

Die HF-Antennenanlage AK 501 ist optimal auf die Ausbreitungsbedingungen im Grenz- und Kurzwellenbereich 1,5 bis 30 MHz zugeschnitten. Durch kontrollierten Einsatz von Bodenwelle, Steilstrahlung und flacher Abstrahlung kann mit ihr zu jedem Punkt der Erde Funkverbindung hergestellt werden. Auf- und Abbauzeiten von zehn Minuten und geringer erforderlicher Stauraum ermöglichen breite Anwendung und raschen Standortwechsel. Nach Aussagen von Erprobungsträgern stellt die HF-Antennenanlage AK 501 die beste Kombination aus hoher funktechnischer Wirksamkeit und großer Mobilität dar, die derzeit verfügbar ist.

HF-Antennenanlage AK 501 für mobilen Einsatz

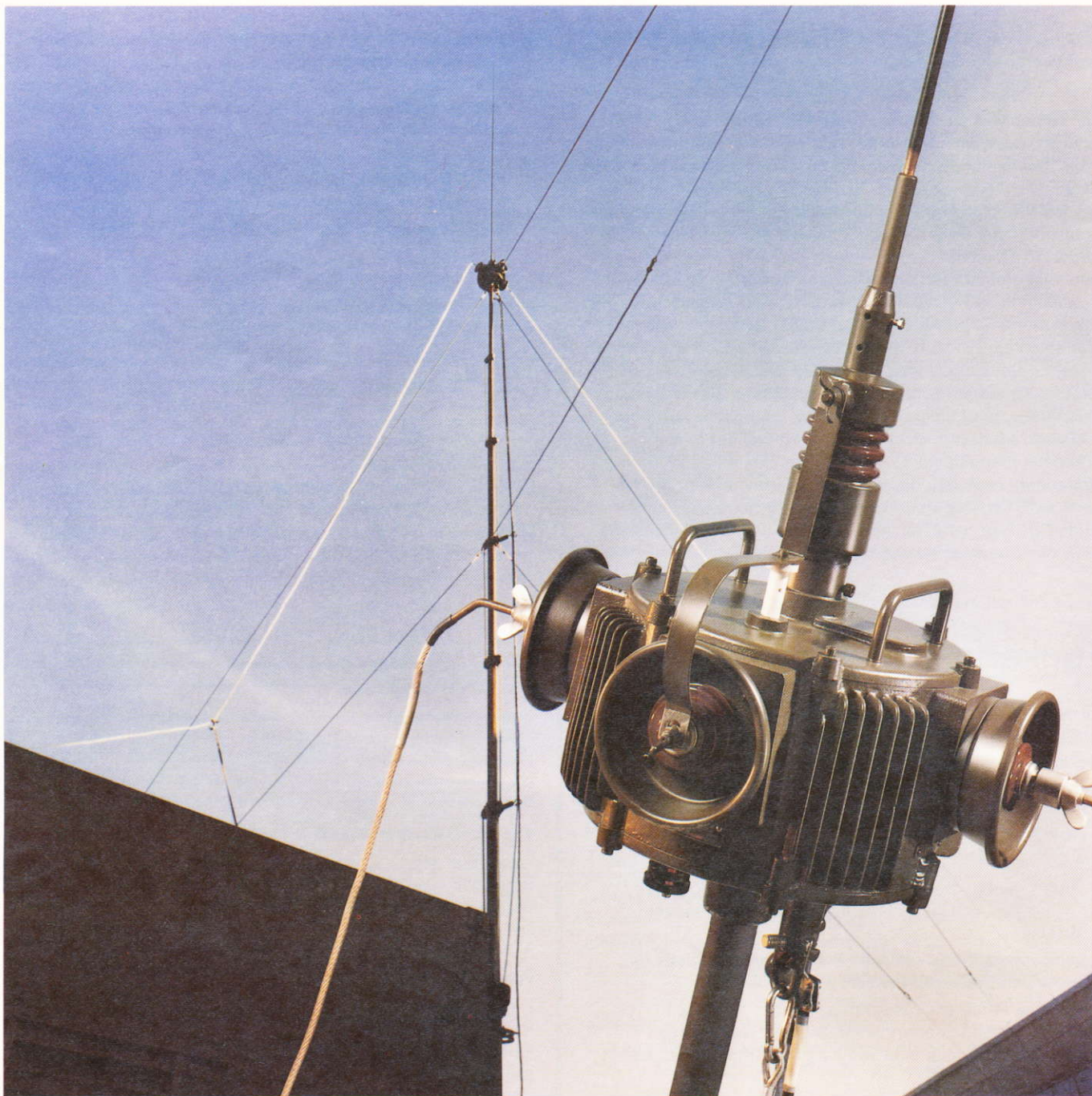


BILD 1 HF-Antennenanlage AK 501 im mobilen Einsatz - herausvergrößert der Antennenumschalter GH 044, der neben der Auswahl „Bodenwellen-“ oder „Steilstrahlbetrieb“ die Halbierung der Antennenlänge gegenüber herkömmlichen Steilstrahlern ermöglicht. Foto 30 443

Funktechnische Eigenschaften

Die Antennenanlage AK 501 (BILD 1) eignet sich für Bodenwellenverbindungen und für Raumwellenübertragung über die Ionosphäre. Besondere Aufmerksamkeit wurde bei der Entwicklung der Antenne der zuverlässigen Versorgung bei Entfernungen zwischen etwa 50 und 150 km gewidmet; mit bisher eingesetzten mobilen Antennen traten in diesem Bereich oft Probleme auf, da die vertikalen Strahlungsdiagramme teilweise nicht den Anforderungen des Steilstrahlbetriebs entsprachen.

Bodenwellen-Verbindungen

