##### Abstrahlwinkel

Da die Höhe der reflektierenden F2-Schicht je nach der Sonneneinstrahlung zwischen etwa 250 und 400 km schwankt, wird die Reichweite zwischen zwei Punkten einerseits durch den Abstrahlwinkel (Erhebungswinkel aus der Horizontalen) der Sendeanenne und andererseits durch den Einfallswinkel beeinflusst, in dem der reflektierte Strahl bei der Empfangs-Antenne ankommt (Bild 4/1). Diese Winkelwerte liegen bei einer charak-

teristischen Höhe der F2-Schicht von 350 km für 400 km Reichweite bei 60° und für 1000 km Reichweite bei 33°.

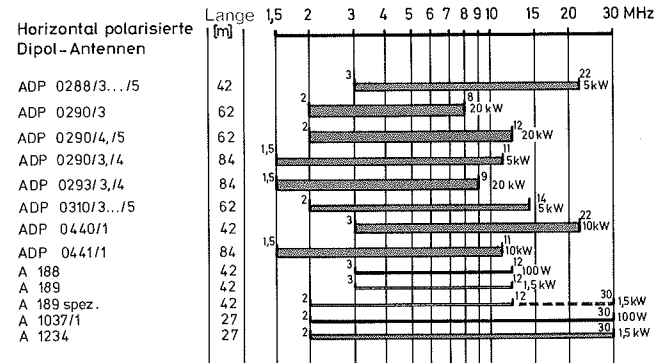
Neben der Frequenzwahl ist die richtige Ausführung der Antenne wesentlich für die Güte einer KW-Verbindung über eine vorgegebene Entfernung. AEG-TELEFUNKEN liefert breitbandige Sende- und Empfangs-Antennen für verschiedene Abstrahlwinkel und Senderleistungen, die für eine jeweils gewünschte Reichweite eine optimale Feldstärke am Empfangsort sicherstellen [16, 17].



#### Antennen für kurze Entfernungen bis etwa 500 km

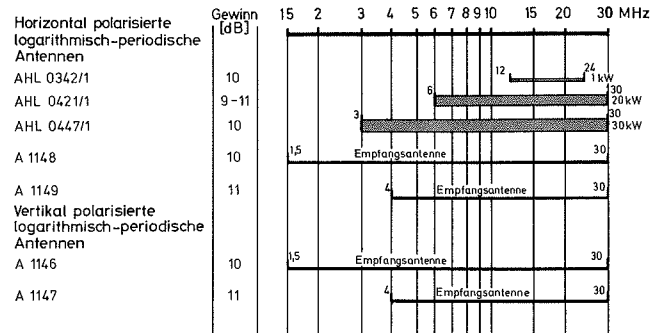
Es wird eine steilstrahlende Antenne (Abstrahlwinkel über 45°) benötigt. Die günstigsten Betriebsfrequenzen liegen zwischen 2 und 7 MHz. Die Antenne ist horizontal polarisiert. Ihr Strahlungsdiagramm hat keine Nullstelle in der Senkrechten in der Senkrechten. AEG-TELEFUNKEN verwendet hierfür breitbandige Dipolantennen, die zwischen Masten aufgehängt werden (Bild 4/2). Dämpfungsglieder in jeder Dipolhälfte ermöglichen eine breitbandige Anpassung der Eingangs-Impedanz an einen Wellenwiderstand von 200 oder 240 Ω. Die Dipolantenne wird an einen Symmetrietransformator angeschlossen, von dem ein 50- bzw. 60-Ω-Koaxialkabel zum Sender führt. Damit wird eine strahlungsfreie Verbindung zwischen Sender und Antenne ermöglicht. Dieser Antennentyp wird für verschiedene Senderleistungen und für verschiedene Frequenzbereiche sowie als Empfangsantenne hergestellt. Die Dipol-Höhe über der Erdoberfläche beträgt für die tiefste Frequenz 0,1 λ.

4/1 Entfernung (in km) des Senders vom reflektierenden Punkt. Sie ist abhängig von der Höhe der Reflexionsschicht und vom Abstrahlwinkel (Erhebungswinkel der Sendeanenne aus der Horizontalen).



4/2 Horizontal polarisierte Dipolantennen

4/3 Horizontal polarisierte logarithmisch-periodische Antennen

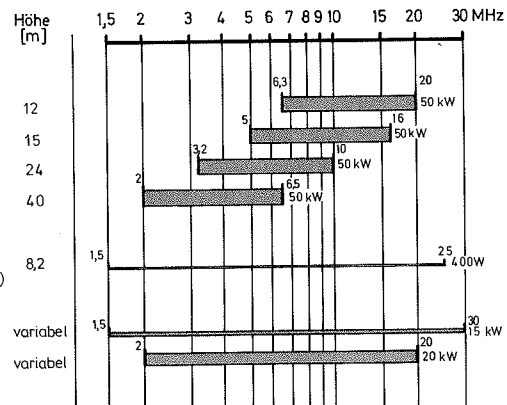
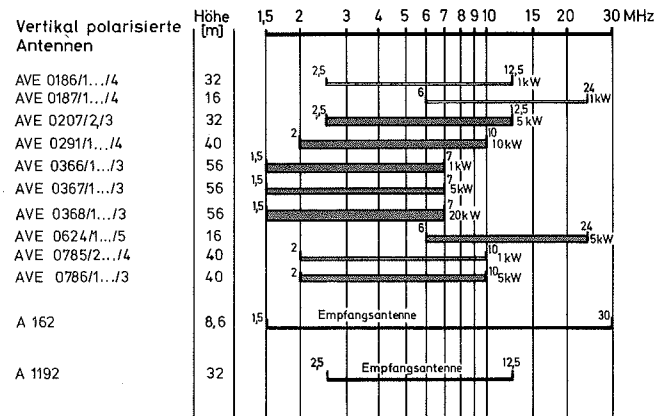


Die von dieser Antenne nach unten abgestrahlte Leistung wird am Boden reflektiert und überlagert sich dem direkten Wellenzug. Der Wegunterschied zwischen dem direkten und dem reflektierten Wellenzug – abhängig von der Wellenlänge, der Antennenhöhe und dem Abstrahlwinkel – bestimmt den Grad der Verstärkung oder Schwächung der abgestrahlten Nutzleistung. Die optimale Leistungsdichte hängt außerdem von der Bodenbeschaffenheit ab. Die unmittelbare Umgebung der Antenne soll möglichst eben sein. Vorhandene Unebenheiten müssen im Vergleich zur Wellenlänge klein sein. Die ebene Fläche in der Nähe der Antenne muß um so größer sein, je flacher der Abstrahlwinkel ist. Bei steilstrahlenden Antennen genügt daher eine verhältnismäßig kleine reflektierende Erdoberfläche.

Für stationären Betrieb bis 1,5 kW wird häufig die Antenne A 189 bzw. für Empfang die A 188 verwendet. Für ortsveränderliche Verwendung eignet sich die Antenne A 1234 für Senden und Empfangen (Bild 4/2).

*Antennen für mittlere Entfernungen zwischen 500 und 1500 km*  
In diesem Fall verwendet man Antennen mit Abstrahlwinkeln zwischen 20° und 50°. Erfahrungsgemäß bewähren sich breitbandige Vertikalantennen. Sie bestehen aus einem senkrecht stehenden Rohrmast, in dessen oberem Teil ein Dämpfungsglied eingefügt ist, das eine breitbandige Anpassung bewirkt. Auch hier wird ein Transformator zur Anpassung an ein 50- bis

4/4 Vertikal polarisierte Antennen

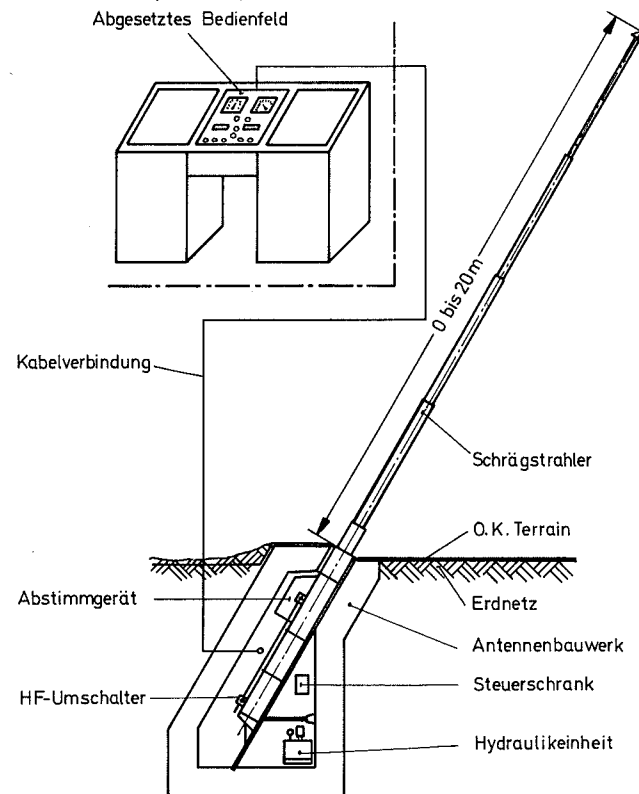


4/5 Reusenantennen, Stab- und Teleskopantennen

75-Ω-Kabel verwendet. Das erwähnte Dämpfungsglied ergibt Vertikaldiagramme, die sich nur geringfügig mit der Frequenz ändern und daher für einen breiten Frequenzbereich keine unerwünschte Aufzipfelung verursachen (Bild 4/4).

Ein weiterer Antennentyp für mittlere Entfernungen ist der ausfahrbare Vertikalstrahler Typ AHV 6833 für 20 kW Senderleistung, der sich auch für den Bunkereinbau eignet und als Notantenne dienen kann, falls oberirdisch aufgebaute Antennen zerstört wurden (Bild 4/5).

