

Ein Antennenmessplatz für Strahlungsdiagrammuntersuchungen = Place de mesures d'antennes pour analyse de diagrammes d'émission

Autor(en): **Kerle, Wigand**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und
Telegraphenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes,
téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda
delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **47 (1969)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874056>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Antennenmessplatz für Strahlungsdiagrammuntersuchungen

Place de mesures d'antennes pour analyse de diagrammes d'émission

Wigand KERLE, Bern

621.317.2:621.396.67
621.396.67.012.1

Zusammenfassung. Die Ermittlung der Strahlungsdiagramme von Kurzwellenantennen erfordert einen grossen und kostspieligen Aufwand an Geräten. Um die Garantiedaten der Hersteller solcher Antennen trotzdem eingehend überprüfen und eigene Entwicklungsstudien durchführen zu können, wurde ein Messplatz für massstäblich verkleinerte Modelle eingerichtet. Die Beschreibung der Anlage umfasst auch eingehende Hinweise auf die Messmethode mit Beispielen von Ausbreitungscharakteristiken verschiedener Antennentypen.

Résumé. La mesure des diagrammes de rayonnement d'antennes d'ondes courtes se fait à l'aide de méthodes difficiles et coûteuses. Pour pouvoir quand même vérifier les données garanties par le constructeur et faire des études de développement, il a été fait une place de mesure pour modèles réduits d'antennes. La description de l'installation comprend également un aperçu détaillé de la méthode de mesure avec des exemples de caractéristiques d'émission de divers types d'antennes.

Un posto di misurazione per l'esame del diagramma d'irradiazione di antenne

Riassunto. Per determinare il diagramma d'irradiazione di antenne per le onde corte sono indispensabili impianti importanti e costosi. Onde poter ciò nonostante controllare i dati garantiti dai fornitori di simili antenne e al fine di poter studiare gli equipaggiamenti propri è stato installato un posto di misurazione per modelli su scala ridotta. La descrizione dell'impianto contiene anche un rinvio ai metodi di misurazione ed è completata con esempi di irradiazioni caratteristiche di diversi tipi d'antenna.

Die Ausbreitungscharakteristiken von Kurzwellenstrahlern müssen, der grossen Antennenabmessungen wegen, mit dem Flugzeug abgetastet werden. Soll dabei eine hinreichende Genauigkeit und eine jederzeit einwandfreie Reproduzierbarkeit erzielt werden, ist ein erheblicher Aufwand an Hilfsmaterial nötig: die Messsonde muss so weit vom Flugzeug entfernt angebracht werden, dass dessen Metallflächen keinerlei Einfluss auf die Sonde haben; die Position des Flugzeuges muss jederzeit genau bekannt sein, was am einfachsten mit Hilfe von zwei Präzisionsradargeräten mit direkt gekoppeltem Rechner ermöglicht würde, und schliesslich wird zur Auswertung und Aufzeichnung der Messergebnisse nochmals ein vorprogrammierter Rechner mit gekoppeltem Koordinatenschreiber benötigt.

Wesentlich einfacher gelangt man über eine nach dem Modellgesetz verkleinerte Ausführung der zu messenden Antenne ans Ziel: werden ihre sämtlichen Abmessungen in demselben Massstabverhältnis reduziert, bleiben die elektrischen Eigenschaften (Anpassung, Strahlungskopplung, Ausbreitungsdiagramme) unverändert. Die Idee eines solchen Vorgehens ist keineswegs neu, erstaunlich ist höchstens, dass bei vielen nach diesem Prinzip gemessenen Antennen eine mehr oder weniger schlechte Übereinstimmung mit den gerechneten Werten zu finden ist. Der im folgenden beschriebene Messplatz wurde deshalb so aufgebaut, dass einerseits die möglichen Eigenfehler klein gehalten werden und andererseits eine gute Übereinstimmung von theoretischen Werten mit den ermittelten Resultaten erreicht werden konnte.

1. Aufbau des Messplatzes (Fig. 1)

Eine Fläche von 30 m Durchmesser ist mit einem Geflecht aus verzinnnten Eisendrähten mit 25 mm Maschen-

Les caractéristiques de propagation des antennes d'ondes courtes doivent, en raison de leurs dimensions, être mesurées à l'aide d'un avion ou d'un hélicoptère. Lorsqu'une exactitude suffisante et une reproductibilité parfaite doivent être atteintes, un engagement important de matériel est indispensable. L'antenne de réception se trouve sous l'avion et doit être fixée de telle manière que les pièces métallisées de l'appareil ne l'influencent pas. Sa position doit à chaque moment pouvoir être déterminée, ce qui n'est possible qu'avec le concours de deux radars de précision reliés directement à un calculateur. Enfin, il est nécessaire de disposer d'un ordinateur programmé et d'un enregistreur de coordonnées accouplé, lesquels sont engagés pour le traitement et l'enregistrement des valeurs mesurées.

