

Dieser Aufsatz ist die Fortsetzung der in Heft 22 begonnenen Arbeit Antennen II und stellt Beispiele aus dem umfassenden Antennenprogramm von Rohde & Schwarz für das Grenz- und Kurzwellengebiet vor.

ANTENNEN III

Antennenanlagen für den Grenz- und Kurzwellenbereich



Bild 1 Breitband-Reusenantenne während der Montage; Frequenzbereich 0,5 bis 5 MHz; aufnehmbare Leistung 350 kW; Höhe 144 m. Die Antenne wurde von Rohde & Schwarz für die Deutsche Bundespost geliefert. Statik und Stahlbauarbeiten: Hein, Lehmann und Co. AG, Düsseldorf. Foto: Woscidlo Ffm Nr. 001 053/8

Für die Mehrzahl der Aufstellungsorte von Antennen reichen die Lastannahmen nach den einschlägigen Vorschriften als Grundlage für die statische Berechnung voll aus:

● DIN 1055 Blatt 4

Bauwerkshöhe [m]	Windgeschw. v [m/s] [km/h]	Staudruck q [kp/m ²]
0 bis 8	28,3 ≈ 100	50
8 bis 20	35,8 ≈ 130	80
20 bis 100	42 ≈ 150	110

($q = v^2/16$ in kp/m^2 , v in m/s)

● Pflichtenheft der Deutschen Bundespost für den Bau eiserner Antennenstützpunkte; Staudruck $q = 80 + 0,28 h$ [kp/m^2], h Bauwerkshöhe in m.

● Antennenkonstruktionen, die mit Bauwerken des Freileitungsbaus vergleichbar sind, werden zum Teil auch nach der Vorschrift VDE 0210 berechnet. Diese Vorschrift enthält Angaben über normale Nebelfrostablagerungen ($180 \sqrt{d}$ [g/m], Seildurchmesser d in mm). Für Antennenaufstellungsorte, an denen extrem hohe Windgeschwindigkeiten oder starke Vereisungen auftreten, werden am besten Gutachten bei den zuständigen meteorologischen Instituten ein-

geholt, um die Statik den wirklichen Verhältnissen anpassen zu können. Maximale Windgeschwindigkeit und stärkste Vereisung treten gewöhnlich nicht gleichzeitig auf [15 bis 18]*.

Sendeantennenanlagen

Für Bodenwellenverbindungen sind vertikal polarisierte Antennen erforderlich. Bei Raumwellenverbindungen kann die Polarisation der Sendeantenne horizontal oder vertikal sein.

Reusenantennen

Reusenantennen der Typenreihe HA 47 sind breitbandige, vertikal polarisierte Rundstrahler [19; 20]. Wenn keine besonderen Abstimm-Mittel verwendet werden, muß für die tiefste Frequenz die Antennenhöhe mindestens $\lambda/4$ betragen. Bei Frequenzen unterhalb der tiefsten Betriebsfrequenz steigt die Fehlanpassung stark an. Eine obere Frequenzgrenze ist nicht genau festgelegt. Frequenzbereiche 1:10 und mehr sind möglich.

Das Rohde & Schwarz-Reusenantennenprogramm umfaßt eine Reihe von Ausführungen – die größte (Bild 1) mit einer Höhe von 144 m (0,5 bis 5 MHz), Senderleistung 350 kW; die kleinste für den Kurzwelleneinsatz entwickelte Reusenantenne ist 11 m hoch (7 bis 30 MHz), Senderleistung 20 kW.

Zur Verwendung mit 22 m hohen Reusenantennen (3,5 bis 30 MHz) wurden fernbedien- und programmierbare Anpaßgeräte entwickelt, die eine Erweiterung des Frequenzbereichs auf 1,5 bis 30 MHz ge-

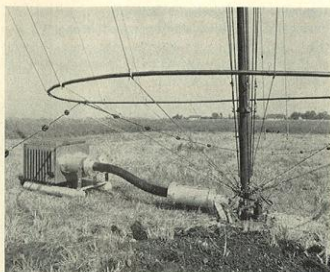


Bild 2 Antennenanpaßgerät HS 470/20/50 im mobilen Einsatz mit einer transportablen Reusenantenne HA 47/44/50. Foto 14 555

statten (aufnehmbare HF-Leistung 20 kW). Bei Frequenzen über 3,5 MHz setzt die Breitbandigkeit der Antenne ein; das Gerät wird dann auf Durchgang geschaltet. Wollte man diese Erweiterung auf 1,5 MHz durch Vergrößern der Antennenhöhe erzielen, wäre eine 50 m hohe Reusenantenne erforderlich. Das Anpaßgerät kann auch im mobilen Einsatz zusammen mit der transportablen Ausführung der 22-m-Reusenantenne und mit einem selbstabstimmenden Sender eingesetzt werden (Bild 2).

Reusenantenne mit Winkelreflektor

Zur Erzielung einer einseitigen Richtwirkung kann die Reusenantenne mit einem netzartigen Winkelreflektor (Bild 3) versehen werden; der Frequenzbereich wird dadurch auf den Wert 1:2 herabgesetzt. Der Gewinn dieser Anordnung beträgt rund 9 bis 12 dB, bezogen auf den Kugelstrahler.