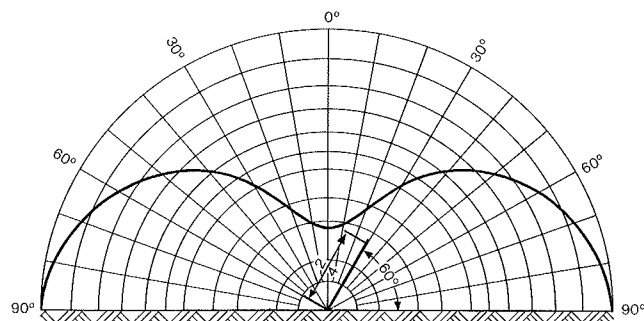
Abgesetztes Bedienfeld



4/6 Schrägstrahler

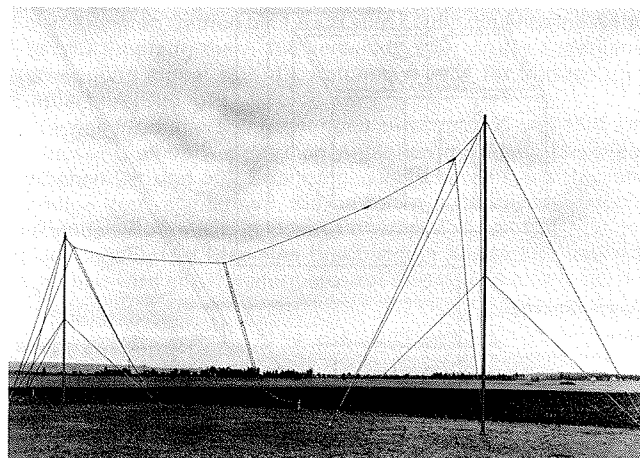
Eine weitere „verbunkerte“ Antenne ist für kurze und mittlere Entfernungen geeignet. Eine derartige Antenne muß unter allen Abstrahlungswinkeln über 20° in ausreichendem Maße Leistung abstrahlen können. AEG-TELEFUNKEN liefert eine entsprechende Antenne mit der Typenbezeichnung AHV 6830 in Form eines am Fußpunkt gespeisten Schrägstrahlers für 1,5 kW Senderleistung mit einem horizontalen Kreisdiagramm. Die Bilder 4/6 und 4/7 zeigen den Aufbau und das Vertikaldiagramm dieses Schrägstrahlers.

4/7 Vertikaldiagramm eines Schrägstrahlers



Als kombinierte Empfangsantenne für Polarisations-Diversity benötigt die Antenne A 1037/1 wenig Platz. Sie ist stationär oder mobil verwendbar (Bild 4/8).

4/8 Mobile Antenne für Polarisations-Diversity



#### 4.1.2. Bodenwellen-Ausbreitung

Über Land können bei Bodenwellenausbreitung bis zu 100 km überbrückt werden. Vorzugsweise arbeitet man mit Frequenzen im unteren Teil des KW-Bereiches, die etwas oberhalb 1,6 MHz liegen. Bei Nacht wird die Bodenwelle allerdings durch die Raumwellen-Ausbreitung weit entfernter Sender häufig gestört. Man verwendet vertikale Antennen. Mit der Wellenausbreitung entlang der Erdoberfläche ist ein im Erdboden verlaufender Strom verbunden. Diese Leistungsabsorption bewirkt eine verhältnismäßig starke Dämpfung der Bodenwellen. Die Dämpfung

nimmt mit steigender Frequenz zu und wird um so größer, je geringer die Leitfähigkeit des Erdbodens ist. Aus diesem Grund werden zweckmäßig möglichst niedrige Frequenzen benutzt. Für den Bodenwellen-Betrieb sind die bereits erwähnten Vertikal-Antennen mit Dämpfungsglied, insbesondere die Ausführung für 1,5 bis 7 MHz mit einer Höhe von 56 m, besonders geeignet. Ebenso gut bewähren sich erfahrungsgemäß der ausfahrbare Schrägstrahler AHV 6830 und der ausfahrbare Vertikalstrahler AHV 6833.

Für den Empfang der Bodenwellen sind die vertikalen Rundempfangsantennen A 162 für den Bereich von 1,6 bis 30 MHz und A 1192 für den Bereich 2,5 bis 12,5 MHz einzusetzen. Die Antenne A 1192 hat gegenüber der A 162 eine größere Nutzhöhe.

#### 4.1.3. Funkübertragungsverfahren

Der Funkweg ist den Änderungen der Ionosphäre unterworfen. Seine schwankenden Übertragungseigenschaften sind nicht genau erfaßbar. Man ist daher bemüht, geeignete Übertragungsverfahren zu finden, die eine störende Beeinflussung der Nachrichtenübertragung ausschließen oder zumindest verringern. Die empfangsseitigen Pegelschwankungen bestehen aus [18]

1. langsamen Empfangspegelschwankungen, die über mehrere Stunden verlaufen, zwischen 40 und 100 dB betragen und große Frequenzbereiche betreffen,
2. schnellen Empfangspegelschwankungen, die innerhalb von Sekunden und Millisekunden verlaufen.

Zwischen diesen Grenzwerten sind außerdem viele Übergangsformen zu verzeichnen.

Die veränderliche Sonneneinstrahlung und die damit zusammenhängende Änderung der Elektronendichte verursacht die langsam verlaufenden Änderungen der Empfangsfeldstärke. Die schnell verlaufenden Pegelschwankungen, die man als *Selektivschwund* bezeichnet, sind auf einen *Mehrwege-Empfang* zurückzuführen. Er entsteht durch das sehr kurzfristig hintereinander erfolgende Einfallen mehrerer Wellenzüge mit verschiedenen Weglängen an der Empfangsantenne. Dieser Fall kann beispielsweise bei größeren Entfernungen dann eintreten, wenn ein Wellenzug mit einem einfachen Sprung, d. h. einer einmaligen Reflexion, zur Empfangsantenne gelangt, während ein anderer oder mehrere mehrfach zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche hin und her wandern, bevor sie zur Empfangsantenne gelangen. Wegen der verschiedenen Weglängen und damit Laufzeiten, entstehen an der Empfangsantenne zwei oder mehr phasenverschobene Spannungen, die sich in schnellem Wechsel entsprechend ihrer Phasenlage entweder addieren oder teilweise bzw. ganz aufheben. Infolge der stets vorhandenen Schwankungen in der Ionosphäre ändern sich auch die Frequenzen, für die jeweils eine günstige oder ungünstige Reflexion zu erwarten ist. Sie laufen gewissermaßen über das gesamte Frequenzspektrum des KW-Bereiches.

Pegelschwankungen kann man empfangsseitig bis zu einem gewissen Grad ausregeln. Es ist jedoch leicht einzusehen, daß man die langsam verlaufenden und intensiveren Pegelschwankungen dann nicht mehr ausgleichen kann, wenn das Signal im Störgeräusch verschwindet. Die schnellen Pegelschwankungen kann man durch verschiedene Maßnahmen, z. B. durch be-

stimmte Modulationsarten oder Diversity-Empfang, mehr oder weniger kompensieren.

#### Betriebsarten im Kurzwellenbereich

Bild 4/9 zeigt in Tabellenform eine Beschreibung der wichtigsten Betriebsarten im KW-Bereich.

Die Sicherheitsbehörden beschränken sich in der Hauptsache auf die Sprachübertragung und auf die Übermittlung von Fernschreiben.

Quelle V [Bd] NF [Hz] $\Delta F$ [Hz] m [%]	A1	F1	F4	F6	A3	A3A	A7A, A7J	A3J	A3B
	Morse 20	FSM 50	Wetterkarte 1800	2xFSM 50	Rdf. 50-6000	Rdf. 200-6000	WTK 340 6x200 300-3000 6x170	Sprechfunk 300-3000	Telephonie 2x6000
Liniendiagr. A (t)									
Spektraldiagr. A (f)									
Bandbreite BB <sub>Min</sub> [Hz]	100	500	3100	1750	12000	6000	2700/300	2700	12000
Bandbreite BB <sub>E724</sub> [KHz] SB <sub>1091</sub>	±0,1	±0,25	±1,5	±0,75	±6	OSB/USB6	OSB/USB 3	OSB/USB 3	OSB/USB 6
S/R <sub>Min</sub> [dB]	6-8	7-9	14-18	10-12	26	26	17/12	10	16
Ant. EMK [µV] F=10 KTo	0,1	0,2	1,1	0,4	7,5	5	1,1/0,2	0,5	2
m. Außenrauschen Ant. EMK [µV] Fd=40 KTo	0,2	0,4	2,2	0,8	15	10	2,2/0,4	1	4
F=40 KTo m. Diversity Ant. EMK [µV] b. selekt. Schwund o. Diversity	-	0,5	-	1	-	10	5/1	1	4
zul. Frequenzfehler $\delta f$ Max. [Hz]	<±50	<±20	<±10	<±20	<±600	<±3	<±3	<±50	<±3
Gerät, Demod.	E724 E863	TG 455 AD 455	E724 TG455 E863	TG 455 TW AD 455	E 724 E 863	SB 1091	SB 1091 E724/863	E 724 E 863	SB/SZ 1091 SB/SZ 1091/9

4/9 KW-Betriebsarten

Für die Sprachübertragung war bisher das klassische *Zweiseitenband-Verfahren* (A3) üblich, wie es heute noch auf den Rundfunkbändern (außer im UKW-Band) angewendet wird. Dieses Zweiseitenband-Verfahren hat besonders im KW-Bereich den großen Nachteil, daß bei selektivem Trägerschwund erhebliche Verzerrungen bei der Demodulation auftreten können. Aus diesem Grund (neben einigen anderen) bevorzugt man seit mehreren Jahren für die Sprachübertragung im KW-Bereich das *Einseitenband-Verfahren* mit unterdrücktem Träger.