Il est plus aisé d'atteindre le même but en faisant usage de modèles réduits. Si les différentes dimensions sont réduites dans la même proportion, les caractéristiques électriques restent les mêmes. L'idée d'un tel procédé de mesure n'est pas nouvelle, et il est intéressant de noter que la plupart des valeurs mesurées d'après ce principe ne correspondent pas aux valeurs calculées. La place de mesures d'antennes décrite ci-dessous a été construite de manière que, d'une part, les éventuelles erreurs constatées soient relativement réduites et que, d'autre part, il y ait une bonne concordance entre valeurs théoriques et mesurées.

1. Description de la place de mesures d'antennes (fig. 1)

Une surface de 30 m de diamètre est recouverte d'un treillis de fils de fer étamés, tous les fils étant soudés ensemble. La distance entre les mailles est de 25 mm. Cette surface est traversée par une bande de feuilles de cuivre de 4 m de largeur. Au centre se trouve une plaque tournante

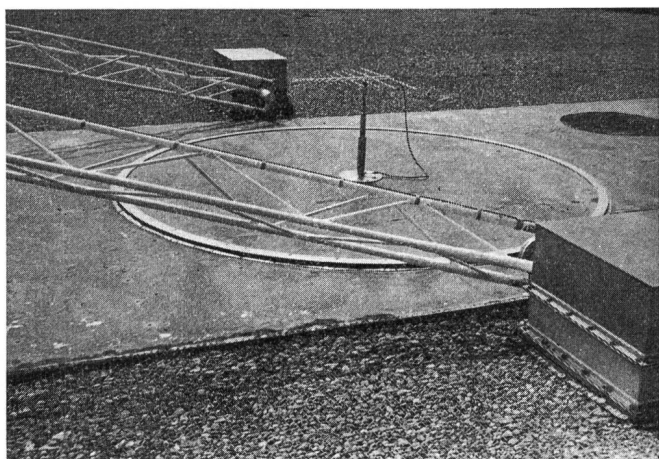


Fig. 1
Logarithmisch-periodische Antenne (entsprechend den Figuren 7/8) auf dem Drehtisch – Antenne logarithmique périodique (voir fig. 7/8) sur la plaque tournante

weite (alle Drähte sind miteinander verlötet) belegt und unterbrochen durch eine 4 m breite Diagonale aus Kupferblech. Im Zentrum befindet sich ein motorgetriebener Drehtisch mit Kupferauflage, der mit einem Kranz von Schleifkontaktbändern aus Bronze mit der Metallfläche des Platzes galvanisch verbunden ist. Zu beiden Seiten des Tisches dienen zwei Motoren zur Vertikalschwenkung eines Zweibeines aus glasfaserverstärkten Polyesterrohren, das an seiner 10 m von der Drehachse entfernten Spitze die Messsonde (Dipol mit 6 cm Beinlänge) trägt. Die Antennenmodelle werden auf dem Drehtisch befestigt und vom Sender gespeist. Ihr Modellmassstab wird so gewählt, dass die untere Grenzfrequenz etwa bei 300 MHz liegt. Am Rande des Platzes sind in einem kleinen Holzhäuschen alle notwendigen Geräte untergebracht.

2. Eichung der Messanlage (Fig. 2)

Sender (1) und Empfänger (11) befinden sich im gleichen Raum; beide Geräte sind doppelt abgeschirmt und mit breiten Erdbändern an das Drahtgeflecht des Platzes angeschlossen. Die grosse Sendeleistung erlaubt eine gute Entkopplung des Senders vom nachfolgenden Leitungszug zur Modellantenne [Unterdrückung von Rückwirkungen durch die Abstimmereinheit (4)] und des Empfängers (unge-nügende Konstanz des Eingangswiderstandes über den Frequenzbereich) mit den Dämpfungsgliedern (2) bzw. (10). Die Koaxialkabel A und B sind, bis auf die beiden Miniaturausführungen RG 174/U-SS entlang eines Dreharmes (kleinste Metallmasse im Strahlbereich), durchwegs dämp-

