

Für die zentralafrikanische Relaisstation Kigali der Deutschen Welle, Köln, lieferte Rohde & Schwarz die ferngesteuerte Empfangsstelle, bestehend aus einem Antennenverteiler, vier Einseitenband-Empfängern und einem Telegrafie-Empfänger mit Antennen-Diversity. Ein Fernsteuersatz ermöglicht die Bedienung und Überwachung der Anlage über eine Entfernung von 15 km.

Die ferngesteuerte Empfangsstelle der Relaisstation Kigali in Zentralafrika

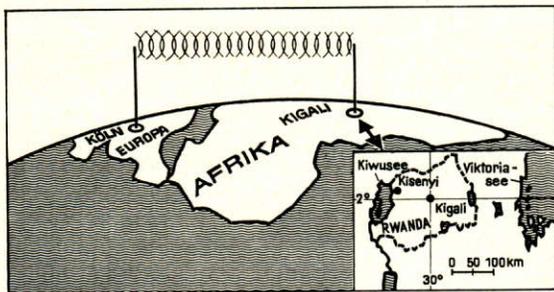


Bild 1 Funkbrücke Köln-Kigali und Lage der Relaisstation in Zentralafrika.

Im Herbst 1965, am dritten Jahrestag seiner Unabhängigkeit, begann der zentralafrikanische Staat Rwanda die rundfunktechnische Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland. Nahe Kigali, der 1500 m über dem Meeresspiegel gelegenen Hauptstadt, nahm die Deutsche Welle eine Relaisstation in Betrieb, die die Sendungen aus Köln empfängt und für die Länder der südlichen Hemisphäre wieder ausstrahlt (Bild 1).

Die Empfangsstelle dieser Relaisstation wurde etwa 11 km – in der Luftlinie gemessen – von der Sendestelle und den Studios entfernt errichtet. Die örtliche Trennung der Empfangsanlage von den übrigen Einrichtungen ist notwendig, damit die sehr hohen Sendeleistungen von rund 250 kW keine Übersteuerung der Trennverstärker und Empfänger verursachen.

Die ganze Empfangsstation arbeitet unbemannt und wird in allen ihren Funktionen über ein etwa 15 km langes Kabel von den Studios aus ferngesteuert

(Bild 2). Durch die zentrale Bedienung ergibt sich eine einfache und übersichtliche Abwicklung des Betriebsablaufes. Bei den für europäische Verhältnisse kaum vorstellbar schlechten Wegeverhältnissen wäre es schwierig gewesen, vor allem während der dreimonatigen Regenzeit, die Empfangsstelle ständig mit Bedienungspersonal zu besetzen.

Die Empfangs- und Fernsteuereinrichtungen wurden im Laufe des Jahres 1965 von Rohde & Schwarz geliefert und im Frühjahr 1966 in Betrieb genommen.

Umfang und Wirkungsweise der Empfangsanlage

Die Empfangsanlage der Relaisstation Kigali umfaßt vier Einseitenband-Empfänger, einen Telegrafie-Empfänger und einen Antennenverteiler. Mit den vier Einseitenband-Empfängern werden die Rundfunkprogramme aus Köln empfangen. Durch eine Seitenbandwahl kann der Empfang gegenüber normalem A3-Empfang noch verbessert werden; vor allem besteht dadurch die Möglichkeit, in einem Seitenband liegende Störsender auszublenden. Der Telegrafie-Empfänger dient dem betriebsinternen Fernschreibverkehr mit der Zentrale der Deutschen Welle in Köln. Für diesen Verkehr ist zusätzlich in der Sendestelle ein 800-W-Sender von Rohde & Schwarz vorgesehen, so daß eine Fernschreibverbindung in beiden Richtungen besteht. Die ersten Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß diese Sendeleistung für eine sichere Verbindung völlig ausreicht. Mit dem Antennenverteiler kann jede der vier Antennen an jeden der fünf Empfänger angeschlossen werden. Eine geplante Erweiterung der Empfangsanlage auf insgesamt zehn Empfänger ist



Bild 2 Unbemannte, ferngesteuerte Empfangsstelle Kigali.
Foto: Verfasser

bereits berücksichtigt, wobei auch dann jede beliebige Kombination zwischen Antennen und Empfängern möglich ist.