Bei diesem Verfahren wird sendeseitig die Trägerfrequenz entweder ganz unterdrückt (A3J) oder reduziert und als sogenannter *Restträger* (A3A) ausgestrahlt (es gibt verschiedene Verfahren, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll). Von den beiden Seitenbändern wird nur eines abgestrahlt und das andere unterdrückt. Im Empfänger muß man den fehlenden Träger wieder hinzufügen, um demodulieren zu können. Er wird im Empfänger erzeugt und ist daher jeder störenden Beeinflussung durch Selektivschwund von außen entzogen. Der Empfänger braucht nur noch die bei der Übertragung des Seitenbandes entstandenen Pegelschwankungen zu verarbeiten.

Bei voller Trägerunterdrückung (A3J) muß die Frequenzüberein-

stimmung der Trägeroszillatoren von Sender und Empfänger so gut sein, daß ihre Differenz auch bei der höchsten Sende- bzw. Empfangsfrequenz der Geräte unter 50 Hz bleibt. Diese Technik wird heute sicher beherrscht.

Die *Fernschreib-Übermittlung* [19] hat die früher übliche Übertragung von Morsezeichen durch Trägertastung (A1) fast völlig verdrängt. Morsezeichen werden nur noch im Seefunkverkehr und bei Notbetrieb verwendet.

Jedes Fernschreib-Zeichen wird bekanntlich durch eine Kombination von 5 Zeichen- bzw. Trennschritten dargestellt, mit zusätzlich je einem Start- und Stoppschritt.

Die Fernschreib-Tastung eines Senders wird durch das Umtasten der Sendefrequenzen erreicht (Frequenzumtastung F1). Den Abstand dieser beiden Frequenzen (Linienabstand) von der gedachten Mittenfrequenz bezeichnet man als Hub. Der optimale Hub hängt von der Telegrafiergeschwindigkeit ab. Er liegt bei Fernschreibbetrieb bei einem Modulationsindex von 1, d. h., der Frequenzhub in Hertz entspricht der Telegrafiergeschwindigkeit in Baud. Der Frequenzunterschied zwischen Sender und Empfänger muß dabei unter 10 % des Hubs bleiben.

Ein großer Vorteil des Fernschreibbetriebes ist sein geringer Bedarf an NF-Bandbreite im Vergleich zur Sprachübertragung. Man kann daher auf einer Betriebsfrequenz mehrere Telegrafiekanaäle gleichzeitig betreiben. Die nur begrenzt verfügbaren Sendefrequenzen im KW-Bereich können dadurch zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Funklinien besser genutzt werden.

Bei diesen *Mehrfachsystemen* wird

- entweder der HF-Träger selbst mehrfach umgetastet (F6), hierzu Bild 4/9 oder es werden
- ein oder mehrere niederfrequente Zwischenträger (WT-Kanäle) gebildet, die über einen Sprachkanal übertragen werden (A7A u. A7J).

Die mögliche Anzahl niederfrequenter Zwischenträger richtet sich nach der erforderlichen Schrittgeschwindigkeit sowie der möglichen Sendeleistung. Es gibt Systeme mit 2, 4, 6, 16 und 18 Zwischenträgern.

Beim 16fach-Frequenz-Multiplex werden beispielsweise im NF-Band 16 Töne von 425 bis 2975 Hz mit einem Abstand von jeweils 170 Hz mit einem Hub von  $\pm 42,5$  Hz umgetastet.

Zur Verminderung der Fehler bei Selektivschwund kann auf zwei verschiedenen WT-Kanälen der gleiche Nachrichteninhalt gesendet werden (Frequenz-Diversity).

Es erscheint verständlich, daß bei Mehrfach-Ausnutzung eines HF-Trägers sich die Sendeleistung auf die Multiplex-Kanäle aufteilt. Generell steht bei  $n$  Frequenz-Multiplex-Kanälen nur  $1/n^2$  der Senderleistung je Kanal zur Verfügung. Bei mehr als 4 Kanälen kann man davon ausgehen, daß die Spitzenamplitude der Multiplex-Kanäle nicht bei allen Kanälen gleichzeitig auftritt. Die Senderleistung kann daher etwa mit  $1/(4n)$  pro Kanal aufgeteilt werden.

Für die Übertragung verschlüsselter oder nur aus Zifferngruppen bestehender Fernschreiben muß eine höchstmögliche Sicherheit gegen Übertragungsfehler gefordert werden, weil man die Zeichenfehler im geschriebenen Text auf der Empfangsseite nicht erkennen kann.

Darum wurden Fernschreib-Systeme mit *automatischer Fehlerkorrektur* entwickelt. Anstelle des normalen 5er-Codes mit 5 Stromschritten wird ein 7er-Code mit 7 Stromschritten verwendet. Der 7er-Code bietet  $2^7 = 128$  Kombinationen, von denen 35 aus 4 Zeichen- und 3 Trennschritten bestehen. Nur diese Kombinationen werden mit einem Sinn belegt.

Am Empfangsort wird automatisch geprüft, ob das Verhältnis 4 : 3 richtig übertragen wurde. War das nicht der Fall, so wird vom Sender automatisch eine Wiederholung des Zeichens angefordert (ARQ = automatic request). Bei diesem System werden wegen der erforderlichen automatischen Rückfrage Duplex-Verbindungen verwendet.

Auch bei Simplex-Verbindungen sind Systeme mit Fehlerkorrektur anwendbar, wenn man sich mit einer verringerten Kanalkapazität begnügt. In diesem Fall unterbricht der die Nachricht abgebende Sender nach einer vorher festgelegten Anzahl von Zeichen, z. B. 3, kurzfristig und wartet die Quittung der Gegenstelle ab, bevor er weitersendet bzw. die letzten fehlerhaft empfangenen Zeichen wiederholt.

#### 4.1.4. Diversity-Verfahren

Neben der Anwendung bestimmter Modulationsverfahren und fehlergesicherter Codes können KW-Telegrafie-Verbindungen durch Diversity-Empfang erheblich verbessert werden [20]. Man unterscheidet drei verschiedene Arten.

##### 1. Raum-Diversity

Der gewünschte Sender wird über zwei oder mehr gleichartige Antennen empfangen, die im Abstand von mehreren Wellenlängen voneinander entfernt errichtet wurden. Die Empfangsspannungen dieser Antennen werden über ein Diversity-Vorsatzgerät dem Empfänger zugeführt, das eine günstige Empfangsspannung aussucht und automatisch auf den Empfänger schaltet, bis ein Schwellwert unterschritten wird.

##### 2. Frequenz-Diversity

Eine Antenne empfängt die gleiche Nachricht über zwei unterschiedliche Frequenzen. Zum Empfang sind zwei Empfänger erforderlich, deren Ausgangssignale verglichen werden. Wenn es sich allerdings um zwei Kanäle eines Multiplex-Systems handelt, die in einem Seitenband liegen, wird nur ein Empfänger benötigt, dem die WT-Umsetzer nachgeschaltet sind.

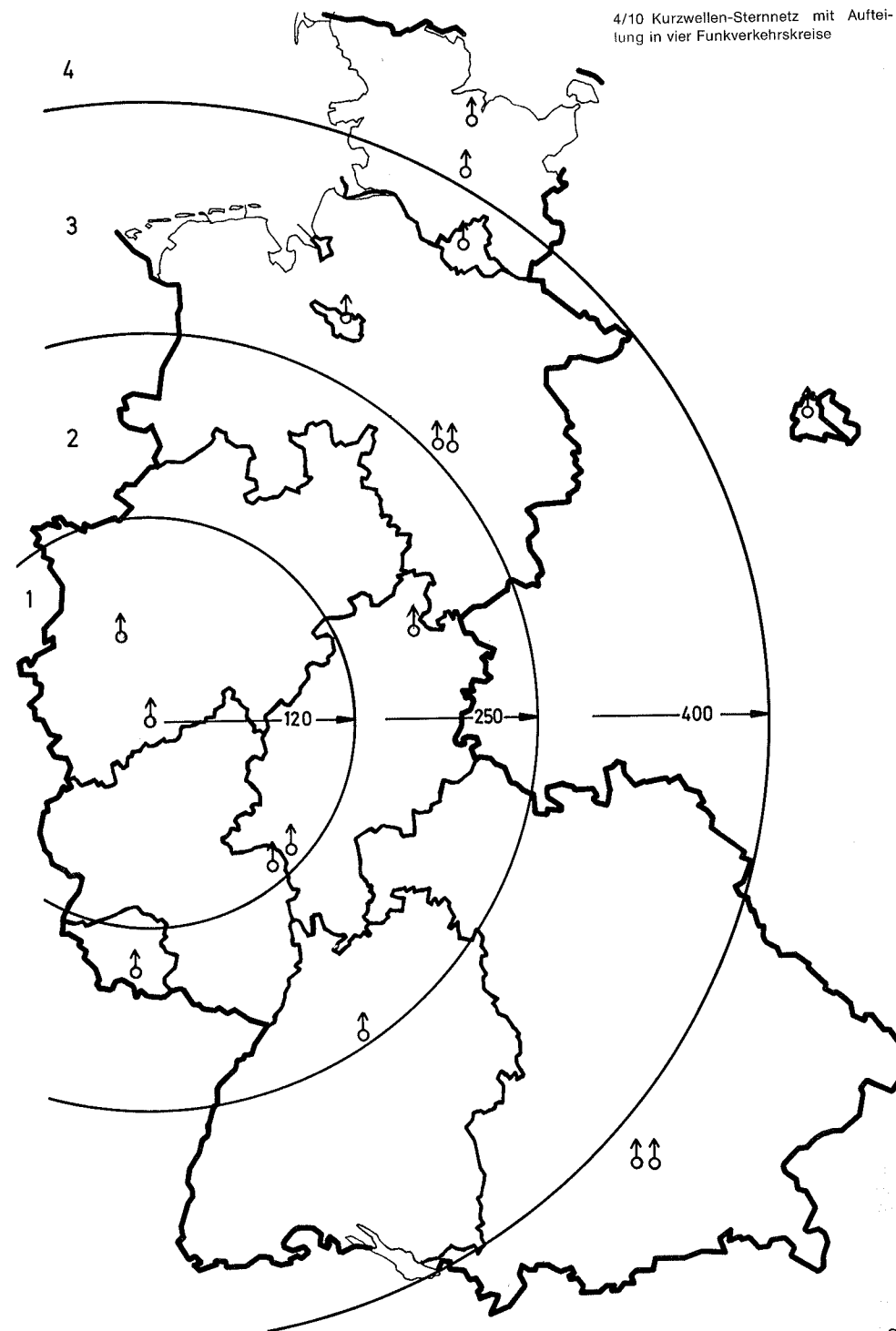
##### 3. Polarisations-Diversity

Es werden verschieden polarisierte Antennen verwendet, beispielsweise ein Horizontal- und ein Vertikal-Dipol, deren Empfangsspannungen in einem Diversity-Vorsatzgerät wie bei Raum-Diversity ausgewertet werden.