recouverte de cuivre et actionnée par un moteur. Le raccordement de cette plaque à la surface métallique de la place a une résistance électrique pratiquement nulle, la plaque elle-même étant entourée de contacts frotteurs en bronze. Des deux côtés de cette plaque se trouvent 2 moteurs, lesquels sont nécessaires à la mise en mouvement verticale d'un bipied formé de tubes en polyester renforcés de fibres de verre. Au bout de ce bras, à 10 m de l'axe de rotation, se trouve une sonde de mesure (antenne dipôle, longueur d'un bras 6 cm). Les maquettes d'antennes sont fixées sur la plaque tournante et alimentées par l'émetteur. L'échelle de ces maquettes est choisie de sorte que

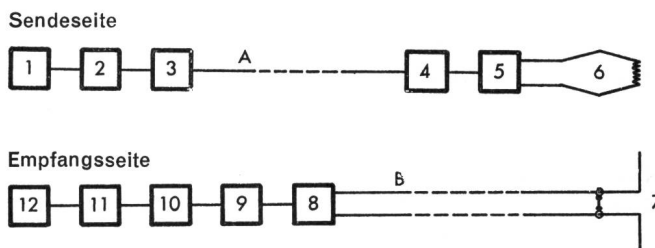


Fig. 2
Schematische Darstellung der verwendeten Messgeräte – Représentation schématique des appareils de mesures utilisés:

- 1 = Leistungssender Airborne, Typ 124 A, 270...900 MHz, 5...20 W HF-Leistung an 50Ω – Emetteur de puissance Airborne, Type 124 A, 270...900 MHz, 5...20 W puissance HF, 50Ω
- 2 = Hochleistungsdämpfungsglied Spinner 3 dB, 20 W – Atténuateur de puissance Spinner 3 dB, 20 W
- 3 = Durchgangswattmeter Bendix, Typ 704 N – Wattmètre Bendix, Type 704 N
- A = Dämpfungsarmes Koaxialkabel Cellflex $1/2''/50 \Omega$ (Kabelmetall AG) – Câble coaxial à faible atténuation Cellflex $1/2''/50 \Omega$ (Kabelmetall SA)
- 4 = Fernbedienbare Abstimmereinheit, bestehend aus einer $50\text{-}\Omega$ -Leitung mit variabler Länge (trombone) und einer Stichelung (stub) mit gekoppeltem Reflektometer – Circuit d'accord, commande à distance, comprenant une ligne de 50Ω de longueur variable (trombone) et une ligne en court-circuit (stub) avec réflectomètre accouplé
- 5 = Präzisionsbalun Rohde & Schwarz, Typ BSI 50/200 Ω , für 300...1000 MHz – Balun de précision Rohde & Schwarz, Type BSI 50/200 Ω , pour 300...1000 MHz
- 6 = Zu messende Modellantenne – Maquette d'antenne à mesurer
- 7 = Elektrisch kurzer Dipol (Messsonde) – Dipôle électriquement court, (sonde de mesure)
- B = 2 Kabel RG 174/U-SS (doppelte Abschirmung) entlang eines Dreharmbeines, nachher $2 \times$ Cellflex $1/4''/50 \Omega$ – 2 câbles RG 174/U-SS (doublement blindés) le long du bipied puis, $2 \times$ Cellflex $1/4''/50 \Omega$
- 8 = Präzisionsbalun Rohde & Schwarz, Typ BSI – Balun de précision Rohde & Schwarz, Type BSI
- 9 = Variabler Dämpfungsregler in 1-dB-Schritten, Hewlett Packard – Atténuateur variable avec pas de 1 dB, Hewlett Packard
- 10 = Festdämpfungsglied 10 dB, Hewlett Packard – Atténuateur fixe de 10 dB, Hewlett Packard
- 11 = Feldstärkemessgerät Rohde & Schwarz, Typ ESU, 25...900 MHz – Appareil de mesures de champ Rohde & Schwarz, Type ESU, 25...900 MHz
- 12 = Polarkoordinatenschreiber Rikadenki, Typ PL-2 (Antrieb über je 1 Paar Drehfeldgeber direkt vom Dreharm beziehungsweise vom Drehtisch) – Polarographe Rikadenki, Type PL-2 (actionné par l'intermédiaire de 2 selsynes soit par le bipied soit par la plaque tournante)

fungsarme Cellflex-Kabel mit Schaumpolyäthylen als Dielektrikum.