Einseitenband-Empfänger

Wie die Blockschaltung (Bild 3) zeigt, besteht jeder der vier Einseitenband-Empfänger einschließlich der für die Fernsteuerung notwendigen Einrichtungen aus je einem der folgenden Geräte:

Kurzwellenempfänger	EK 07
Einseitenband-Demodulator	NZ 10
Fernsteuergeber	NZ 02 A
Fernsteuergeber	NZ 02 D
Fernsteuerempfänger	NZ 02 B
Antriebsteil zum EK 07	NZ 02 C
Antriebsteil zum EK 07	NZ 02 E

Der **Einseitenband-Demodulator NZ 10** erweitert den Kurzwellenempfänger EK 07 zum Einseitenband-Empfänger und ermöglicht die Seitenbandwahl der A3-Sendungen. Die empfangenen Sendungen werden gleichzeitig auf drei verschiedenen Wegen demoduliert:

- durch normale Gleichrichtung, also durch Zweiseitenband-Demodulation
- durch Einseitenband-Demodulation des oberen Seitenbandes
- durch Einseitenband-Demodulation des unteren Seitenbandes

Die drei so gewonnenen NF-Signale laufen getrennt über das Fernsteuerkabel zum Studio; erst hier wird entschieden, welches Signal den Sender modulieren soll.

Alle übrigen Geräte sind für die Fernsteuerung dieser beiden Geräte erforderlich [1; 2]. Zur Fernsteuerung des **Kurzwellenempfängers EK 07** dient der Gerätesatz NZ 02 A, NZ 02 B und NZ 02 C. Davon steht nur der **Fernsteuergeber NZ 02 A** auf der Bedienungsseite. Die Frontplatte dieses Gerätes gleicht der des Kurzwellenempfängers EK 07. Bedienungspersonal,

das mit der Einstellung des EK 07 vertraut ist, braucht nur kurze Zeit, um sich an das Gerät NZ 02 A zu gewöhnen.

Auf der Empfangsseite werden die eintreffenden Befehle über den **Fernsteuerempfänger NZ 02 B** zum Antriebsteil NZ 02 C geleitet. Dieser Wandler ist auf den Empfänger EK 07 direkt aufgesetzt. Er wandelt die Information über Hubmagneten oder Stellmotoren in eine mechanische Bewegung um.

Die Fernsteuerung jedes Empfängers erfolgt über zwei Adernpaare. Eines davon wird in Richtung vom Fernsteuergeber zum Fernsteuerempfänger benutzt und dient der Steuerung des Empfängers. Zur Übertragung der Fernsteuerbefehle werden insgesamt fünf Trägerfrequenzen von 1,05; 1,45; 1,9; 2,7 und 3,1 kHz benutzt. Die beiden Frequenzen 1,05 und 1,9 kHz übertragen Impulstelegramme für alle die Befehle, die sich in diesem Gerätesatz durch Zahlen ausdrücken lassen, wozu beispielsweise alle Betätigungen der Schalter gehören. Die Frequenz 1,45 kHz steuert den HF-Regler. Die beiden oberen Frequenzen 2,7 und 3,1 kHz übertragen die beiden Winkelkoordinaten für die Einstellung der Empfangsfrequenz, also für die Abstimmung des Empfängers. Über das zweite Adernpaar läuft die Rückmeldung der Frequenzeinstellung des Empfängers, der Feldstärkeanzeige und der Abstimmanzeige des Einseitenband-Demodulators. Hierzu werden für die Abstimmanzeige die Frequenz 1,1 kHz, für die Feldstärkeanzeige 1,55 kHz und für die Frequenzeinstellung 2,9 und 3,3 kHz verwendet.