Bei Verbindungen mit wechselnden Entfernungen zwischen 100 und 1000 km ist eine Kombination von Raum- und Polarisations-Diversity zu empfehlen, beispielsweise

- für Raum-Diversity zwei vertikale Dipole (A 162) in mindestens 200 m Abstand,
- für Polarisations-Diversity eine dritte Antenne als Horizontal-Dipol (A 188). Die Zusammenschaltung erfolgt über ein gemeinsames Diversity-Vorsatzgerät vor dem Empfänger.

4/10 Kurzwellen-Sternnetz mit Aufteilung in vier Funkverkehrskreise



## 4.2. Kurzwellennetze

Die KW-Netze der Sicherheitsbehörden sind fast ausschließlich dem Fernschreibbetrieb vorbehalten, damit die drahtgebundenen Fernschreibsysteme entlastet und im Notfall durch die KW-Netze ersetzt werden können; Sprach-Übertragungen sind auf Ausnahmefälle beschränkt.

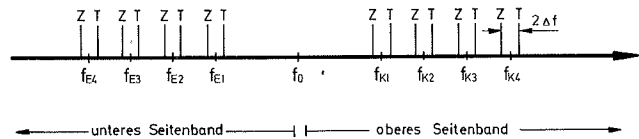
Die Funknetze sind im Prinzip Sternnetze, bei denen im Bedarfsfall auch die Endstellen untereinander Verbindung aufnehmen können. In diesem Fall entsteht ein Maschennetz. Die Endstellen können ihrerseits Sternpunkte weiterer, ihnen zugeordneter Sternnetze sein.

Für den Aufbau eines derartigen Netzes werden zunächst einfache Funklinien für Fernschreibbetrieb im Frequenz-Umtastverfahren (F1) benutzt. Je nach Verkehrsaufkommen steht entweder ein auf jede Funklinie umschaltbarer FS-Gerätesatz zur Verfügung, oder es werden mehrere Linien vollständig ausgerüstet. Außer diesem einfachen und flexiblen Netzaufbau, wie er auch in der UKW-Technik üblich ist, gestattet die KW-Technik die Anwendung eines sehr wirtschaftlichen Konzeptes durch den Einsatz eines WT-Telegrafiesystems im Sternpunkt des Netzes.

Beispielsweise arbeitet ein leistungsstarker Sender gleichzeitig auf 8 WT-Kanälen, die einzeln frequenz(um)gestastet werden (A7J). Damit entstehen auf einem HF-Hauptträger acht F1-modulierte Unterträger, die gegeneinander den WT-Kanalabstand haben.

Empfangsseitig kann jeder einzelne WT-Kanal von einem Empfänger mit entsprechend schmaler Bandbreite herausgesiebt und empfangen werden. Dies könnte beispielsweise an 8 verschiedenen Empfangsorten geschehen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zur Verbesserung der Übertragungssicherheit zwei WT-Kanäle mit dem gleichen Nachrichteninhalte zu belegen, die beide auf der für Frequenz-Diversity-Empfang eingerichteten Außenstelle empfangen werden.

Bei der Netzplanung schlägt man zweckmäßig Kreise in 100 km, 500 km und 1000 km Entfernung um den Standort des Senders im Sternpunkt des Netzes und betrachtet die Lage der zugeordneten Empfangsstellen. Für jeden der genannten Entfernungsbereiche muß je eine Tag- und eine Nacht-Betriebsfrequenz zugewiesen werden. Die Aufteilung der Funk-Fernschreibstellen der Polizei in vier Funkverkehrskreise nach diesem Planungsprinzip zeigt Bild 4/10.



Haben alle Funkstellen des Sternnetzes jeweils ausreichenden Abstand zwischen Sende- und Empfangsstellen, so können die Endstellen möglicherweise sogar im anderen Seitenband des Hauptträgers zum Sternpunkt im F1-Betrieb zurücksenden (Bild 4/11).

Bei der Empfangsstelle im Sternpunkt ergibt sich das Problem, mehrere eng benachbarte F1-Sendungen mit unterschiedlichen und in sich zusätzlich schwankenden Empfangspegeln selektiv

aufzunehmen. Anstelle eines Empfängers mit nachgeschalteter WT wird man in solchen Fällen besser getrennte Empfänger für jede Funklinie verwenden, um Verbesserungen durch Diversity-Empfang ausnutzen zu können.

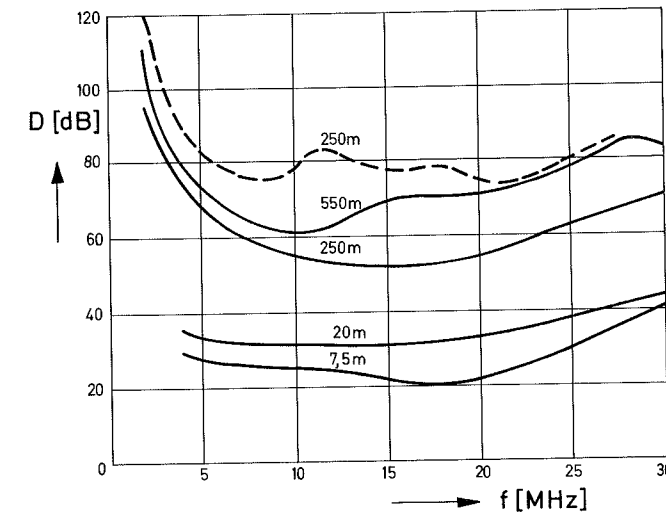
Bei einem Mehrfach-Telegrafiesystem kann ein Gegenschreibbetrieb auf der gleichen Betriebsfrequenz nur dann erfolgen, wenn für die Gegenrichtung das zweite Seitenband verwendet werden kann. Andernfalls ist eine zusätzliche Betriebsfrequenz erforderlich. Unter diesen Voraussetzungen können Duplex-Fernschreiblinien betrieben werden, wie sie für den normalen Gegenschreibbetrieb oder für das ARQ-Verfahren benötigt werden.

## 4.3. Kurzwellen-Stationen

### 4.3.1. Antennen-Aufbau

Im Kurzwellenbereich können, anders als im UKW-Bereich, gemeinsame Sende- und Empfangs-Antennen nur bei Wechselsprech- bzw. Wechselschreib-Betrieb benutzt werden.

Wegen der Kopplung zwischen einer Sende- und einer Empfangsantenne der gleichen Funkstelle sollen Kurzwellenantennen grundsätzlich getrennt aufgebaut werden. Dies gilt besonders dann, wenn bei einer Funkstelle mehrere Sende-/Empfangs-Anlagen betrieben werden. Es müssen bestimmte Antennenabstände eingehalten werden, die die Größe des für die Antennenaufstellung benötigten Geländes und die Länge der HF-Antennenkabel bestimmen [8].



4/12 Kopplungsdämpfungen zwischen Antennen bei verschiedenen Abständen. Durchgezogene Linien: Kopplungsdämpfung zwischen zwei Antennen A 162 (vertikal polarisiert), gestrichelte Linien: Kopplungsdämpfung zwischen den Antennen A 162 und A 1037 (horizontal polarisiert) sowie näherungsweise zwischen zwei A 1037 auf gemeinsamer Achse

Die Empfangsstörungen bei gleichzeitigem Betrieb von Sendern und Empfängern sind abhängig vom Frequenzabstand, der an den Empfängern zulässigen HF-Störspannung und der Entkopplungsdämpfung zwischen Sende- und Empfangsantennen. Der Frequenzabstand und die zulässige HF-Störspannung sind meist vorgegeben. Die Entkopplungsdämpfungen sind von den Antennenausführungen und ihren Abständen untereinander abhängig. Bild 4/12 zeigt hierzu einige Meßwerte.

4/11 Bei ausreichendem Abstand zwischen Sende- und Empfangsstellen können die Endstellen eines Sternnetzes im F1-Betrieb zurücksenden

$f_0$  Trägerfrequenz (unterdrückt)  
 $f_K$  WT-Frequenz, Aussendung von Leitstelle  
 $\Delta f$  Frequenzhub  
 Z Frequenz entsprechend Zeichenschritt  
 T Frequenz entsprechend Trennschritt  
 $f_E$  Empfangsfrequenz in der Leitstelle, Sendefrequenz der Außenstelle

Eine für viele Zwecke ausreichende Entkopplungsdämpfung wird bereits erzielt, wenn man zwei Horizontaldipole A 1037 im Abstand von 250 m anordnet. Bei Senderleistungen über 1 kW ist jedoch zu empfehlen, getrennte Sende- und Empfangsanlagen im Mindestabstand von 5 km, besser noch 15 km, vorzusehen. Der Empfänger E 863 ist besonders spannungsfest. Bei einem Frequenzabstand von 10 % kann die Empfangsantenne bereits in 50 m Abstand von der Antenne eines 1-kW-Senders aufgebaut werden.