Die Modellantennen werden mit der fernbedienbaren Abstimmereinheit (4) so angepasst, dass kein Energierückfluss zum Sender auftritt. Die gesamte elektrische Installation im Messraum ist abgeschirmt. Trotz all dieser Massnahmen war nicht zu verhindern, dass noch etwas Energie vom Sender direkt in den Empfänger gelangte. Der Abstand von Störspannung zu Wirkspannung beträgt aber im ungünstigsten Fall bereits 30 dB, so dass keine Beeinträchtigung der Messresultate eintritt.

Die Dämpfung aller Glieder zwischen (1) und (6) sowie zwischen (7) und (12) über den Frequenzbereich von 300... 900 MHz bestimmte man mit dem Dämpfungs- und Phasenmessplatz 8405A von *Hewlett Packard* (Vektorvoltmeter). Die Feldstärke eines Strahlers (6) wurde in 10 m Entfernung mit zwei verschiedenen logarithmisch-periodischen Messantennen, deren Daten bekannt waren, ermittelt, wobei eine maximale Differenz der Anzeige von 1,4 dB zwischen beiden Antennen auftrat. Der mit den Werten vom Dipol (7) gefundene Antennenfaktor war über den Frequenzbereich konstant (maximale Abweichung 0,4 dB).

Die Ergebnisse sind Feldstärkewerte eines Strahlers (6) in $\mu\text{V}/\text{m}$ für die Eingangsleistung P (Watt) dieses Strahlers in einer Distanz von 10 m. Diese Werte lassen sich leicht umrechnen in dB über $1 \mu\text{V}/\text{m}$ für $P = 1 \text{ W}$ und 1 km Distanz. Subtrahiert man davon 74,8 (Feldstärke des Kugelstrahlers in $\text{dB}/1\mu\text{V}/\text{m}$, 1 W, 1 km), erhält man den Antennengewinn bezüglich der Isotrope.

3. Messgenauigkeit

Bei der Dämpfungsmessung aller Komponenten zwischen (3) und (5) beziehungsweise (7) und (11) konnte eine Genauigkeit von 0,5 dB erreicht werden.

Das Durchgangswattmeter (2) ist kalorimetrisch geeicht mit einer Genauigkeit von 1% (Bereich 5...12 W).

Das Feldstärkemessgerät ESU (11) weist im linearen Bereich einen Anzeigefehler von höchstens $\pm 1 \text{ dB}$ auf.

Die verwendeten zwei logarithmisch-periodischen Messantennen ergaben im Überschneidungsbereich von 450... 900 MHz eine maximale Abweichung von 1,4 dB.

Der Messfehler der gesamten Anlage dürfte somit im Mittel bei etwa 3 dB liegen. Es ist möglich, diesen durch genauere Eichung der Komponenten noch zu verringern.

Die Anzeige der Azimut- und Elevationswinkel kann trotz der hohen Präzision der verwendeten Drehfeldgeber ($\pm 0,1^\circ$) nicht beliebig genau erfolgen. Für den Drehtisch (Azimutwinkel) konnte ein Anzeigefehler von maximal 1°

die Frequenz limite inférieure se situe vers 300 MHz. Tous les instruments nécessaires aux mesures sont placés dans une maisonnette de bois, en bordure de la place de mesures.

2. Etalonnage de l'installation de mesure (fig. 2)

Emetteur (1) et récepteur (11) se trouvent dans le même local; les deux appareils sont doublement blindés et reliés au treillis recouvrant la place de mesures par de larges bandes de cuivre. La grande puissance d'émission nous permet un bon découplage entre l'émetteur et les divers éléments conduisant à l'antenne [suppression des effets de réflexion vers l'amont par le circuit d'accord (4)] et du récepteur (variation de la résistance d'entrée dans la gamme de fréquence) avec les atténuateurs (2) resp. (10). Les câbles coaxiaux A et B sont du type Cellflex à faible atténuation avec de la mousse de polyéthylène comme diélectrique, exceptés ceux du type miniature RG 174/U-SS le long du bras rotatif (masse métallique minimum dans le champ rayonné).

Les maquettes d'antennes sont adaptées à un circuit d'accord pouvant être télécommandé de manière qu'il n'y ait pas de flux d'énergie rétrograde vers l'émetteur. Toute l'installation électrique du local de mesures est blindée. Malgré toutes ces précautions, on n'a pu éviter qu'une faible partie de l'énergie de l'émetteur n'influence directement le récepteur. Le rapport signal utile sur signal perturbateur est de 30 dB dans le cas le plus défavorable, si bien que les résultats des mesures n'en sont pas affectés.