Für den Bodenwellenbetrieb wird der in BILD 2 blau hervorgehobene Teil der Antennenanlage verwendet. Man erhält so mit einfachen Mitteln eine extrem rasch montierbare Vertikalantenne mit großer effektiver Höhe. Welchen Vorteil diese Höhe bietet, verdeutlicht BILD 3; es stellt die mit der Bodenwelle erzielbaren **Reichweiten** dar, wenn man A3J-Aussendung und mindestens 20 dB Signal/Rausch-Abstand am Empfangsort voraussetzt. Der Vergleich der tagsüber und nachts erreichten Entfernungen zeigt, daß die Reichweite am **Tag** unter sonst gleichen Voraussetzungen rund doppelt so groß ist wie in der **Nacht**. Die Ursache hierfür liegt in dem atmosphärischen Störpegel, der nachts wesentlich höher ist als tagsüber [1]. Als Strahler sind Vertikalantennen unterschiedlicher Länge gegenübergestellt; die Transformation der bei tiefen Frequenzen kapazitiv hochohmigen Antennenimpedanz auf die 50 Ω handelsüblicher Sender erfolgte dabei mit verlustarmen Transformationsschaltungen hochwertiger Anpaßgeräte [2].

Ein interessantes Ergebnis ist die Wirkung von Senderleistung und Antennenlänge auf die Reichweite der Bodenwelle im hier betrachteten Beispiel: Eine Erhöhung der Senderleistung um den Faktor 10 vergrößert die Reichweite ungefähr um den Faktor 1,7; die Reichweite D_R wächst also nur etwa mit der vierten Wurzel aus der Senderleistung P .

$$D_R \sim \sqrt[4]{P}$$

Zur Verdopplung der Reichweite ist demnach die 16fache Senderleistung nötig. Der starke Einfluß der Antennenlänge auf die Reichweite hat entscheidend zu der Festlegung der Größe der Antennenanlage AK 501 beigetragen: Die Vertikalantenne der AK 501 ist so ausgelegt, daß man bei 100 W Senderleistung die gleiche Bodenwellen-Reichweite wie bei 1 kW Senderleistung mit einer 5-m-Peitschenantenne erzielt.