* Literaturangaben 1 bis 14 in Antennen II, Ausgabe 22 Neues von Rohde & Schwarz.

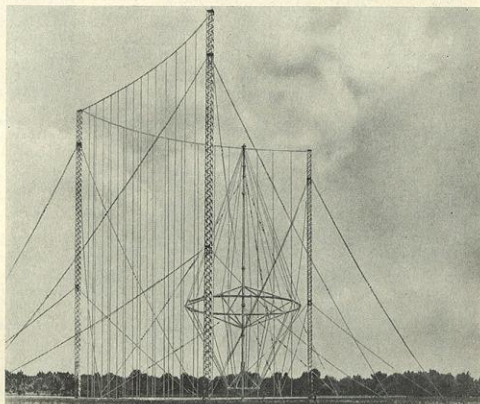


Bild 3 Reusenantenne mit Winkelreflektor der Typenreihe HA 147. Foto 6702

**Logarithmisch-periodische Antenne,
horizontal polarisiert, drehbare Ausführung**

Von diesen Antennen (Bild 4) wurden drei Ausführungen entwickelt: AK 226/431 für 6,5 bis 30 MHz,

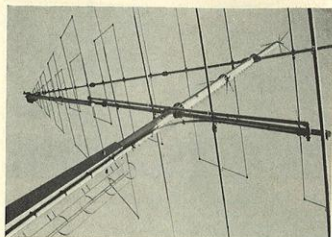


Bild 4 Logarithmisch-periodische Antenne AK 226/444 für den Frequenzbereich 5 bis 30 MHz. Senderleistung 200 kW; horizontal polarisiert; drehbare Ausführung. Foto: Schlagbauer

10 kW; AK 226/441 für 5 bis 30 MHz, 35 kW; AK 226/444 für 5 bis 30 MHz, 200 kW (jeweils mit

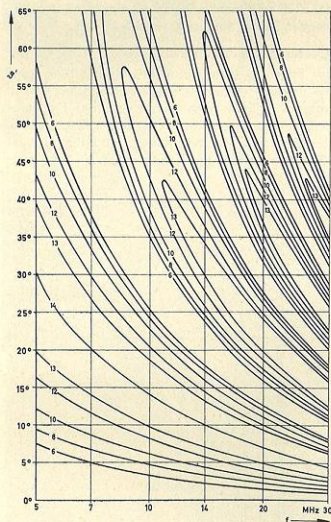


Bild 5 Gewinn und Lage der ersten vier Strahlungskeulen bei den logarithmisch-periodischen Antennen AK 226/441 und AK 226/444. Parameter: Gewinn über Kugelstrahler in dB.

koaxialem 50- oder 60-Ω-Eingang; Gewinn ungefähr 13 dB über Kugelstrahler). Neuerdings werden diese Antennen auch in 600-Ω-Ausführung geliefert.

Durch die relativ steile Abstrahlung bei tiefen Frequenzen und die flache Abstrahlung der untersten Keule bei hohen Frequenzen ergeben sich universelle Einsatzmöglichkeiten der Antenne sowohl zur Überbrückung von kurzen Entfernungen (500 bis 1000 km) wie auch für weite Strecken von 10000 km und darüber.

Die vertikalen Keulenbreiten $\Delta\theta$ der ersten vier Strahlungskeulen sind Bild 5 zu entnehmen; horizontale Halbwertsbreite rund $\pm 30^\circ$. Nebenkeulen,

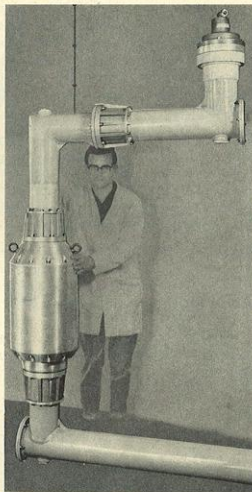


Bild 6 Koaxiale Drehkupplung mit Leitungsanschlüssen für eine Leistung von 200 kW_{eff}. Foto 14 639

wie sie bei den höheren Frequenzen neben der untersten – der Hauptkeule – noch auftreten, sind nicht weiter schädlich.

Bild 6 zeigt eine bei der 200-kW-Ausführung eingesetzte koaxiale Drehkupplung. Die Ausführung einer speziell für Antennen hoher Leistung ausgebildeten Abspanspirale für glasfaserverstärkte Polyesterstäbe zeigt Bild 7. Durch den zur Verhinderung von Sprühercheinungen an den Enden der Abspanspirale angebrachten trichterförmigen Sprühschutzkorb konnte die Spannungsfestigkeit auf etwa den vierfachen Wert, das entspricht der 16fachen Leistung, erhöht werden.



Bild 7 Sprühschutzkorb zur Verhinderung von Sprühscheinungen an der Stoßstelle Abspannspirale-Polyesterstab. Korbdurchmesser etwa 15 cm. Foto 14 673

Die Antennen sind vom Sendergebäude aus auf jede azimutale Richtung einstellbar. Ein neu entwickeltes Bediengerät gestattet neben dieser Möglichkeit des kontinuierlichen Einstellens die Einspeicherung von 15 beliebigen Richtungsstellungen. Bei Ansteuern des Bediengerätes auf einem von 15 Leitungsanschlüssen oder beim Drücken einer Taste dreht die Antenne auf dem kürzesten Weg in die neue, vorgewählte Richtung.