L'atténuation des différentes parties entre (1) et (6) ainsi qu'entre (7) et (12) a été déterminée entre 300-900 MHz au moyen de l'installation de mesure d'atténuation et de phase 8405 A *Hewlett Packard* (voltmètre vectoriel). Le champ d'émission d'un radiateur (6) a été déterminé à l'aide de deux différentes antennes de mesure logarithmiques périodiques dont les caractéristiques étaient connues, de telle sorte qu'une différence maximum de 1,4 dB s'est produite entre les 2 antennes. Le facteur d'antenne trouvé avec les valeurs du dipôle (7) était constant pour toute la gamme de fréquence (déviations maximale 0,4 dB).

Les résultats sont des valeurs de champ d'un radiateur (6) en $\mu\text{V}/\text{m}$ pour une puissance d'entrée P (watt) de ce dernier à une distance de 10 m. Ces valeurs peuvent facilement être transformées en dB par rapport à $1 \mu\text{V}/\text{m}$ pour $P = 1 \text{ W}$ et à une distance d'un km. Si nous soustrayons 74,8 (champ d'un radiateur isotrope en $\text{dB}/1 \mu\text{V}/\text{m}$, 1 W, 1 km), nous obtenons le gain d'antenne par rapport à une antenne isotrope.

3. Précision des mesures

Lors des mesures d'atténuation de tous les composants entre (3) et (5) respectivement (7) et (11), une précision de 0,5 dB a pu être atteinte.

und für den Schwenkarm (Elevationswinkel) ein solcher von $2^\circ \dots 3^\circ$ (Spiel in den Getrieben, Durchbiegung des Zweibeines in den Endstellungen) gefunden werden.

4. Aufzeichnung der Strahlungsdiagramme (Fig. 3)

Die zu messende Antenne, im vorliegenden Fall ein Rhombus, ist auf einer Ebene 1 über dem Schnittpunkt der Achsen x und y zentriert. Einfachheitshalber ist der Strahlungsdiagrammursprung ins Zentrum des Rhombus gelegt. Der Schnittpunkt der Achsen x und y sei Mittelpunkt einer Halbkugel mit dem Radius $r = 10$ m (Länge des Dreiharnes), deren Äquator in der Ebene 1 liegt. Die Längsachse des Rhombus wie auch die Achse der Hauptkeule des Diagramms mit dem Kugeldurchstoßpunkt I liegen in der Ebene 3 (Achsen x und z). Auf dem Grosskreis B bewegt sich die Messsonde und tastet das Vertikal-diagramm ab. Um das Horizontaldiagramm in der Elevation des Hauptstrahles zu erhalten, müsste sich die Sonde auf dem Breitenkreis A bewegen, oder aber, wie in unserem Fall, die Sonde bleibt im Punkt I und man lässt den Drehtisch mit der Antenne einen vollen Umlauf machen. Sowohl Sondenarm wie Drehtisch bewegen sich dabei mit einer Geschwindigkeit von etwa $\frac{1}{2}$ Umdrehung in der Minute, so dass, bedingt durch die Bedämpfung des Gleichstromausganges am Feldstärkeempfänger und im

Le wattmètre (2) est calibré calorimétriquement avec une précision de 1% entre 5 et 12 W.

L'appareil de mesure de champ ESU (11) a une imprécision maximum de ± 1 dB dans la gamme linéaire.

Les deux antennes de mesure logarithmiques périodiques présentaient dans leur gamme de fréquence commune (entre 450 et 900 MHz) une déviation maximum de 1,4 dB.

L'erreur de mesure de toute l'installation devrait alors, en moyenne, se situer vers 3 dB. Il est possible de réduire cette imprécision par un étalonnage plus précis des différents composants.

L'indication de l'azimut et de l'angle d'élévation ne peut être déterminée avec une précision aussi grande que voulue malgré l'exactitude du «selsyne» ($\pm 0,1^\circ$). Pour la plaque tournante (angle d'azimut), on a trouvé une erreur maximum de 1° et pour le bras oblique (angle d'élévation) de $2^\circ \dots 3^\circ$ (jeu dans les engrenages, courbure du bras dans les positions finales).