Die insbesondere nachts sehr geringe Reichweite wirft die Frage nach dem **Nutzen der Bodenwelle** auf. Hier ist zu berücksichtigen:

- Für Fernschreibausendungen sind wegen der kleineren Bandbreiten und der geringeren Ansprüche an den Signal/Rausch-Abstand zwei- bis dreimal größere Reichweiten erzielbar als in Bild 2 für A3J-Übertragung [2].
- Die Bodenwelle ermöglicht eine HF-Funkverbindung unabhängig von der Ionosphäre, die zeitweise so gestört sein kann, daß keine Raumwellenübertragung erfolgt.
- Die begrenzte und kontrollierbare Reichweite ist oft für spezielle Aufgaben wichtig, insbesondere im militärischen Bereich.

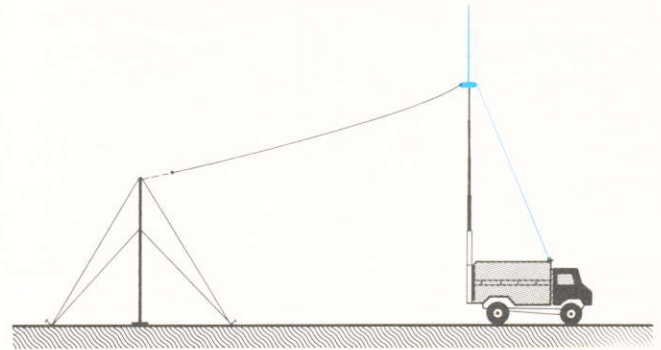


BILD 2 Für Bodenwellen-Verbindungen wird die blau gezeichnete Vertikalantenne der HF-Antennenanlage AK 501 verwendet.

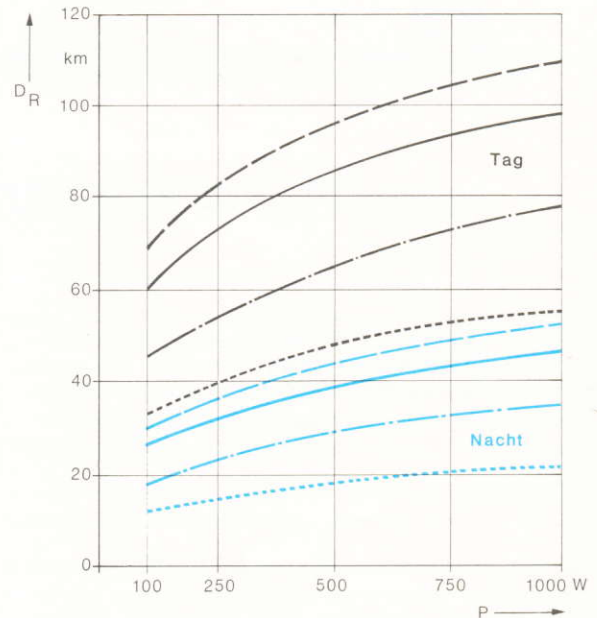


BILD 3 Mit Bodenwellen erzielbare Reichweiten D_R in Abhängigkeit von der Senderleistung P (A3J-Übertragung, 20 dB Signal/Rausch-Abstand); schwarz tagsüber (8-17 Uhr MEZ), blau nachts (21-5 Uhr MEZ). Gestrichelt 17-m-Antenne, durchgezogen 12-m-Antenne, strichpunktirt 7-m-Antenne jeweils mit Erdnetz, punktiert 5-m-Antenne ohne Erdnetz.

Steilstrahlverbindungen

Die große Bedeutung der Kurzwelle beruht auf der Raumwellenübertragung über die Ionosphäre (BILD 4). Bei mobilen Funkstellen interessieren meist Entfernungen unter 1000 km, wobei der Schwerpunkt oft im Bereich bis zu einigen 100 km liegt. Wegen der Höhe der reflektierenden Ionosphärenschichten muß hierzu relativ steil nach oben abgestrahlt werden [3].