**Logarithmisch-periodische Antenne,
horizontal polarisiert**

Die Standardausführung HA 226/5010 ist für 10 bis 30 MHz und eine Senderleistung von 1 kW ausgelegt. Dem hohen Frequenzbereich entsprechend, eignet sich diese Antenne (Bild 8) bevorzugt für Weitverbindungen. Sie ist leicht zerlegbar und kann samt dem ebenfalls zerlegbaren Tragmast mit Flugzeugen transportiert werden. Eine Montage auf kleineren Grundstücken oder Hausdächern ist möglich.

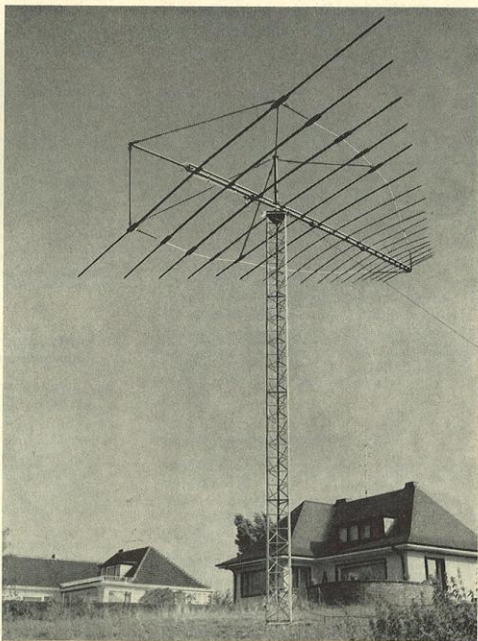


Bild 8 Logarithmisch-periodische Antenne HA 226/5010 für den Frequenzbereich 10 bis 30 MHz. 1 kW Senderleistung (auch für Empfang geeignet); größte Dipollänge 15 m; Länge des Mittelholms rund 10 m; Höhe des Tragmastes 12 m. Foto: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung Nr. 21 276/6

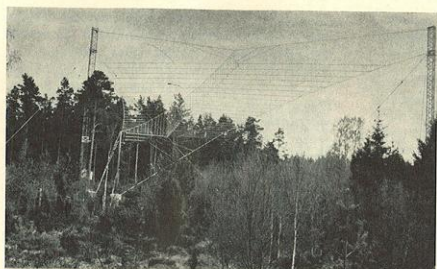


Bild 9
Horizontal polarisierte logarithmisch-periodische Antenne in Drahtausführung AK 226/509 für den Frequenzbereich 4 bis 30 MHz. Senderleistung 20 kW. Foto 14 334

Logarithmisch-periodische Antenne in Drahtausführung, horizontal polarisiert

An Standardausführungen stehen zur Verfügung: AK 226/509 für 4 bis 30 MHz und 20 kW (Bild 9 und 10); AK 226/506 für 3,5 bis 30 MHz und 5 kW; AK 226/501 für 3,5 bis 30 MHz und 1 kW (auch für Empfang); AK 226/5016 für 2 bis 30 MHz und 10 kW.

Bei der Ausführung AK 226/509 beträgt die Normalhöhe $a = 6$ m. Wird die Antenne überwiegend für große Entfernungen (mehrere tausend km) eingesetzt, kann die gesamte Antennenfläche durch Verlängern sämtlicher Maste höhergesetzt werden. Dadurch ergibt sich besonders bei hohen Frequenzen eine flachere Abstrahlung.

In Bild 11 sind Vertikaldiagramme für je drei Frequenzen mit der Normalausführung $a = 6$ m und einer Erhöhung auf $a = 16$ m dargestellt. Gewinn im Mittel $g_k \approx 10$ bis 13 dB, bezogen auf den Kugelstrahler. Die horizontale Halbwertsbreite beträgt etwa $\pm 30^\circ$. Die Antenne ist für eine Windgeschwindigkeit von 180 km/h ausgelegt oder für 150 km/h bei gleichzeitigem Eisansatz von 2 cm (radial) – eine Belastung, wie sie in stark vereisungsgefährdeten, klimatisch rauen Gebieten auftritt.

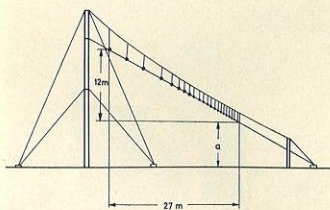


Bild 10 Seitenansicht der Antenne AK 226/509 gemäß Bild 9.

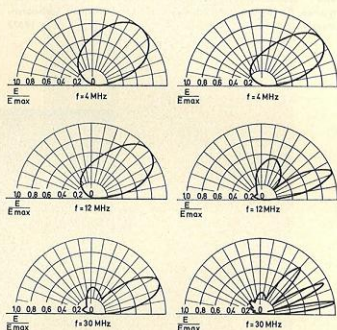


Bild 11 Vertikaldiagramm der relativen Feldstärke einer logarithmisch-periodischen Dipolantenne, berechnet für ideal leitenden Erdboden. Höhe $a = 6$ m (links) und $a = 16$ m (rechts).