Die beiden Geräte NZ 02 A und NZ 02 B gestatten die Übertragung einiger zusätzlicher Befehle, die hier mit Hilfe der beiden Ergänzungsgeräte NZ 02 D und NZ 02 E zur Fernsteuerung des Einseitenband-Demodulators NZ 10 benutzt werden. Die Bedienung des NZ 10 erfolgt an dem Fernsteuergeber NZ 02 D, der mit dem NZ 02 A verbunden ist und dort die Übertragung der entsprechenden Fernsteuerbefehle auslöst. Der für den NZ 10 vorgesehene Antriebsteil NZ 02 E wird ebenso wie der Antriebsteil für den Empfänger von dem Fernsteuerempfänger NZ 02 B gesteuert.

Dieser, den Einseitenband-Empfänger bildende Gerätesatz ist in der Relaisstation Kigali viermal in völlig gleicher Ausführung vorgesehen.

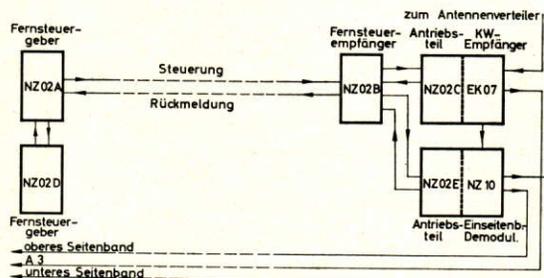


Bild 3 Blockschaltung des ferngesteuerten Einseitenband-Empfängers.

Telegrafie-Empfänger

Der Gerätesatz für den Telegrafie-Empfänger, dessen Blockschaltung Bild 4 zeigt, besteht aus dem

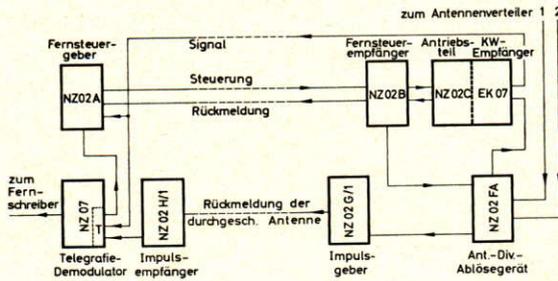


Bild 4 Blockschaltung des ferngesteuerten Telegrafie-Empfängers.

Empfänger EK 07 und dem dazugehörigen Fernsteuersatz NZ 02 A, NZ 02 B und NZ 02 C. Im Gegensatz zu dem Einseitenband-Demodulator NZ 10 wird der **Telegrafie-Demodulator NZ 07** nicht ferngesteuert. Es wird vielmehr die als F1-Modulation vorliegende Telegrafie-Nachricht im Empfänger mit Hilfe des A1-Überlagerers auf das NF-Band umgesetzt, und zwar so, daß die Mittenfrequenz der Sendung nach der Umsetzung 1,85 kHz entspricht. In dieser Form gelangt die Telegrafie-Nachricht über die NF-Leitung zur Empfangsstelle und dort zum Telegrafie-Demodulator NZ 07. In seiner normalen Ausführung enthält der Telegrafie-Demodulator NZ 07 ZF-Einschübe [3], die unter anderem die Ablöschaltungen für Diversity-Empfang enthalten. Diese Einschübe sind auswechselbar, um den Telegrafie-Demodulator NZ 07 für verschiedene Diversity-Betriebsarten anpassungsfähig zu machen. Bei ferngesteuerten Anlagen wird ein speziell hierfür entwickelter Einschub mit dem Kennbuchstaben T eingesetzt, der die im Niederfrequenzgebiet liegende Telegrafienachricht durch zweimalige Umsetzung wieder auf die eigentliche ZF des Telegrafie-Demodulators von 213 kHz bringt. Diese Zwischenfrequenz wird genauso demoduliert wie eine Zwischenfrequenz direkt aus dem Empfänger.

Mit diesem Verfahren können auch bei ferngesteuerten Empfangsanlagen alle in ihrer Frequenz umgesteuerten Telegrafie-Nachrichten, also F1 und F6 demoduliert werden, soweit die gesamte Bandbreite der Sendung $\pm 1,5$ kHz nicht überschreitet.