Empfangsstellen sollen möglichst nicht in Gebieten mit hohem Störpegel, wie er durch Elektrogeräte aller Art erzeugt wird, eingerichtet werden. Industriegebiete und Städte sollten daher gemieden werden. Vor Festlegung der Baustelle sollte man sich durch Empfangsversuche vergewissern, ob das Gelände einen ausreichend niedrigen Außenrausch-Pegel aufweist. Der Unterschied zwischen elektronisch *ruhigem* und *unruhigem* Gelände macht sich hauptsächlich auf Frequenzen unter 10 MHz, besonders deutlich zwischen 2 und 3 MHz, bemerkbar. In ruhigem Gelände wird am Tage das in der Literatur oft erwähnte Minimum bei 10 bis 40  $kT_0$  beobachtet. In unruhigem Gelände dagegen kann das Außenrauschen leicht bis zu einigen hundert  $kT_0$  ansteigen.

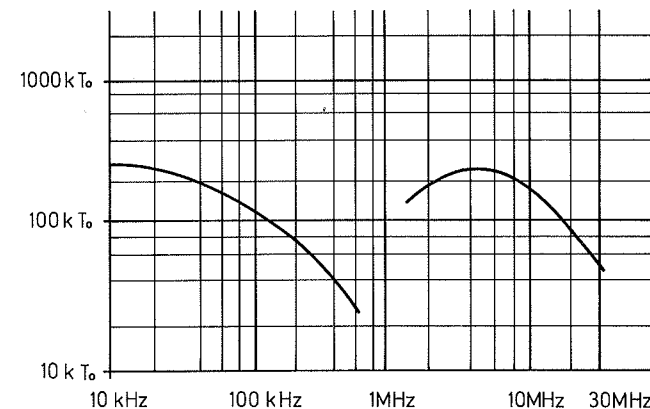
Dem Idealzustand nähern sich Empfangsstellen mit großem Antennengelände in dünn besiedelten und damit störarmen Gebieten.

Allerdings bestehen auch Nachteile organisatorischer Art. Man benötigt Verkehrsverbindungen bzw. Dienstwohnungen für das Personal.

Derartige Schwierigkeiten führen gelegentlich zu der Entscheidung, unter Verzicht auf eine optimale Empfangstechnik eine Funkempfangsstelle innerhalb eines Stadtgebietes einzurichten.

Falls dies unumgänglich ist, müssen zumindest folgende Gesichtspunkte beachtet werden.

1. Der von zahlreichen Geräten (Fernsprech-Zentrale, Fernschreiber, Klimaanlage, Aufzüge usw.) erzeugte Störpegel muß durch sorgfältige Entstörung ausreichend klein gehalten werden, wobei vor allem auf gute Erdungsverhältnisse zu achten ist, damit keine Störspannungen in den Feldbereich der Antennen eindringen.



4/13 Außenrauschleistung einer Allwellen-Rundempfangsantenne A 162. Die Werte sind aus vielen Messungen an Antennen an Aufstellungsorten in *ruhigem* und *unruhigem* Gelände gemittelt.

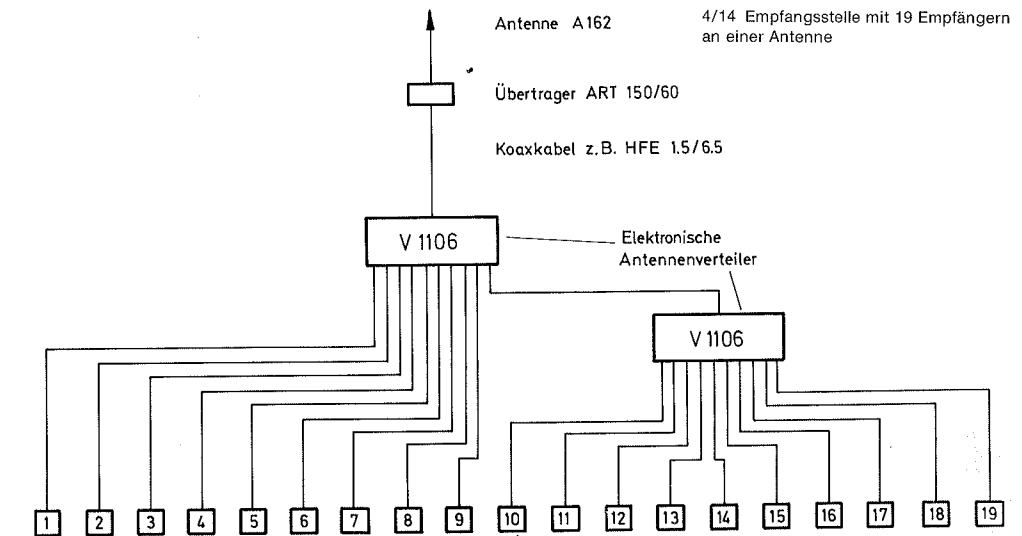
Selbst in völlig störfreiem Gelände ist bei Frequenzen unter 30 MHz ein von der Antenne aufgenommener Rauschpegel feststellbar, der die Empfindlichkeitsgrenze der Empfänger bestimmt. Diese Feldstärke des Außenrauschens rührt von Entladungen in der Atmosphäre her. Über längere Zeit gemittelt, ist sie verhältnismäßig konstant. Sie liefert am Antennenausgang eine Außengeräuschleistung, die im gleicher Weise wie das Eigenrauschen des Empfängers in Vielfachen von  $kT_0$  angegeben wird (Bild 4/13).

Bei Funkverkehr über große Entfernungen sind flache Abstrahl- bzw. Einfallswinkel für die Antennen erforderlich, so daß einigermaßen ebenes und möglichst unbebautes Gelände erwünscht ist. Die Abstrahl- bzw. Einfallrichtungen müssen bis zu einer Höhe von  $10^\circ$  über dem Horizont frei von größeren Hindernissen sein. Rundempfangsantennen und kleine Richtantennen können auch auf Dächern errichtet werden. Vorzugsweise wählt man hierzu flache Dächer mit Blechhaut, die als Erdoberfläche für die Antenne dient.

Sende- und Empfangsantennen werden bei den hier in Betracht kommenden Anlagen vorwiegend über konzentrische HF-Kabel an die entsprechenden Geräte angeschlossen. Beim Anschluß von Sendeantennen erreicht man eine Verringerung des Leistungsverlustes im HF-Kabel durch einen entsprechenden Querschnitt und eine möglichst kurze Kabellänge. Für Empfangs-HF-Kabel kann zwischen Antenne und Empfangsstelle bis zu 30 MHz eine Kabeldämpfung von 2 bis 3 dB zugelassen werden. Die Dämpfung größerer Kabellängen kann durch einen Antennenverstärker am Antennenausgang ausgeglichen werden.

Antennen erfordern stets einen sowohl konstruktiven als auch räumlichen Aufwand. Bei Empfangsstellen mit mehr als einem Empfänger speist man daher möglichst viele Empfänger aus einer Antenne. Zur gegenseitigen Entkopplung der Empfänger benutzt man Antennenverteiler.

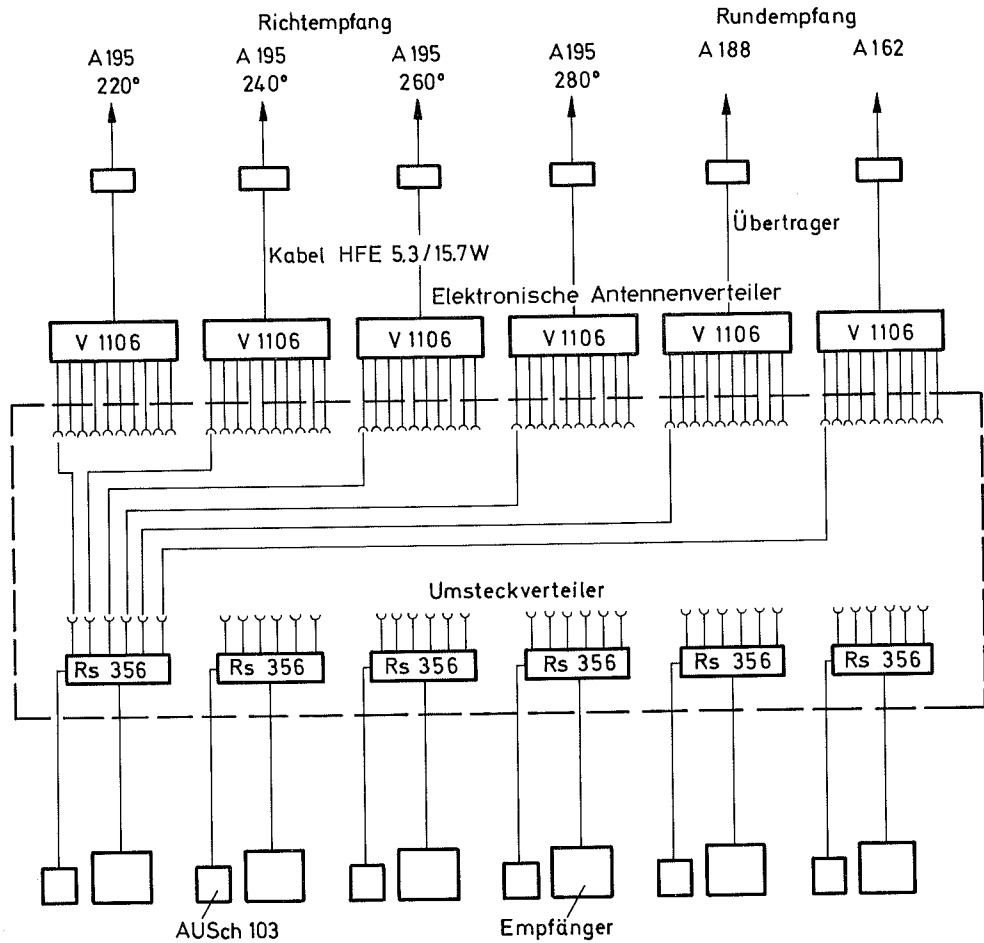
Ein *Antennenverteiler* ist ein breitbandiger, linearer Verstärker, der die Verluste der darin enthaltenen Entkopplungs-Netzwerke



4/14 Empfangsstelle mit 19 Empfängern an einer Antenne



ausgleicht. Seine Gesamtverstärkung nach außen ist daher ungefähr gleich Eins. An einen Antennenverteiler können bis zu 10 Empfänger angeschlossen werden. Bei einer Vielzahl von Empfängern können weitere Antennenverteiler in Kaskade geschaltet werden (Bild 4/14).