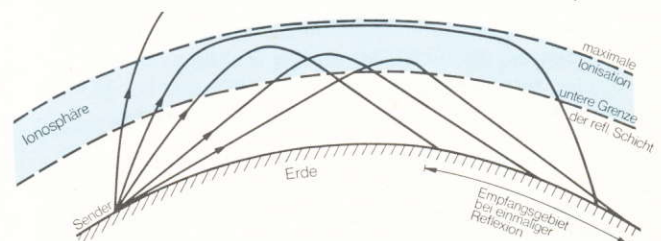


BILD 4 Raumwellenübertragung über die Ionosphäre.

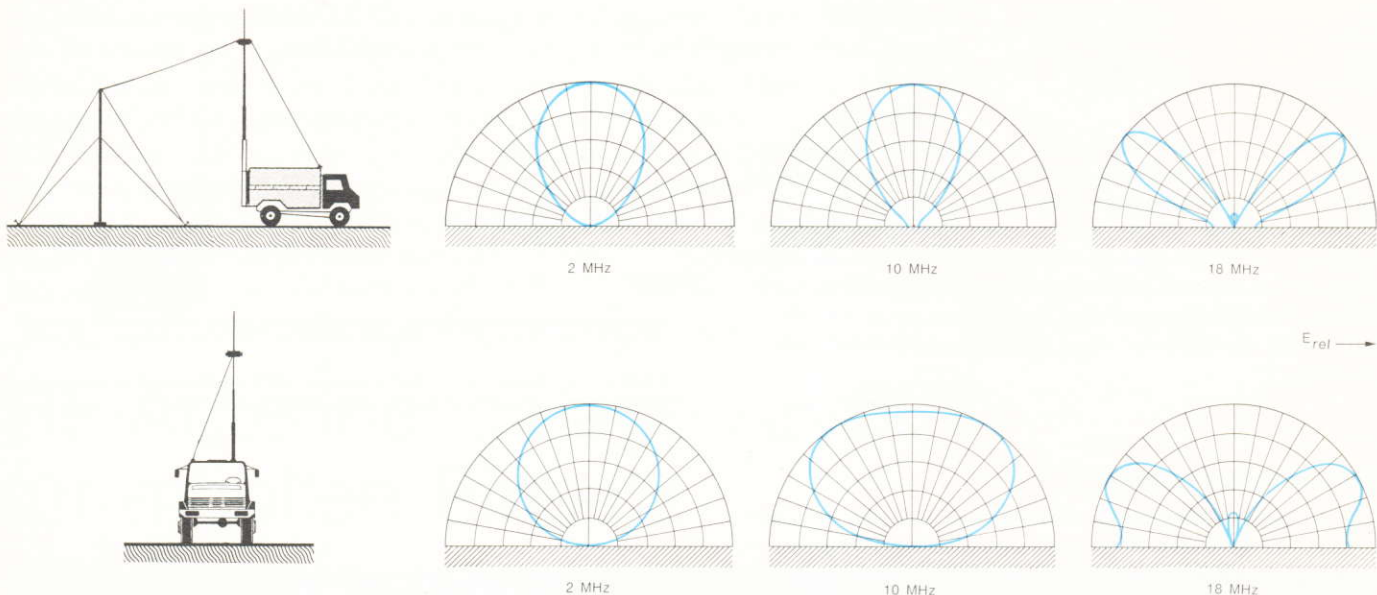


BILD 5 Vertikaldiagramme der HF-Antennenanlage AK 501 bei Steilstrahlbetrieb.