Im Gegensatz zu Telefonie-Sendungen ist bei Telegrafie-Empfang durch Diversity-Betrieb eine wesentliche Verbesserung möglich. Deswegen sollte auch bei dem Telegrafie-Empfänger der Relaisstation Kigali nicht auf Diversity verzichtet werden. In dieser Anlage wurde Antennen-Umschalt-Diversity vorgesehen, das mit wenig Mehraufwand in der Praxis ähnlich gute Ergebnisse wie Empfänger-Diversity erzielt. Die Antennenablösung wird in dem fernsteuerbaren **Antennen-Diversity-Ablösegerät NZ 02 FA** vorgenommen, das relativ leicht fernzusteuern ist, da nur vier Befehle übertragen werden müssen.

Da in dem Fernsteuersatz zum EK 07 noch einige Befehle frei sind, die nicht zum Steuern des Empfängers selbst verwendet werden, ist es möglich, das Antennen-Diversity-Gerät NZ 02 FA ohne zusätzliche Impulsgeber und -empfänger fernzusteuern. Drei Drucktasten ermöglichen es, vom Telegrafie-Modulator NZ 07 aus die drei Antennen entweder fest durchzuschalten oder in Diversity zu betreiben. Über diese Drucktasten werden in dem Fernsteuergeber NZ 02 A entsprechende Befehle ausgelöst, die über die Fernsteuerleitungen dem Fernsteuerempfänger NZ 02 B zugeführt und dort demoduliert werden. Der Fernsteuerempfänger NZ 02 B steuert die entsprechenden Schalter in dem Ablösegerät NZ 02 FA.

Der Betriebszustand des Ablösegerätes, also die im Ablösegerät jeweils durchgeschaltete Antenne, wird an den Telegrafie-Demodulator NZ 07 zurückgemeldet. In der Richtung vom Fernsteuerempfänger NZ 02 B zum Fernsteuergeber NZ 02 A besteht in diesen Geräten jedoch keine Einrichtung zum Übertragen von Impulstelegrammen; daher übernimmt diese Rückmeldung ein eigener Satz **Impulsgeber NZ 02 G/1** und **Impulsempfänger NZ 02 H/1**. Jeder Wechsel der im Ablösegerät ausgewählten Antenne löst in dem Impulsgeber NZ 02 G/1 einen neuen Befehl aus, der

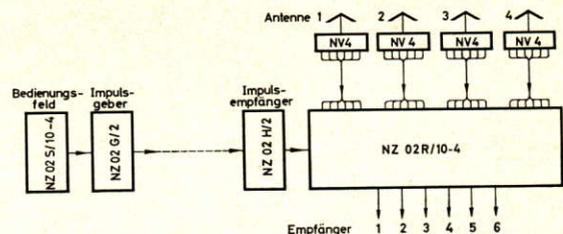


Bild 5 Blockschaltung des ferngesteuerten Antennenverteilers (Ausbaustufe für sechs Empfänger).

über ein eigenes Adernpaar zu dem Impulsempfänger NZ 02 H/1 und von dort zu dem Telegrafie-Demodulator NZ 07 übertragen wird. Ein kleiner Speicher im Einschub T speichert den zuletzt vom Impulsempfänger übermittelten Befehl so lange, bis ein neuer Befehl eintrifft, und steuert jeweils eine der drei an der Frontplatte des NZ 07 für diesen Zweck angebrachten Signallampen an.

Im Prinzip wäre es möglich, die Verbindungsleitung zwischen dem Fernsteuergeber NZ 02 A und dem Fernsteuerempfänger NZ 02 B zusätzlich für die Impulse aus den beiden Geräten NZ 02 G/1 und NZ 02 H/1 zu benutzen. Da in dem Kabel jedoch genügend Adernpaare zur Verfügung stehen, konnte hier auf eine solche Zusammenfassung verzichtet werden.

Antennenverteiler

Mit dem Antennenverteiler (Bild 5) kann jeder der fünf Empfänger an jede der vier Antennen angeschaltet werden, wobei der Telegrafie-Empfänger wegen des Diversity-Ablösegerätes zwei Antennen-Eingänge besitzt. Es ist auch möglich, alle fünf Emp-

fänger gleichzeitig von einer Antenne zu speisen, da die **Trennverstärker** des Typs **NV 4** maximal sechs Empfänger versorgen können.