4/15 Empfangsstelle mit 6 Empfängern, die fernbedient vom Arbeitsplatz auf eine von 6 Antennen geschaltet werden können.

Sind mehrere Empfangsantennen vorhanden, so erscheint es zweckmäßig, den oder die Empfänger wahlweise mit einer Antenne verbinden zu können. Hierzu verwendet man Buchsenfelder, auf denen die Antennen- und die Empfängeranschlüsse enden. Die wahlweise Zusammenschaltung mit den Antennenverteilern erfolgt durch flexible HF-Kabel über Steckverbindungen. Diese Steckverbindungen können durch Relaischaltungen ersetzt werden, die von den Empfangsplätzen aus gesteuert werden, falls schnelle Umschaltungen gewünscht werden (Bild 4/15).

#### 4.3.2. Gebäude

Für die Einrichtung von Empfangs- und Sendestellen ist eine Vielzahl von Einzelheiten zu berücksichtigen [21], damit ein

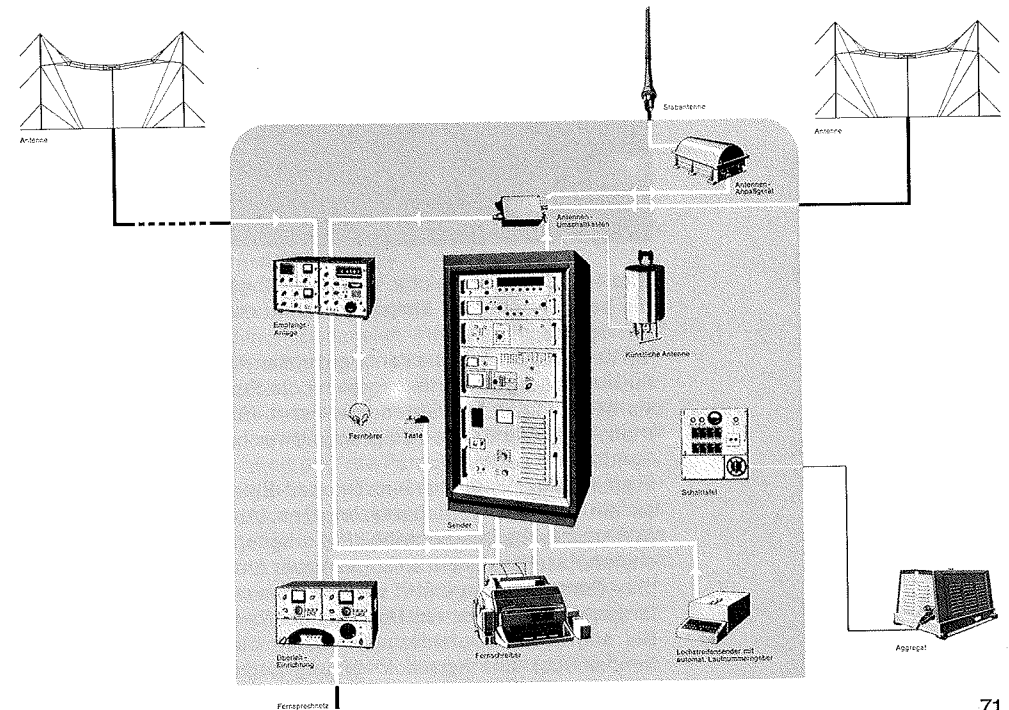
funktionell gut gegliederter und zweckmäßiger Aufbau einen effektiven Arbeitsablauf erlaubt. Häufig werden wegen der Lösung funktentechnischer Probleme die Hilfseinrichtungen vernachlässigt. Wir wollen hier nach Art einer Checkliste einige Einzelheiten aufführen, um sie dem Planer in Erinnerung zu rufen. Je nach Größe der Station und personeller Besetzung sind die aufgeführten Punkte zu berücksichtigen oder gegebenenfalls sogar wegzulassen:

- kurze Antennenleitungen durch geeignete Geräteaufstellung,
- Kabelkanäle am besten im doppelten Fußboden,
- Geräuschfreie Klimaanlage oder Lüfter,
- Trennwände für Arbeitsplätze,
- Schalldämmung,
- Bandpost,
- interne Wechselsprechanlage,
- Notstromversorgung und Kraftstoffbehälter,
- gepufferte Batterie,
- Kabelverteilung (HF, NF, Starkstrom),
- Schalttafel, gegebenenfalls Netzspannungsregler,
- Werkstatt mit Meßgeräten und Ersatzteilen,
- Antennen-Werkzeug, Schlechtwetterkleidung,
- Aufenthaltsräume, Garderobe,
- Kaffeeküche,
- Toiletten,
- Trink- und Abwasser.

#### 4.3.3. Beispiele

Nachstehend werden drei Beispiele aus den vielen Kombinationsmöglichkeiten einer für den Kurzwellenbetrieb bei Sicher-

4/16 Mobile Sende-/Empfangsstation





heitsbehörden typischen Sende-/Empfangs-Anlage erwähnt. Diese Anlage besteht aus dem 1-kW-Kurzwellensender S 2525 und dem unter der Sammelbezeichnung *TRANSRADIO* bekanntgewordenen Empfangssystem. Diese Geräte ermöglichen nach Hinzufügung der entsprechenden Zusätze, wie TF- und WT-Geräte, den Betrieb in allen vorbeschriebenen Betriebsarten.

Bild 4/16 zeigt den schematischen Aufbau einer in sich geschlossenen Sende-/Empfangs-Anlage, die, wie das Beispiel zeigt, auch in einem Shelter-Aufbau untergebracht werden kann und damit zu einer beweglichen Funkstelle für Kurzwellenverkehr wird (Bild 4/17).

4/17 Sende-Empfangsstation (im Shelter)

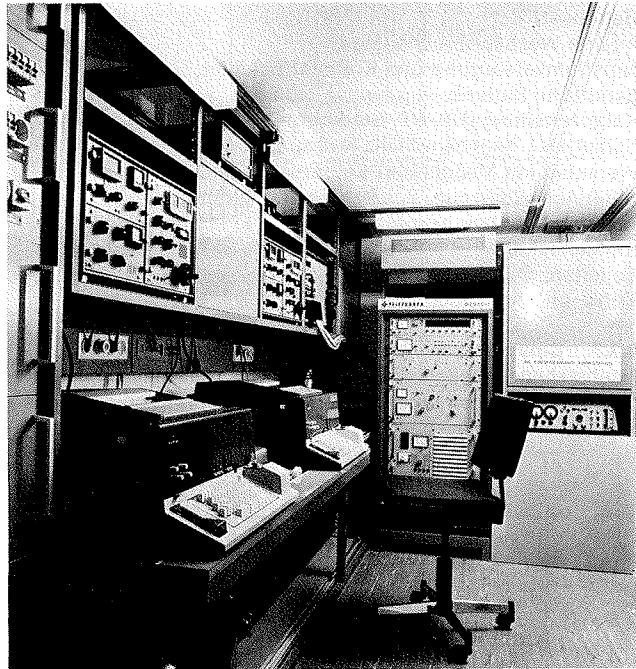
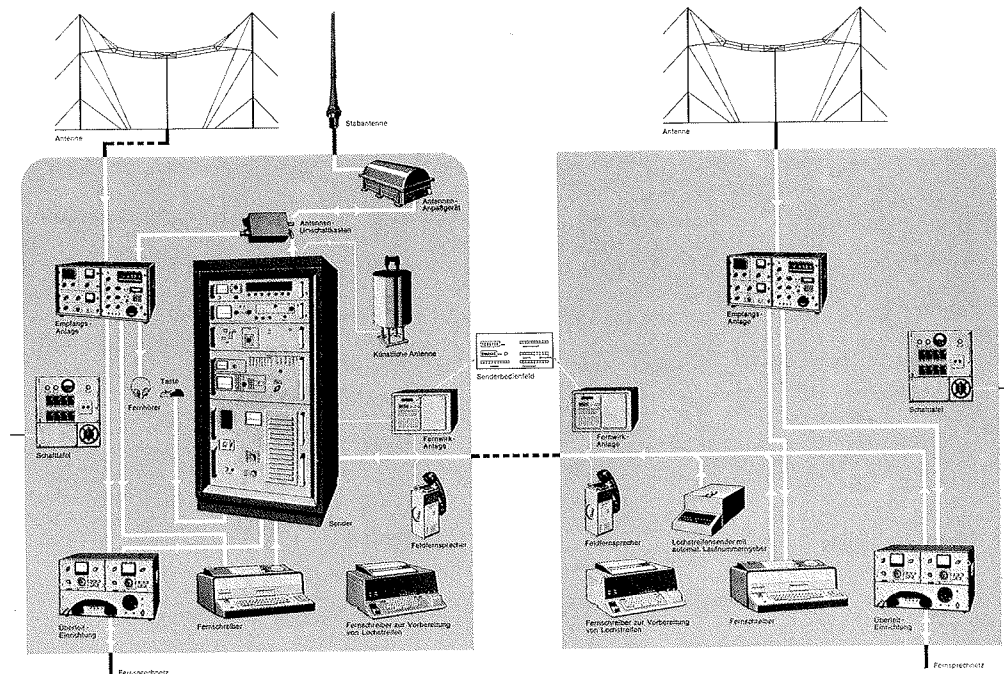


Bild 4/18 zeigt die gleiche Anlage mit abgesetzter Befehlsstelle, die bei beweglichem Einsatz in einem zweiten Shelter-Aufbau untergebracht wird.