BILD 5 zeigt, daß die Antennenanlage AK 501 die hierfür geeigneten Vertikaldiagramme aufweist, wenn die in BILD 6 blau hervorgehobene Teilantenne für Steilstrahlbetrieb verwendet wird. Zur Wirkungsgradmaximierung sollte auch der Steilstrahler möglichst lang sein; die benötigten Vertikaldiagramm-

gebracht sind (siehe Bild 1) und bei Frequenzwechsel fernbedient – je nach System manuell oder automatisch – umgeschaltet werden. Hierdurch wird auf der schräg verlaufenden Zuleitung die in BILD 7 dargestellte Stromverteilung erzeugt. Der Stromknoten in der Mitte der Zuleitung bewirkt, daß sich

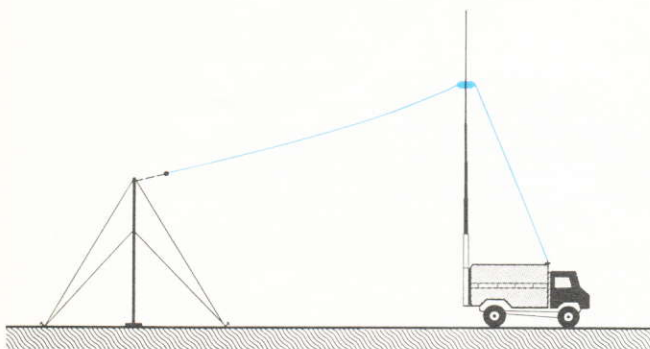


BILD 6 Blau der bei Steilstrahlbetrieb mit der HF-Antennenanlage AK 501 verwendete Antennenteil.

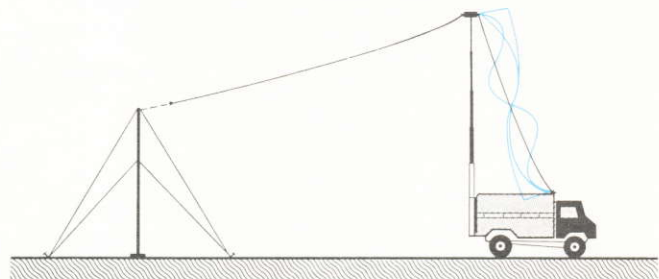


BILD 7 Stromverteilung bei Steilstrahlbetrieb für drei Frequenzen (blau) auf der Zuleitung der Antennenanlage AK 501.

me setzen hier jedoch eine Grenze: Wird die Antennenlänge wesentlich größer gewählt als bei der AK 501, so erhält man einen Einzug im vertikalen Strahlungsdiagramm bereits bei den Frequenzen, die für Steilstrahlung wichtig sind. Wie Bild 5 zeigt, tritt dieser Effekt bei der AK 501 erst bei 18 MHz auf, einer Frequenz, die für Steilstrahlung zu hoch ist.

Die **Länge des Steilstrahlers** der AK 501 könnte ohne Beeinträchtigung der funktechnischen Eigenschaften auf die Hälfte üblicher Steilstrahldipole **verkleinert** werden. Einfacherer und schnellerer Auf- und Abbau und verringerter Platzbedarf sind die Vorteile dieser Ausführung. Ermöglicht wurde dies durch Beschaltung mit verlustarmen Blindelementen, die im Antennenumschalter GH 044 auf der Kurbelmastspitze unter-

die gegenphasigen Strahlungsanteile des oberen und unteren Teils hinsichtlich der Bodenwellenanregung weitgehend kompensieren.

Neben der Verkleinerung gegenüber vergleichbaren Steilstrahldipolen wurde damit auch ein funktechnisch interessanter Aspekt erzielt: Bei einfach aufgebauten HF-Antennen treten im praktischen Einsatz oft beträchtliche Probleme durch Interferenz zwischen Bodenwelle und Raumwelle auf; die **bei Steilstrahlbetrieb** mit der AK 501 erzielte **Bodenwellenunterdrückung** verschiebt diese Fadingbereiche in die funktechnisch nicht relevante Nahzone. Diese Eigenschaft der AK 501 ist bei den Übertragungsverfahren besonders vorteilhaft, die bezüglich Mehrwegeausbreitung kritisch sind.