Logarithmisch-periodische Antenne in Drahtausführung, vertikal polarisiert

Diese Antennen (Bild 12) eignen sich gut für Weitverbindungen, da sie unter Erhebungswinkeln von 5° bis 10° eine starke Abstrahlung ergeben (Bild 13). Gleichzeitig geht aus Bild 13 die bei vertikal polarisierten Antennen auftretende starke Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften hervor. Das Horizontaldiagramm ist kardioidenförmig, es besitzt eine Halbwertsbreite von rund $\pm 55^\circ$.

Durch Zusammenschalten zweier benachbarter Antennen, die mit ihren Spitzen zusammengeführt sind, im Grundriß somit ein V bilden, erhält man eine horizontale Halbwertsbreite von rund $\pm 30^\circ$ und eine Gewinnerhöhung um rund 3 dB gegenüber der einflächigen Ausführung.

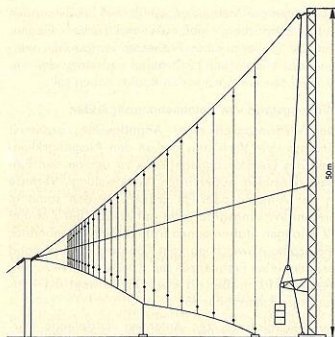


Bild 12 Schematische Darstellung einer vertikal polarisierten logarithmisch-periodischen Antenne in Drahtausführung für den Frequenzbereich 4 bis 30 MHz. Senderleistung 20 kW.

Horizontale Drahtdipolantenne

Eine der einfachsten Antennen, die zugleich eine hohe Wirksamkeit besitzt, ist die horizontale Drahtdipolantenne der Typenreihe HA 92. Zwischen zwei Masten gespannt, beträgt ihre Länge $\lambda/2$. Bei tiefen Frequenzen – großen Drahtlängen – wird zur Unterstützung in der Antennenmitte, am Ort der Einspeisung, ein dritter Mast gesetzt (Bild 14).

Sendeanlagen mit einer fest zugeordneten Tages- und Nachtfrequenz verwenden zweckmäßig zwei Antennen dieser Art. Bei einem jahreszeitlich bedingten Wechsel der Frequenzen können die Drahtlängen auf einfache Weise verändert werden. Eine Vorabstimmung auf drei verschiedene Frequenzen

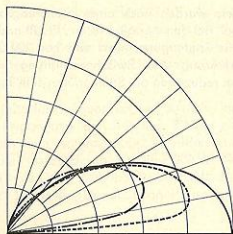


Bild 13 Vertikaldiagramm der logarithmisch-periodischen Antenne gemäß Bild 12 bei ideal leitendem Erdboden (ausgezogene Kurve), bei feuchtem Erdboden (gestrichelt) und bei trockenem Erdboden (strichpunktierter).

ist möglich; es werden dann lediglich die zur Unterteilung der Drahtlängen verwendeten Isolatoren überbrückt. Die Höhe der Antenne über dem Erdboden ist so zu wählen, daß sich ein Maximum der Abstrahlung in dem für die Verbindung maßgebenden Winkelbereich ergibt. Aus Bild 13 in Antennen II sind die Vertikaldiagramme für verschiedene relative Aufstellhöhen zu entnehmen; das Horizontaldiagramm ist achterförmig mit Nullstellen in Richtung der Drahtachse. Die Antenne kann auch auf Hausdächern montiert werden. Sie ist für den mobi-

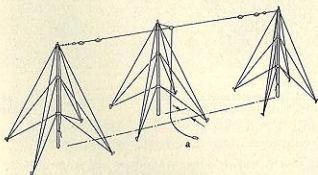


Bild 14 Schematische Darstellung der Drahtdipolantenne HA 92/212 in einer mobilen Anlage. Frequenzbereich 2 bis 30 MHz; Senderleistung 1 kW (auch für Empfang); Eingangswiderstand 50 Ω oder 60 Ω , a HF-Kabel mit Stecker.

len und stationären Einsatz geeignet. Bild 15 zeigt Vertikaldiagramme für eine Antennenhöhe von $\lambda/2$ bei verschiedenen Bodenarten.

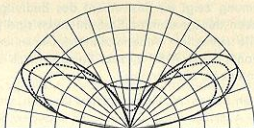


Bild 15 Vertikaldiagramme der relativen Feldstärke eines horizontalen Dipols, $\lambda/2$ über dem Erdboden – bei ideal leitendem Erdboden (ausgezogene Kurve), bei feuchtem Erdboden (gestrichelt) und bei sehr trockenem Erdboden (strichpunktierter).

Vertikale Stabantenne mit Anpaßgerät

An Standardausführungen liefert Rohde & Schwarz die 7-m-Stabantenne HA 175 und die 12-m-Stabantenne HA 104/1211 sowie die Antennenanpaßgeräte HS 550 für 1,5 bis 30 MHz, 100 W und HS 220 für 1,5 bis 30 MHz, 1000 W.