Alle Ausgänge der vier Trennverstärker werden zu dem **Antennenwahlschalter NZ 02 R/10-4** (Bild 6) geführt, der in Form eines Koordinatenschalters aufgebaut ist. Dieser Schalter verbindet über kapazitätsarm angeordnete Schutzkontakte die Ausgänge der Trennverstärker mit den gewünschten Empfänger-eingängen. Eine Verriegelung der Kontakte untereinander verhindert die gleichzeitige Schaltung zweier Empfängereingänge auf einen Ausgang eines Trennverstärkers.

Die Fernsteuerung des Antennenwahlschalters erfolgt über den **Impulsgeber NZ 02 G/2** und den **Impulsempfänger NZ 02 H/2**. Diese Geräte gestatten impulsförmig die Übertragung der Zahlen 00 bis 99. Die erste Ziffer gibt jeweils die Nummer des Empfängers, die zweite diejenige der Antenne an, die miteinander zu verbinden sind. Der Antennenwahlschalter enthält zusätzlich einen Koordinatenspeicher, der die beiden Ziffern so lange speichert und damit die entsprechende Verbindung zwischen Antenne und Empfänger aufrecht erhält, bis durch einen neuen Befehl, in dem die gleiche Empfänger-Nummer vorkommt, die Verbindung dieses Empfängers mit der bisherigen Antenne gelöst und gleichzeitig mit der neuen Antenne hergestellt wird. Besteht zum Beispiel eine Verbindung zwischen der Antenne 3 und dem Empfänger 4 (charakterisiert durch die Zahl 43), so kann diese nur durch einen weiteren Befehl gelöst werden, dessen erste Ziffer eine 4 ist. Durch Übertragung der Zahlen 00 bis 90 werden die entsprechenden Empfänger 1 bis 10 von der Antenne gelöst und mit keiner neuen Antenne verbunden.

Der Antennenwahlschalter (Bild 7 und Titelfoto) hat bereits Anschlüsse, Schalter und Speicher, um zehn Empfänger an vier Antennen zu schalten. Dadurch ist der gesamte Antennenverteiler bei einem Einsatz von weiteren vier Trennverstärkern so erweiterungsfähig, daß jeder der zehn Empfänger mit jeder der

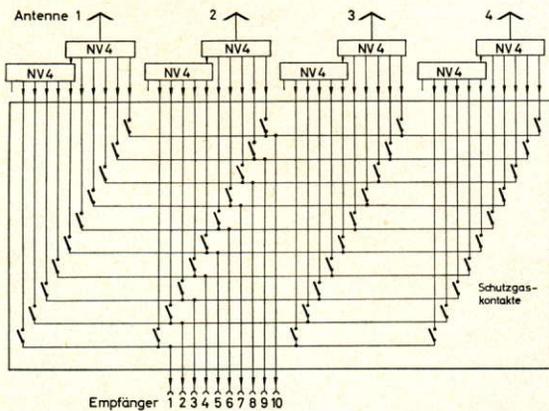


Bild 6 Prinzip des Antennenwahlschalters in der vorgesehenen zweiten Ausbaustufe für maximal zehn Empfänger.