Horizontale Antennen eignen sich im Bereich der Steilstrahlung für **Rundversorgung**, wie aus dem räumlichen Strahlungsdiagramm in BILD 8 zu erkennen ist. Zur Ausweitung des rundversorgten Bereichs bis auf **1000 km Radius** wurde dem Steilstrahler der AK 501 eine definierte Neigung gegen den Boden gegeben; man erhält hierdurch eine Auffüllung des Diagrammeinzugs, der sonst bei kleineren Erhebungswinkeln in Richtung der Antennenachse auftritt [4]. Die Wirkung dieser Diagrammauffüllung zur Ausweitung des rundversorgten Gebietes wurde über Funkstreckenberechnungen optimiert und kontrolliert. Die erreichten Azimutaldiagramme für verschiedene Erhebungswinkel zeigt BILD 9.

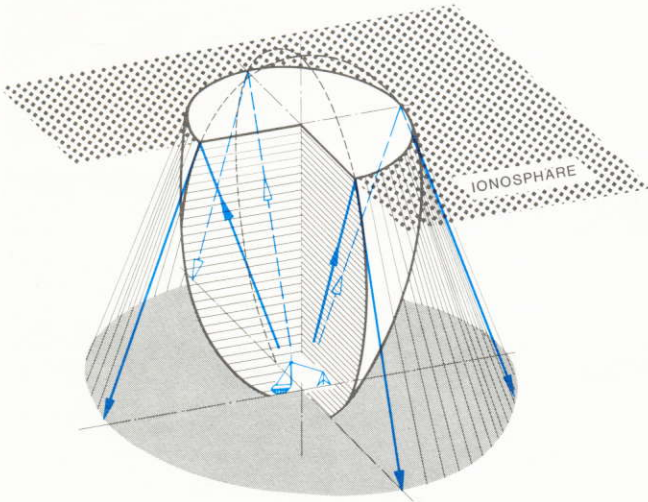


BILD 8 Räumliches Strahlungsdiagramm der HF-Antennenanlage AK 501 bei Steilstrahlbetrieb.

Weitverkehr

Bei Wahl geeigneter hoher Frequenzen können mit der Antennenanlage AK 501 auch Funkverbindungen über große bis weltweite Entfernungen aufgebaut werden. Die Vertikalantenne dient dabei zur Rundversorgung; die vorwiegend für Steilstrahlung konzipierte Teilantenne weist bei flacher Abstrahlung – wie herkömmliche horizontale Dipole auch – zwei Vorzugsrichtungen auf. Durch die erwähnte Neigung ist allerdings die Versorgung in den beiden hierzu senkrechten Azimutrichtungen besser als bei horizontalen Dipolen, wie das Azimutaldiagramm für 0° Erhebungswinkel in Bild 9 zeigt.

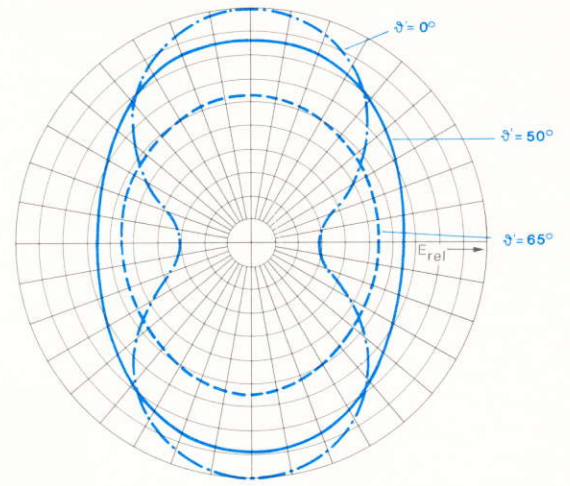


BILD 9 Azimutaldiagramme der Antennenanlage AK 501 für verschiedene Erhebungswinkel δ' bei Steilstrahlbetrieb.