Verwendet man anstelle der abgesetzten Antennen eine im Shelter eingebaute Stabantenne, so ist die Funkstelle ohne weitere Vorbereitung, auch während der Fahrt, für Simplex-Betrieb betriebsfähig. Der Sende-/Empfangs-Umschalter wird hierbei vom Sender aus gesteuert.

In allen Fällen kann über eine Überleit-Einrichtung der Anschluß an ein Feld-Fernsprechnetz erfolgen. Außerdem sind Morse-(A1) und Fernschreibbetrieb (F1) möglich. Bei einem entsprechenden Mehraufwand an abgesetzten Antennen kann auch Duplex-Betrieb durchgeführt werden. Ebenso kann auf der Empfangsseite mit Antennen-Diversity gearbeitet werden.

Bei abgesetzter Befehlsstelle werden die Steuerbefehle zum Sender über eine Fernmeldeleitung gegeben. Als Fernsteuer-



Einrichtung wird das TELEFUNKEN-Fernwirkssystem IFS 7 empfohlen.

Die Steuerbefehle an den Sender umfassen:

- Wahl der Betriebsart,
- Frequenzeinstellung über den gesamten Bereich,
- Schaltung der Senderleistung (*Aus; bereit; verringerte Leistung; volle Leistung*).

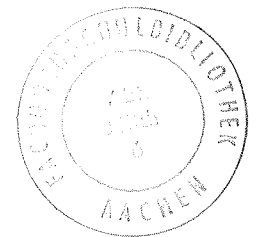
Die Anlage ist autark, d. h., die Sendestelle kann auch den Empfangsbetrieb zumindest behelfsmäßig durchführen. Beide Stellen haben die gleichen Befehls- und Meldefelder.

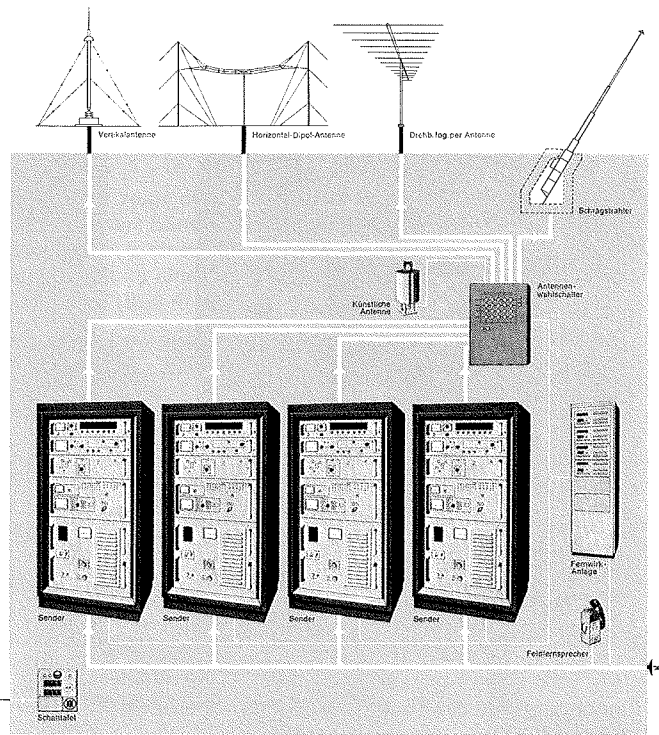
Bild 4/19 zeigt den schematischen Aufbau einer größeren ortsfesten Sende-/Empfangs-Anlage mit vier Sendern und vier davon abgesetzten Empfangsplätzen.

#### 4.4. Zubringerstrecken für abgesetzte Funkstellen

In den vorangegangenen Beispielen müssen KW-Sende- und Empfangsstellen, manchmal auch die Betriebsstellen, örtlich getrennt aufgebaut werden. Im Gegensatz zu abgesetzten UKW-Funkstellen, bei denen man meist mit einer Sprechverbindung auskommt, sind für eine KW-Funkstelle mehrere Verbindungen für den Nachrichtinhalt und die Fernsteuerung erforderlich. Die in Bild 4/19 gezeigte abgesetzte Sendestelle mit vier 1-kW-Kurzwellensendern soll beispielsweise für Fernschreibbetrieb F1 und ein Sender alternativ für die Betriebsart A3A vorgesehen sein. Zur Übertragung der auszustrahlenden NF-Information sind hier vier Fernschreib- und eine Telefon-Leitung erforderlich. Eine weitere Telefon-Leitung sollte als interne Sprechverbindung für Wartungszwecke vorgesehen werden. Die Sendestelle wird mit dem Impuls-Fernwirkssystem IFS 7 fern-

4/18 Sende-/Empfangsstation mit abgesetzter Befehlsstelle



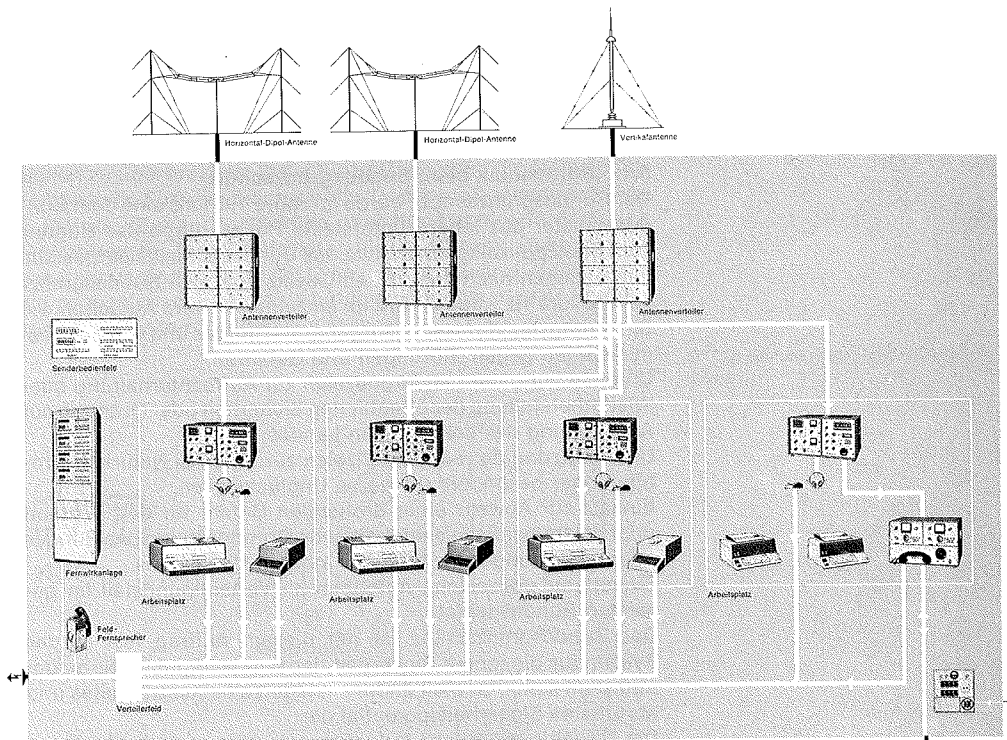


gesteuert und fernüberwacht. Dieses Fernwirkssystem kann linien-, ring- oder sternförmig zwischen maximal 50 Orten aufgebaut werden. Es hat eine hohe Übertragungssicherheit und eine große Befehlskapazität. Die Übertragungsgeschwindigkeit wird in einem weiten Bereich den leitungstechnischen Gegebenheiten angepaßt.

Kommandos, die in Form von Impulstelegrammen an die Endstelle gesendet werden, lösen die befohlenen Schaltfunktionen aus. In der Sendestelle werden selbstverständlich nicht nur die Sender fernbedient, sondern auch die Antennenwählschalter, die drehbare logarithmisch-periodische Antenne, die Stromversorgung und eventuell noch weitere Geräte ferngesteuert. Die ständige Fernüberwachung meldet jede Zustandsänderung einer Sendestelle automatisch zur Zentrale und löst dort eine Anzeige aus.

Für die Übertragung der Fernsteuer- und Überwachungskommandos wird die Übertragungsgeschwindigkeit in dem Beispiel zweckmäßigerweise an die der FS-Kanäle angepaßt. Mit einem Wechselstrom-Telegraphie-System, z. B. TELEFUNKEN WT-FM 240, werden Fernschreiben und Fernsteuerung gemeinsam auf einer Leitung übertragen. Für die Verbindung zur Sendestelle sind in unserem Beispiel somit insgesamt drei Zweidraht-Leitungen erforderlich.

Üblicherweise werden diese Verbindungen über Fernmeldekabel geschaltet. Steht dieses nicht zur Verfügung oder sprechen andere Gründe gegen eine Kabelverbindung, so können auch



Richtfunk- und Trägerfrequenzgeräte benutzt werden (Planungshinweise siehe [9]). Technische Anforderungen und wirtschaftliche Überlegungen sind in die Überlegungen zur Auswahl der besten Verbindungsart einzubeziehen.