Das Aufstellen von HF-Antennen auf Schiffen oder Hausdächern bereitet oft erhebliche Schwierigkeiten, weil der dafür erforderliche Platz nicht zur Verfügung steht. In solchen Fällen bedient man sich einfacher freistehender Stabantennen, die ein Mini-

mum an Aufstellraum beansprucht (Bild 16). Ihr stark frequenzabhängiger Eingangswiderstand wird durch Anpaßgeräte auf den Wellenwiderstand 50Ω oder 60Ω des verwendeten Speisekabels transformiert.

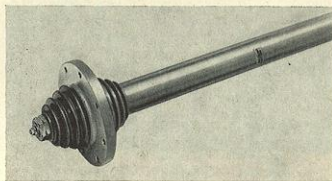


Bild 16 Fußpunktausführung der Stabantennen HA 175 und HA 104/1211. Flanschdurchmesser 27 cm. Foto 11 116

Die hierfür entwickelten Antennen und Anpaßgeräte eignen sich sowohl für den Einsatz auf Schiffen wie auch auf Landstationen und Hausdächern. Die Anpaßgeräte (Bild 17) sind fernbedienbar, Handbetrieb für Notfälle ist möglich. Zur Fernbedienung wurden zwei gegenseitig austauschbare Bediengeräte entwickelt. Das erste, HS 6055/4/50, gestattet, das Anpaßgerät kontinuierlich auf jede Betriebsfrequenz im Bereich 1,5 bis 30 MHz abzustimmen. Beim zweiten, HS 6055/40/50, können zusätzlich zwanzig frei wählbare Abstimmungen programmiert werden, so daß sich nach Einstellen des gewünschten Kanals das Anpaßgerät selbständig abstimmt. Die Güte der Abstimmung zeigt ein Instrument des Bediengeräts an. Neben den genannten Stabantennen sind praktisch alle sinnvollen Antennenanordnungen im Bereich von 1,5 bis 30 MHz, zum Beispiel auch Langdrahtantennen, abstimmbare.

Um einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, werden in den Anpaßgeräten Spulen und Kondensatoren hoher Güte verwendet. Dadurch treten, besonders bei relativ kurzen Antennen, hohe Ströme und Spannungen auf, die der Verkleinerung der Geräte eine natürliche Grenze setzen.

Zum wirksamen Einsatz von Stabantennen ist ein ausreichendes elektrisches Gegengewicht erforderlich; auf Schiffen wird dies meist durch Deck und

Aufbauten aus Metall dargestellt. Auf Landstationen und Hausdächern muß ein elektrisches Gegengewicht in Form eines Erdnetzes vorgesehen werden, das mindestens 15 Strahlen und einen der Antennenhöhe entsprechenden Radius haben soll.

Wirkungsgrad von Antennenanpaßgeräten

Der Wirkungsgrad eines Anpaßgerätes bestimmt sich aus dem Verhältnis der an den Ausgangsklemmen des Gerätes abgegebenen zu der an den Eingangsklemmen zugeführten Wirkleistung. Verluste in der Antenne oder im Erdnetz werden somit in diesem Wirkungsgrad nicht mit erfaßt. Bei 7 m und 12 m langen Stabantennen tritt im Kurzwellenbereich die größte Abweichung vom Kabelwellenwiderstand bei den tiefen Frequenzen auf. Ist die relative Antennenlänge l/λ größer als etwa 0,1, so liegt der Wirkungsgrad meist über 80%.

Der bei relativ kurzen Antennen auftretende Wirkungsgrad läßt sich bei Kenntnis von Wirk- und Blindanteil des Antenneneingangswiderstandes aus Bild 18 entnehmen. Für die Transformationselemente sind dabei Spulengüten von 300 zugrunde gelegt;

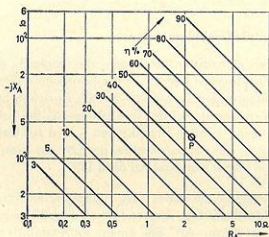


Bild 18 Wirkungsgrad η von Antennenanpaßgeräten bei Verwendung von Spulen mit einer Güte von rund 300. Der eingezeichnete Wert gilt für eine 7 m lange Stabantenne mit einem Verlustanteil R_v von ungefähr 1Ω bei 2,5 MHz. R_A Antennenwiderstand; X_A Antennenblindwiderstand.

die Werte wurden nach einer Näherungsmethode berechnet. Bei den Anpaßgeräten HS 220 und HS 550 liegen die Spulengüten etwa zwischen 200 und 400. Leitungsführung und Zwischenschaltung von HF-Schaltern reduzieren die Spulengüten zum Teil merklich.



Bild 17 Fernbedienbares und programmierbares Antennenanpaßgerät im Wetterschutzgehäuse mit Bediengerät. Frequenzbereich 1,5 bis 30 MHz; Leitungsführung und HF-Ausgang rückseitig. Foto 12 334

Wirk- und Blindanteil $R_A + jX_A$ des Eingangswiderstandes von Stabantennen lassen sich für Stablängen l , die kleiner sind als etwa $\lambda/10$, nach folgenden Näherungsformeln berechnen [21]:

$$R_A = R_v + R_r$$

$$R_r \approx 400 (l/\lambda)^2$$

$$X_A \approx 1/\omega C_A$$

R_r ist der Strahlungswiderstand und R_v der Verlustwiderstand, der im wesentlichen von der Ausbildung des Erdnetzes und den Bodeneigenschaften abhängt (beispielsweise 1 bis 2 Ω). C_A entspricht der statischen Antennenkapazität.