Mechanischer Aufbau

Antenne für Standbetrieb

Die in BILD 10 dargestellte Antenne kann in zehn Minuten auf- oder abgebaut werden. Sie besteht aus:

Vertikalteil HV 001, der von der Antennendurchführung am Fahrzeug oder Shelter zum Antennenumschalter auf dem Mast führt,

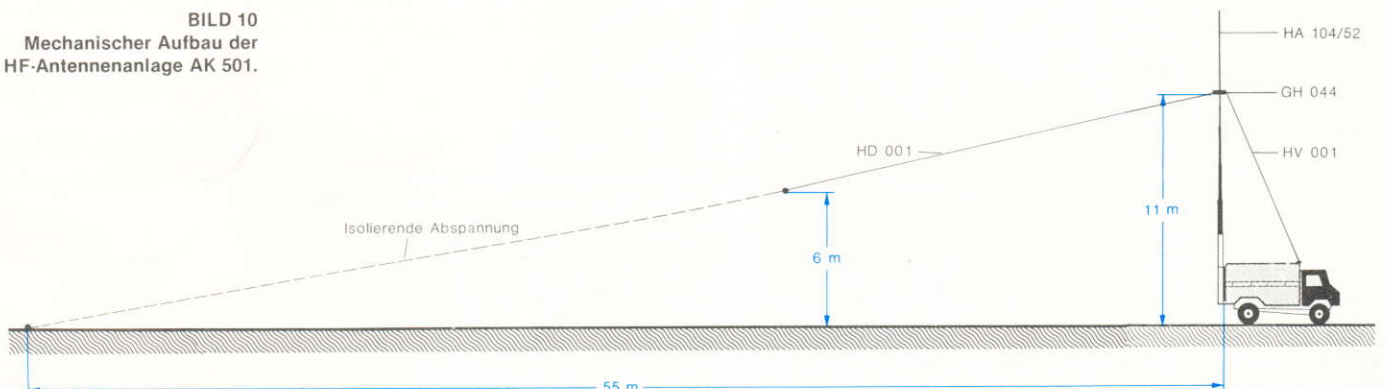
5-m-Stab HA 104/52, der bei Betrieb als Vertikalantenne zur Verlängerung des Vertikalteils HV 001 dient,

Steilstrahler HD 001, der vom Antennenumschalter zu einem Hilfsmast geführt und dort isoliert befestigt wird (platzsparer Aufbau gemäß Bild 2 und 6) oder über eine isolierende Verlängerung zum Boden gespannt wird (zeitsparender Aufbau gemäß Bild 10),

Antennenumschalter GH 044, dem Kernstück der Antennenanlage, der die fernbediente Umschaltung zwischen den beiden Teilantennen vornimmt und die Transformationselemente zur Halbierung der Länge des Steilstrahlers enthält.

Für den Tragmast zur Aufnahme des Antennenumschalters GH 044 hat sich die Befestigung an der Fahrzeug- oder Kabinenrückwand bewährt. Kurze Auf- und Abbaupzeit wird mit dem Teleskopmast erzielt (empfohlenes Zubehör); für platzsparernden Aufbau sorgt der ebenfalls als Zubehör erhältliche 6-m-Steckmast.

BILD 10
Mechanischer Aufbau der
HF-Antennenanlage AK 501.