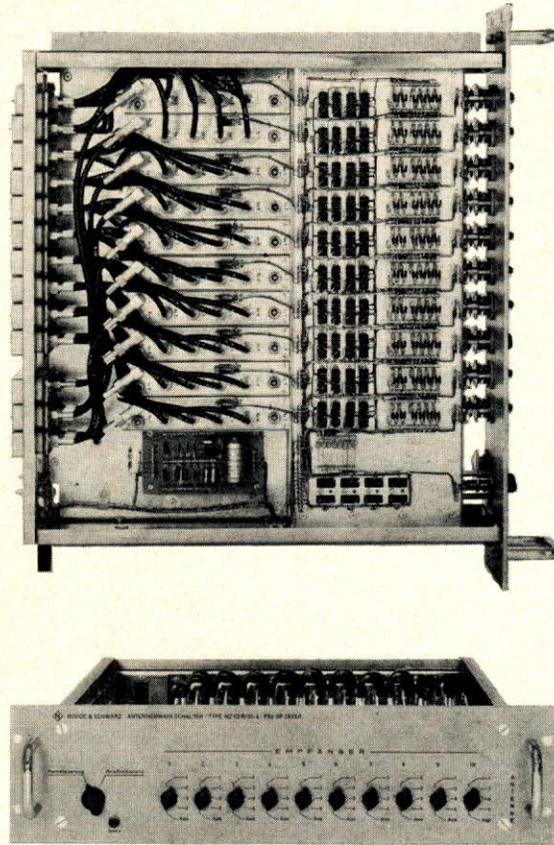


Bild 7 Blick auf den Antennenwahlschalter NZ 02 R/10-4: links die Schalteinheiten, die die Schutzkontakte enthalten und die über Koaxialkabel mit den Trennverstärkern und den Empfängern verbunden sind; rechts die Relais, die den Koordinatenspeicher bilden, von denen aus die Schutzgaskontakte gesteuert werden. Das untere Bild zeigt die Frontplatte des Antennenwahlschalters. Foto 14 013 und 14 011

vier Antennen gekoppelt werden kann, wobei auch dann jede Antenne alle zehn Empfänger speisen kann.

Gesteuert wird der Antennenwahlschalter über das **Bedienungsfeld NZ 02 S/10-4**, das äußerlich ähnlich aufgebaut ist wie der Antennenwahlschalter selbst. Die Bedienungsknöpfe sind gegenseitig so verriegelt, daß die Auslösung eines weiteren Befehls erst möglich ist, nachdem der vorhergehende Impulsbefehl ausgeführt wurde. Das Ausführen einer Verbindung einschließlich der Übertragung der Fernsteuerbefehle dauert im Durchschnitt $1/2$ s.

Verbindungskabel

Die Rückführung der Modulation von der Empfangsstelle zu der Sendestelle und die Übertragung der Fernsteuerbefehle übernimmt ein Kabel, in dem 20 Doppeladern innerhalb und weitere 30 Doppeladern außerhalb eines Abschirmmantels liegen. Die inneren Doppeladern dienen ausschließlich zur Übertragung der Modulation. Gegenwärtig werden davon je drei von jedem Einseitenband-Empfänger und

eine für den Telegrafie-Empfänger ausgenutzt. Der Rest ist als Reserve vorgesehen. Von den außerhalb des Abschirmmantels liegenden Doppeladern werden für die Fernsteuerung jedes Empfängers je zwei benötigt und für die Übertragung der Impulsbefehle für die Steuerung des Antennenwahlschalters und die Rückmeldung des Antennenablösegerätes zusätzlich zwei, also insgesamt zwölf Doppeladern. Die Dämpfung des 15 km langen Kabels beträgt bei 3 kHz etwa 16 dB; die Verstärkungsreserve in den Fernsteuergeräten reicht jedoch aus, um diese Dämpfung auszugleichen. Zur besseren Isolation und um eine ständige Kontrolle zu ermöglichen, wird das Kabel durch Stickstoff unter einem leichten Überdruck gehalten, der an der Sendestelle gemessen wird. Ein Druckabfall läßt sofort eine Beschädigung des Kabels vermuten.

Aufbau

Fünf Normgestelle enthalten die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Gerätesätze auf der **Empfangsstelle** (Bild 8). Alle Geräte des Antennenverteilers, also die vier Trennverstärker, der Antennenwahlschalter und der Impulsemfänger NZ 02 H/2, sind in dem Gestell 1 untergebracht. Außerdem ist in diesem Gestell der Impulsgeber NZ 02 G/1 eingebaut, der für die Rückübertragung der Anzeige der im Antennen-Diversity-Gerät durchgeschalteten Antenne notwendig ist. Jedes der Gestelle 2 und 3 nimmt zwei Einseitenband-Empfänger (EK 07 und NZ 10) auf. An die Geräte sind die entsprechenden Antriebsteile NZ 02 C und NZ 02 E montiert. Das Gestell 4 enthält den zu dem Telegrafie-Empfänger gehörenden EK 07, das fernsteuerbare Diversity-Ablösegerät NZ 02 FA und einen Fernsteuerempfänger NZ 02 B, das Gestell 5 die vier zu den Einseitenband-Empfängern gehörenden Fernsteuerempfänger NZ 02 B.