Übertrager zur Symmetrierung und Transformation

Zum Übergang von symmetrischen Speiseleitungen mit dem Wellenwiderstand 300 Ω , 500 Ω oder 600 Ω auf koaxiale Speisekabel mit einem Wellenwiderstand von 50 Ω oder 60 Ω wurden HF-Übertrager entwickelt (Bild 19). Übertrager der Typenreihe HA 197 sind in wetterfester Ausführung hergestellt; sie können ohne weitere Schutzvorrichtungen im Freien aufgestellt werden.

Herrscht auf der am Übertragerausgang angeschlossenen Leitung eine Welligkeit von s_L , so ergibt sich am Übertrageringang zusammen mit der Eigenwelligkeit s_0 eines als verlustlos angenommenen Übertragers ein Welligkeitswert, der je nach Zusammentreffen der Fehler zwischen folgenden Werten schwankt:

$$s_{\max} = s_L s_0$$

$$s_{\min} = s_L / s_0 \text{ oder } s_0 / s_L$$

(je nachdem, welcher Wert größer als 1 ist)

Isoliertransformatoren

Ist es erforderlich, eine Antenne, die an keiner Stelle galvanisch auf Massepotential liegt, zum Beispiel eine Reusenantenne, mit einer Flugwarnbeleuchtung zu versehen, so wird zur Übertragung der Stromversorgung über die Isolationszone des Mastfußes hinweg ein Isoliertransformator verwendet.

Standardausführungen: HA 227/101 für den Frequenzbereich 3,5 bis 30 MHz und einer HF-Leistung von 100 W (auch für Empfang geeignet); Parallel-Induktivität ungefähr 18 μH ; übertragbare Netzleistung 200 W.

HA 227/222 für Frequenzen bis 30 MHz; maximale Fußpunktspannung der Antenne 8 kV_{eff}; Parallel-Kapazität zum Antennenfußpunktwiderstand 24 pF; maximale Netzdurchgangsleistung 200 W; Netzspannung 110 bis 115 V, 220 V bei 50 bis 60 Hz. Der Transformator ist als Ringkernübertrager ausgebildet.

Empfangsantennenanlagen

Grundsätzlich kann jede Sendeantenne auch als Empfangsantenne verwendet werden*. Es gibt darüber hinaus jedoch noch eine Reihe von speziellen

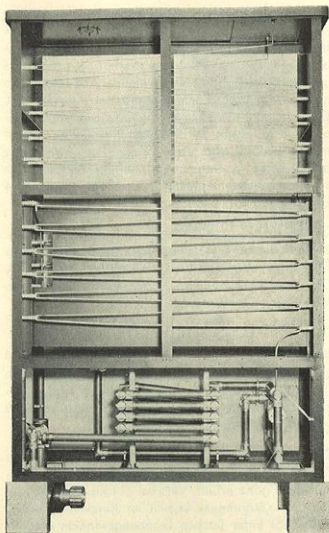


Bild 19 Innenaufbau des HF-Übertragers HA 197/451/50 zur Symmetrierung und Transformation von 600 Ω symmetrisch auf 50 Ω unsymmetrisch. Frequenzbereich 2 bis 15 MHz; maximale Leistungsaufnahme 15 kW_{eff}. Höhe 2,5 m. Foto 13 290

Empfangsantennen, bei denen zu Gunsten der Wirksamkeit oder Wirtschaftlichkeit (kleinere Abmessungen) folgende Überlegungen berücksichtigt wurden:

- Einspeisung, Transformationselemente und sonstige leistungsführende Teile können schwächer und dadurch leichter ausgelegt werden. Die Antennenkonstruktion selbst ist vielfach aus statischen Gründen so stark zu dimensionieren, daß zwischen Sende- und Empfangsantenne kein erheblicher Unterschied besteht.

- Während der Senderbetrieb Welligkeiten < 2 verlangt, spielt die Anpassung bei Empfangsantennen im Kurzwellenbereich eine untergeordnete Rolle. Bei einer Welligkeit s ergibt sich verglichen mit $s = 1,0$ ein prozentualer Rückgang der Spannung am Empfänger von

$$R = 100 [1 - 2 \sqrt{s} / (s + 1)] \%$$

(Empfänger $s = 1,0$)

* Über Antennen-Trennverstärker, Diversity-Empfang, Kurzwellenempfänger und andere Probleme der Kurzwellen-Empfangstechnik berichten ausführlich die Beiträge von J. Hacks, K. Grabbe und B. Schumacher in Die Kurzinformation - Neues von Rohde & Schwarz, Ausgabe 8 (1963) und Ausgabe 9 (1964).