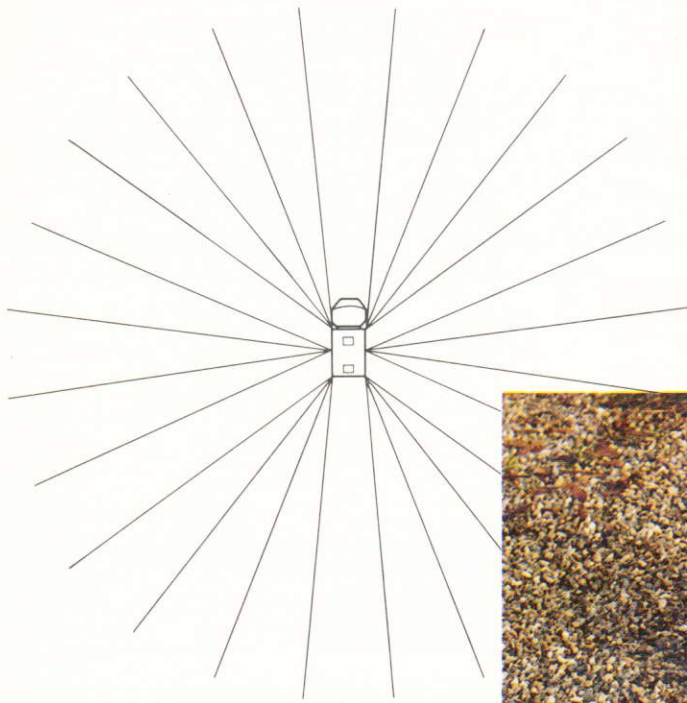


BILD 11
 Erdnetz AZ 001 zur
 Antennenanlage AK 501.
 Die 20 m langen verzinkten
 Stahlseile werden nur auf
 dem Boden ausgelegt;
 es sind keine Erdpflöcke
 am äußeren Ende nötig.
 Zum Transport werden die
 Seile bündelweise auf
 Haspeln aufgewickelt.
 Foto 30 420



Weiter wird für den Einsatz der Antennenanlage AK 501 das **Erdnetz AZ 001** empfohlen, dessen Aufbau einen Kompromiß zwischen guter elektrischer Wirksamkeit und der Verwendbarkeit im ortsveränderlichen Betrieb darstellt (BILD 11). Es ist zwar für die Betriebsfähigkeit der Anlage nicht unbedingt erforderlich, bei Bodenwellen- wie auch bei Steilstrahlbetrieb erhöht es jedoch den Wirkungsgrad und damit die Strahlungsleistung der Anlage durch Reduzierung der im Boden auftretenden Verluste [2]. Bei unkritischen Verbindungen kann meist auf das Auslegen des Erdnetzes verzichtet werden; bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen bringt es eine deutliche Steigerung der Verbindungszuverlässigkeit.

Betrieb während der Fahrt

Der 5-m-Stab HA 104/52 dient im Standbetrieb zur Erzielung der großen wirksamen Länge der Vertikalantenne. Für Fahrbetrieb kann er an der Antennendurchführung des Fahrzeugs

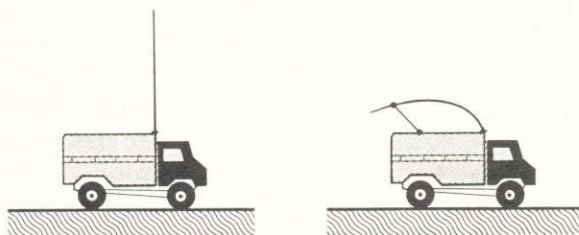


BILD 12 Funkbetrieb während der Fahrt mit der 5-m-Stabantenne HA 104/52.

oder Shelters befestigt werden (BILD 12). Ein Niederbinden ist möglich; es sollte jedoch nur so weit geschehen, wie es für die Fahrsicherheit unbedingt erforderlich ist, da die Strahlungsleistung mit zunehmendem Niederbinden immer weiter reduziert wird.

Axel Stark

LITERATUR

- [1] CCIR-Report 322: World Distribution and Characteristics of Atmospheric Radio Noise. Genf 1963.
- [2] Hock, A.: Antennentechnik. Reihe Kontakt und Studium, Expert Verlag, Grafenau, 1981.
- [3] Stark, A.: Drehbare logarithmisch-periodische Dipolantennen für 5 bis 30 MHz. Neues von Rohde & Schwarz (1973) Nr. 63, S. 16-22.
- [4] Stark, A.; Demmel, F.: Aktive Empfangsantenne für 1,5 bis 30 MHz. Neues von Rohde & Schwarz (1974) Nr. 64, S. 14-17.

KURZDATEN HF-ANTENNENANLAGE AK 501

Frequenzbereich	1,5...30 MHz
Senderleistung	1 kW
Polarisation	horizontal oder vertikal (umschaltbar)
Impedanz	50 Ω
Welligkeit (VSWR)	< 2 (mit Anpaßgerät)

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 96/4