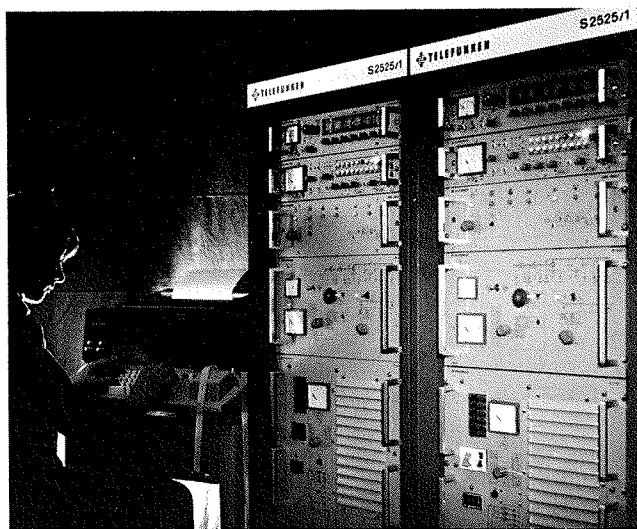
### Nachrichtensender aus dem Lieferprogramm

Typ	Leistung	Frequenzbereich
SV 1302	50 kW	LW 40 bis 150 kHz
S 2390	400 W	KW 1,6 bis 25 MHz
S 2525	1 kW	KW 1,5 bis 30 MHz
SV 2470	30 kW	KW 1,5 bis 30 MHz

Nachrichtensender kleiner Leistung sind für ortsfeste und mobile Funkstellen bestimmt. Mit fest zugeordneten Steuerstufen können Sendungen in allen vorkommenden Sendarten im ganzen Kurzwellen-Bereich ausgestrahlt werden.

Neben der Erfüllung der Bestimmungen der VO-Funk und der Empfehlungen des CCIR, haben TELEFUNKEN-Sender je nach Ausführung viele Eigenschaften, die sie als hochwertige Geräte auszeichnen. Dazu gehören z. B.: Dekadische Frequenzeinstellung, Frequenzanzeige durch Ziffernanzeigeröhren, automatische Abstimmung, Fernbedienung mit elektronischer Frequenzumschaltung und Sendartenwahl, Stummabstimmung und höchste Zuverlässigkeit.

7/21 Fernbedienbarer 1-kW-Einseitenband-Automatiksender mit Stummabstimmung



Reichhaltiges Zubehör, wie Antennen, Antennenanschlußkasten, Antennenumschaltkasten, Sende-/Empfangsschalter, Mikrophone, Kopfhörer, Tasten usw., ist lieferbar.

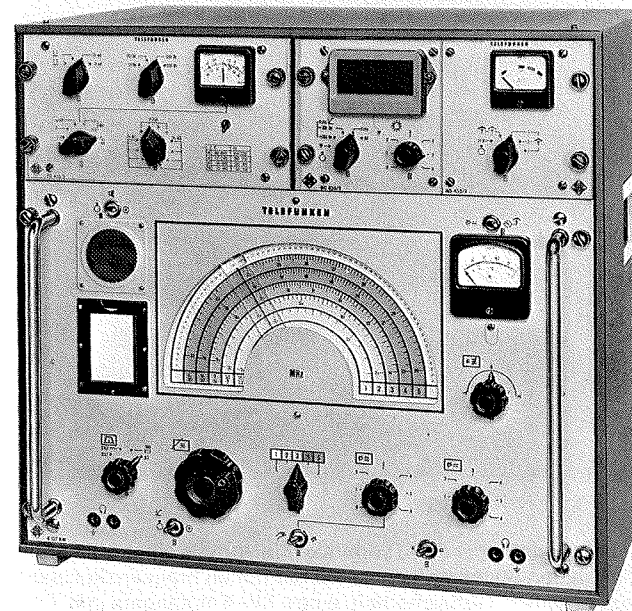
#### 7.2.6. Empfänger

Der *Kurzwellenempfänger E 127 KW* ist ein universelles preisgünstiges Empfangsgerät hoher Empfindlichkeit und Trennschärfe. Er kann sehr vielseitig eingesetzt werden, z. B. als Such- und Überwachungsempfänger, als Betriebsempfänger für Funkstellen bei Behörden, Wetterdienst, Presse, Küstenfunk und Schifffahrt.

### Besondere Merkmale

Frequenzbereich: 1,5 bis 30 MHz  
 unterteilt in fünf Teilbereiche,  
 Betriebsarten: A1, A2, A3; mit Zusatzgeräten A3A, A3B, F1, F4, F6, A4,  
 Empfindlichkeit: < 10 kT<sub>0</sub> (10 dB),  
 Bandbreiten: umschaltbar, bestückt mit zwei Quarzfiltern,  
 Stromversorgung: 110 bis 240 V (WS), 45 bis 60 Hz

7/22 Kurzwellen-Weitverkehrs-Empfangsanlage TRANSRADIO 9



Die *KW-Weitverkehrs-Empfangsanlage TRANSRADIO 9* dient zum Einfach- oder Diversity-Empfang von Telegrafie-, Telefonie-, F1- und F4-Sendungen. Die Anlage erschließt vielseitige Einsatzmöglichkeiten im Funkdienst, z. B. bei Polizei, Wetterdienst und Presse. Durch hohe Empfindlichkeit und Trennschärfe ist die Anlage auch für Übersee-Funkempfangsstellen geeignet.

Auf Wunsch ist ein Quarzoszillator mit 6 beliebigen Frequenzen lieferbar.

Frequenzbereich: 1,5 bis 30 MHz,  
 Betriebsarten: F1, F4, F6, A1, A2, A3

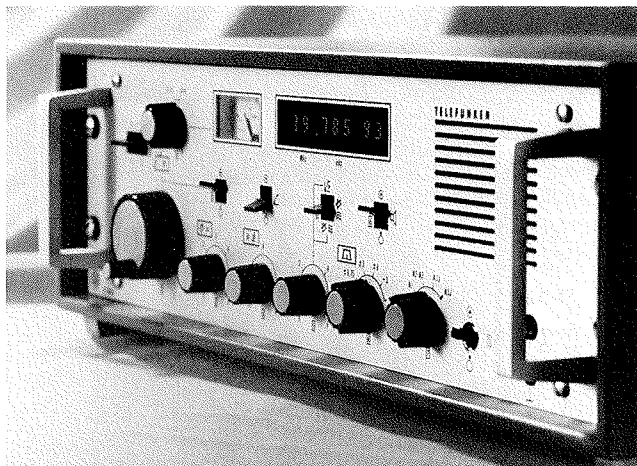
#### Geräteumfang:

Empfänger E 127,  
 Telegrafiegerät TG 455,  
 Sichtgerät SG 455,  
 Antennen-Diversity-Gerät AD 455.

Der *Allwellenempfänger E 1500* ist durch seinen großen Frequenzbereich als Betriebs-, Such- und Überwachungsempfänger für Funkstellen aller Art geeignet.

Besondere Merkmale:  
 Frequenzbereich: 10 kHz bis 30 MHz,  
 Frequenzanzeige: durch eingebauten Frequenzzähler,  
 Oszillator kontinuierlich durchstimmbar, rastbar in 100-Hz-Schritten,  
 Betriebsarten: A1, A2, A3, A3J, mit Zusatzgeräten A4, F1, F4, F6,  
 Bandbreiten: umschaltbar, sehr steile mechanische Filter,  
 Stromversorgung: 110/220 V (WS), 45 bis 480 Hz oder Batterie.

7/23 Allwellenempfänger E 1500



Der KW-Empfänger E 863 verbindet die Vorteile eines frei durchstimmbaren Suchempfängers mit der hohen Frequenzkonstanz und genauen Treffsicherheit eines KW-Empfängers mit Frequenzaufbereitung aus einer Normalfrequenz.

Die Frequenz des Hauptoszillators wird durch einen eingebauten digitalen Frequenzzähler gemessen und nach automatischer Umrechnung auf die Empfangsfrequenz gespeichert und angezeigt. Nach Drücken der Taste „Frequenzrastung“ wird der gespeicherte Frequenzwert benutzt, um den Oszillator mit der Normalfrequenz zu synchronisieren. Die Empfangsfrequenz stimmt danach mit der Frequenzanzeige genau überein.

Besondere Merkmale

Frequenzbereich: 1,5 bis 30 MHz,  
 Betriebsarten: A1, A2, A3, A3J; mit Zusatzgeräten F1, F4, F6, A3A, A3B, A4  
 Bandbreiten: umschaltbar (max. 8),  
 Stromversorgung: 110/220 V (GS), 45 bis 480 Hz oder 24 V (GS) (21,5 bis 31 V (Gs)).

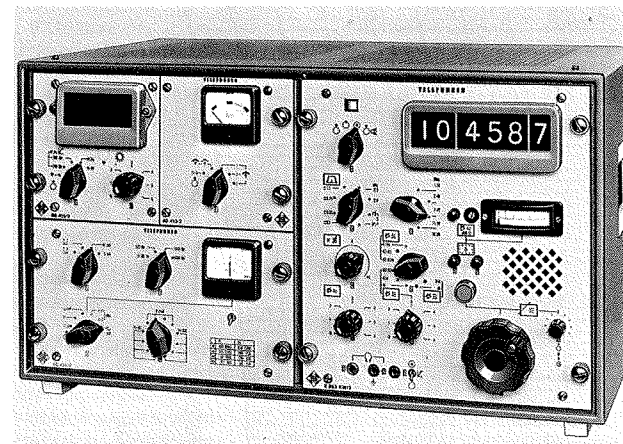
Zuverlässigkeit und leichte Bedienbarkeit einer Empfangsanlage sind von großer Bedeutung für wirtschaftliches und schnelles Arbeiten.

AEG-TELEFUNKEN hat diese Eigenschaften in den Weiterverkehr-Empfangsanlagen TRANSRADIO vereint; die bewährten Kurzwellenempfänger E 724 und E 863 dienen als Grundbausteine.

Diese Anlagen können in Landfahrzeugen, auf Schiffen und in ortsfesten Stationen eingesetzt werden.

Besondere Merkmale:

Frequenzbereich: 1,5 bis 30 MHz  
 Frequenzanzeige: elektronisch, durch Ziffernanzeigeröhren  
 Stromversorgung: 110/220 V(Ws), 45 bis 480 Hz, zentral am Empfänger.



7/24 KW-Weiterverkehr-Empfangsanlage  
 TRANSRADIO 21