● Ebenso wie die Anpassungsverluste sind auch zusätzliche Dämpfungsverluste bei Empfangsantennen bei weitem nicht so schwerwiegend wie bei Sendantennen; es muß nur sichergestellt sein, daß das am Antenneneingang erscheinende Außenrauschen noch weit genug über dem Empfängerrauschen liegt. Das von der Antenne aufgenommene Außenrauschen P ist, wenn es aus allen Richtungen gleichmäßig einfällt, vom Antennengewinn unabhängig (siehe Bild 8 in Antennen II) und liefert bei einer sonst verlustlosen Antenne je Hertz Bandbreite eine Leistung von

$$P \approx \lambda^2 E^2 \cdot 10^{-4} \text{ W/Hz}$$

wenn E die auf 1 Hz Bandbreite bezogene Rauschfeldstärke in V/m und λ die Wellenlänge in m ist [11]. Die Rauschleistung wird häufig in Vielfachen von kT_0 angegeben; dabei gilt

$$1 \text{ kT}_0 = 4 \cdot 10^{-21} \text{ W/Hz}$$

Bei einer Bandbreite von Δf [Hz] ergibt sich eine um $\sqrt{\Delta f}$ größere Rauschfeldstärke und damit eine um Δf größere Rauschleistung. Für die auf eine bestimmte Bandbreite bezogene Rauschleistung wird vielfach die Abkürzung KTB benutzt.

Die Voraussetzung, daß das Außenrauschen aus allen Richtungen gleichmäßig einfällt, ist in Wirklichkeit nicht ganz erfüllt. Vertikal polarisiertes Außenrauschen (Störungen) kommt im Kurzwellenbereich bevorzugt unter flachen Erhebungswinkeln und als Bodenwelle an. Es empfiehlt sich demnach, vertikal polarisierte Empfangsantennen hauptsächlich im azimutalen Bereich zu bündeln. Horizontal polarisierte Antennen nehmen meist weniger Außenrauschen auf als vertikal polarisierte.

Bei Reusenantennen mit einer tiefsten Frequenz von 7 oder 3,5 MHz ist es bei Empfangsbetrieb nicht erforderlich, den Frequenzbereich nach unten mit Anpassgeräten zu erweitern, da die Fehlanpassung in diesem Fall ohne Bedeutung bleibt.

Kombinierte Kurzwellen-Empfangsantenne für universelle Anwendung

In der Mehrzahl der Fälle ist bei Raumwellenempfang die horizontale Polarisation der vertikalen vorzuziehen, während sich zum Empfang von Bodenwellen hauptsächlich die vertikale Polarisation eignet. Daher muß eine Kurzwellen-Empfangsantenne mit universeller Anwendbarkeit beide Polarisationsarten aufnehmen können. So wurden die Antennen der Typenreihe HA 230 aus drei Einzelantennen – zwei horizontal polarisierten, gekreuzt angeordneten Dipolen und einem vertikal polarisierten Strahler – zusammengesetzt.

Alle drei Einzelantennen stehen senkrecht aufeinander und sind dadurch voll entkoppelt. Von jeder Einzelantenne führt ein eigenes Kabel in den Empfangsraum. Der Funker hat somit die Möglichkeit,

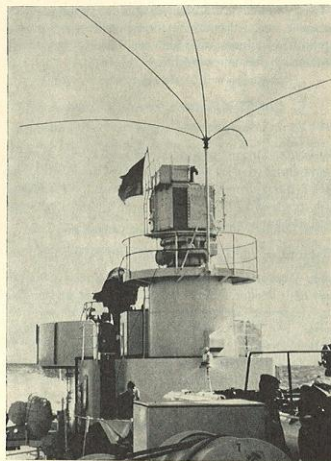


Bild 20 HF-Empfangsantenne HA 230/404 im Schiffsseinsatz.
Foto 11 382

mit einem Wahlschalter jeweils die Antenne mit dem besten Empfangssignal an den Empfänger anzuschließen [22].

Der Frequenzbereich beträgt 1,5 bis 30 MHz. Besondere Eigenschaften sind die hohe elektrische Wirksamkeit, die geringen Abmessungen (Montage auf Dächern oder Schiffen), das geringe Gewicht (Flugzeugtransport) und die hohe Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse (Tropen- und Seeklima).

Mit der Kombination von drei Antennen, wie sie bei der Empfangsantenne HA 230 vereinigt sind, hat man gleichzeitig eine ausgezeichnete Polarisationsdiversity-Antenne, mit der ein Empfang aus allen azimutalen Richtungen möglich ist, ohne daß die Antenne gedreht werden muß. Verglichen mit einer Raumdiversity-Anlage, die auf beschränktem Raum, zum Beispiel auf Schiffen oder Hausdächern, nicht untergebracht werden kann, hat man außerdem den Vorteil einer geringeren Dämpfung durch die vergleichsweise kurzen HF-Kabel. Um mit einer Raumdiversity-Antenne etwa vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, sind Antennenabstände von mindestens elf Wellenlängen bei normaler Strahlung ferner Sender und etwa fünf Wellenlängen bei überwiegender Streustrahlung erforderlich [23; 24].

Die Antenne HA 230 kann auf ebener Erde, auf Hausdächern oder auf Schiffen (Bild 20) freistehend

oder abgespannt montiert werden; besonders günstig ist die Aufstellung auf einem 12 m hohen Mast (HA 269/1). Durch die gute Symmetrie der verwendeten HF-Übertrager ergibt sich zu benachbarten Sendeantennen eine gute Entkopplung, zum Beispiel zwischen den horizontalen Dipolen und einer senkrechten Stabantenne.