Die Bediengeräte auf der **Sendestelle** wurden in drei Gestellen zusammengefaßt. Dabei sind die Geräte

NZ 02 A und NZ 02 D für die Steuerung des EK 07 und des NZ 10 genauso aufgeteilt wie die Empfänger und Einseitenband-Demodulatoren in den Gestellen auf der Empfangsseite.

Falls der Betriebstelegrafie-Demodulator NZ 07 ausfallen sollte, übernimmt ein Reservegerät seine Funktion. Dieses Gerät ist jedoch nicht für Diversity-Betrieb eingerichtet. Ein Umschaltfeld gestattet, jeden der beiden Telegrafie-Demodulatoren mit jedem der fünf Empfänger zu verbinden. Notfalls kann also jeder der Einseitenband-Empfänger für Telegrafie benutzt werden. Für diesen Notfall ist jedoch Diversity nicht möglich.

Alle Gestelle sind mit Drucklüftern ausgestattet, die die Luft über Filter ansaugen und die Verlustwärme abführen. Gleichzeitig wird eine Verstaubung der Geräte verhindert. Im Interesse der Betriebssicherheit sollten bei den im Mittel höher als in Europa liegenden Temperaturen die Gestelle so kühl wie möglich gehalten werden.

Der leichten Montage wegen sind alle Verbindungen der Gestelle untereinander steckbar ausgeführt. Die Gestelle enthalten an ihrer Rückseite eine Steckerplatte, an der alle Verbindungen enden. Zum Schutz gegen Beschädigung und Verschmutzung liegen die Verbindungskabel in einer vollständig abgedeckten Kabelwanne.

K. Grabe

LITERATUR

- [1] Schumacher, B.: Eine Fernsteueranlage zur Fernbedienung des Kurzwellenempfängers EK 07. Rohde & Schwarz – Die Kurzinformation 4 (1964) Nr. 9, S. 14–22.
- [2] Hacks, J.; Schumacher, B.: Die Übertragung von Drehbewegungen über große Entfernungen am Beispiel der Fernsteuerung von kommerziellen Empfangsanlagen. Rohde & Schwarz-Mitteilungen (1963) Nr. 17, S. 387–391.
- [3] Grabe, K.: Der Diversity-Empfang im Kurzwellentelegrafieverkehr. Rohde & Schwarz – Die Kurzinformation 3 (1963) Nr. 8, S. 30–35.

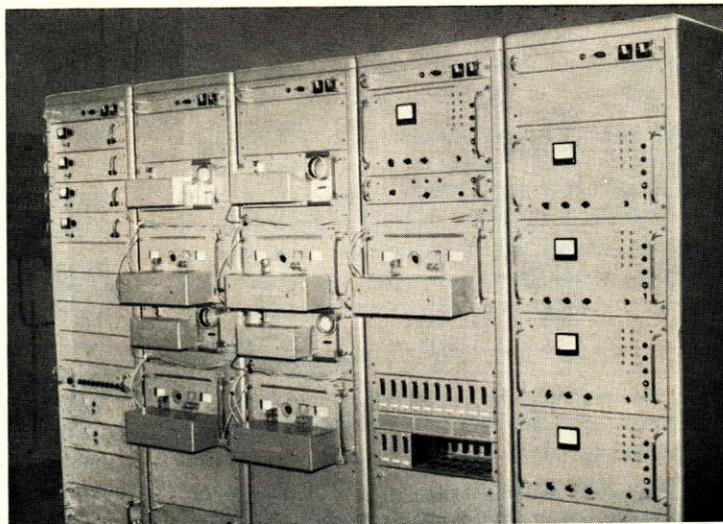


Bild 8 Anordnung der Geräte in den fünf Gestellen 1 bis 5 (von links) der Empfangsseite.
Foto 15 293