V-Antenne

Durch ihr extrem geringes Gewicht eignet sich diese Antenne besonders gut für den Einsatz auf Schiffen und in mobilen Empfangsanlagen. Sie ist im wesentlichen horizontal polarisiert und nimmt dadurch die vertikal polarisierten Störungen, die auf dem Weg der Bodenwelle zum Empfangsort gelangen, nur stark reduziert auf. Ebenso ergibt sie durch die gute Symmetrie der Einspeisung eine ausgezeichnete Entkopplung zu den Störungen, die von den senkrechten Schiffsaufbauten oder benachbarten vertikal polarisierten Sendeantennen herrühren. Durch die V-förmige Anordnung der Strahler ist ein Empfang aus allen azimutalen Richtungen möglich.

Stabantenne, vertikal polarisiert

Diese Antenne (HA 178; 1,5 bis 30 MHz; Höhe 7 m) dient zum Empfang von Raum- und Bodenwellen aus allen azimutalen Richtungen und wird vielfach in Verbindung mit einer V-Antenne eingesetzt. Beide Antennen zusammen ermöglichen einen Polarisationsdiversity-Empfang.

Drahtdipolantenne, horizontal polarisiert

Die Empfangsantenne HA 177/402 (1,5 bis 30 MHz) weist die bereits beschriebenen Vorzüge der Drahtdipolantenne auf. Ein bei Sendeantennen erforderliches Nachstimmen auf die verschiedenen Betriebsfrequenzen entfällt hier. Die Dipole wurden mit Belastungswiderständen versehen, wodurch eine Aufspaltung des Horizontaldiagramms bei Frequenzen, bei denen die Drahtlänge größer als eine Wellenlänge ist, verhindert wird (Bild 21).

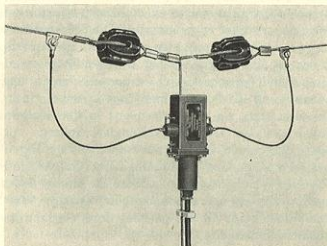


Bild 21 Dipolspießpunkt der HF-Antenne HA 177/402 mit wettergeschütztem Übertrager zur Symmetrierung und Transformation. Foto 8292

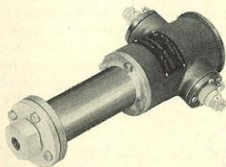


Bild 22 HF-Übertrager HA 127/063 zur Symmetrierung und Transformation. Frequenzbereich 1,5 bis 30 MHz; Übersetzung 60 Ω / 600 Ω . Länge 20 cm. Foto 6929

Empfangsübertrager zur Symmetrierung und Transformation

Für Empfangszwecke lassen sich die Übertrager in eine handliche Form bringen. Der in Bild 22 dargestellte Übertrager HA 127/063 im wetterfesten Gehäuse ist für einen Frequenzbereich von 1,5 bis 30 MHz und eine Widerstandstransformation von 60 Ω unsymmetrisch auf 600 Ω symmetrisch ausgelegt. Die Typenreihe HA 127 enthält Übertrager mit den gebräuchlichsten Widerstandsübersetzungen.

F. Scheuerecker

LITERATUR

- [15] Greif, R.: Moderne Fernseh-Sendeantennen und deren Einsatz unter besonderen klimatischen Bedingungen. Rundfunktechnische Mitteilungen 7 (1963) Nr. 6, S. 329-345.
- [16] Stoiger, F.: Belastungsannahmen für Antennenträger im Falle Vereisung. Der Stahlbau 30 (1961) Nr. 1, S. 24.
- [17] Gäbler, H.: Definition und Klassifizierung der Nebelfrostablagerungen. Technische Mitteilungen RFZ 7 (1963) Nr. 3, S. 138-139.
- [18] Zobel, G.: Betrachtungen über die Berücksichtigung der Nebelfrostablagerungen bei der Projektierung von hohen, schlanken Bauwerken und Freileitungstrassen. Technische Mitteilungen RFZ 7 (1963) Nr. 3, S. 140-145.
- [19] Graziadei, H.: Eine vertikale Breitbandantenne von besonderer Formgebung für den Kurzwellen- und Ultrakurzwellenbereich. Felten-Guilleaume Rundschau (1952) Nr. 35, S. 91-104.
- [20] Greif, R.: Sende-Antennen-Anlage für den Kurzwellenbereich. Rohde & Schwarz-Mitteilungen 1 (1952) Nr. 1, S. 4-15.
- [21] Brückmann, H.: Antennen, ihre Theorie und Technik. Hirzel-Verlag, Leipzig 1939.
- [22] Scheuerecker, F.: Eine Kurzwellen-Empfangsantenne mit wählbarer Polarisation. Radio Mentor 31 (1965) Nr. 7, S. 573-576.
- [23] Großkopf, J.; Scholz, M.; Vogt, K.: Korrelationsmessungen im Kurzwellenbereich. NTZ 11 (1958) Nr. 2, S. 91-95.
- [24] Siepen, P.: Sende- und Empfangsanlage HS 8120 für Kurzwellen-Telegrafie. Neues von Rohde & Schwarz 6 (1966) Nr. 22, S. 19-21.