4. Tracé des diagrammes d'émission

(fig. 3)

L'antenne à mesurer, dans le cas présent une rhombique, est centrée en dessus du point d'intersection des axes x et y dans le plan (1). Pour simplifier, l'origine du diagramme d'émission correspond avec le centre de l'antenne rhombique. Le point d'intersection des axes x et y est au milieu d'une demi-sphère de 10 m de rayon (longueur du bras oblique) dont l'équateur est dans le plan 1. L'axe longitudinal de la rhombique ainsi que l'axe du lobe principal du diagramme avec son point d'intersection I avec la sphère se trouvent dans le plan 3 (Axes x et z). La sonde de mesure se déplace sur le grand cercle B et donne alors le diagramme vertical. Pour obtenir le diagramme horizontal à l'élévation du maximum de rayonnement, la sonde devrait se mouvoir le long du parallèle A ou alors, comme dans notre cas, la sonde reste au point I et l'on fait tourner la plaque tournante d'un tour complet. Le bipied ou la plaque tournante se déplacent à une vitesse d'environ $\frac{1}{2}$ tour par minute si bien

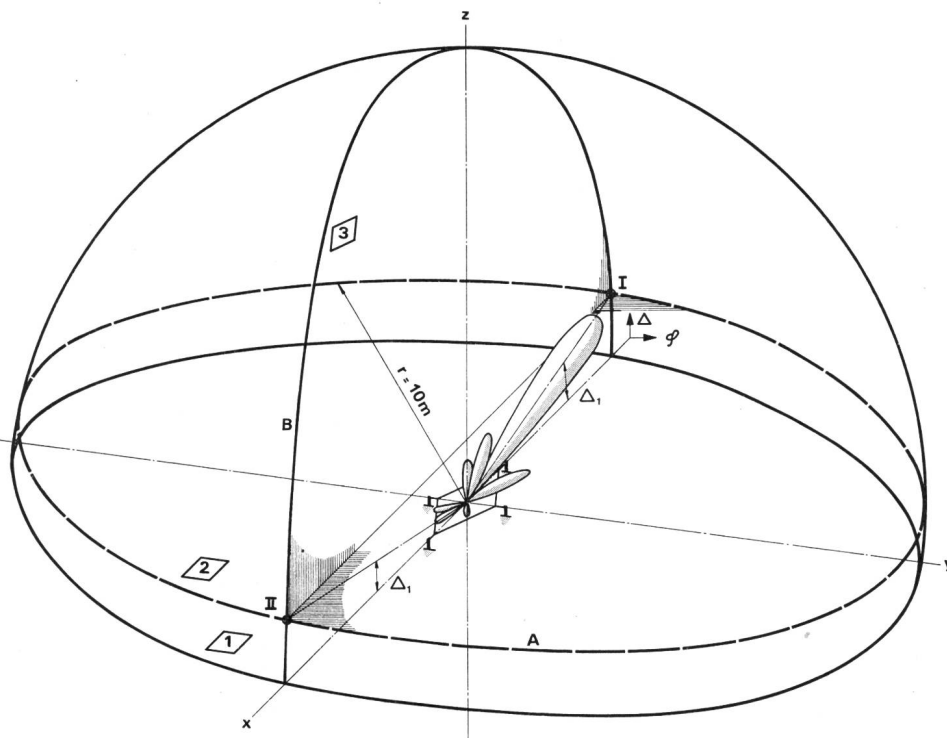


Fig. 3
Strahlungsdiagramm eines Rhombus in räumlicher Darstellung – Diagramme de rayonnement d'une rhombique représentée dans l'espace

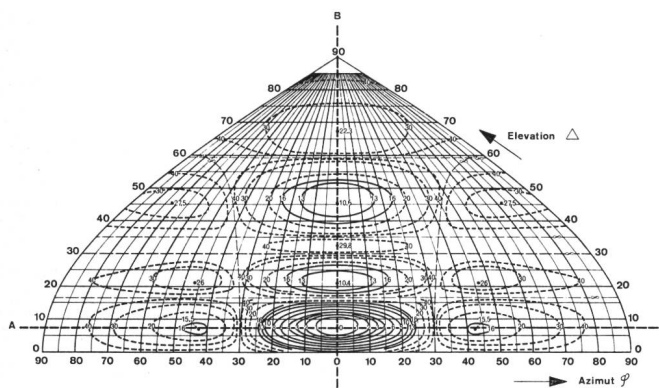


Fig. 4: Vorderseite - Vue de devant

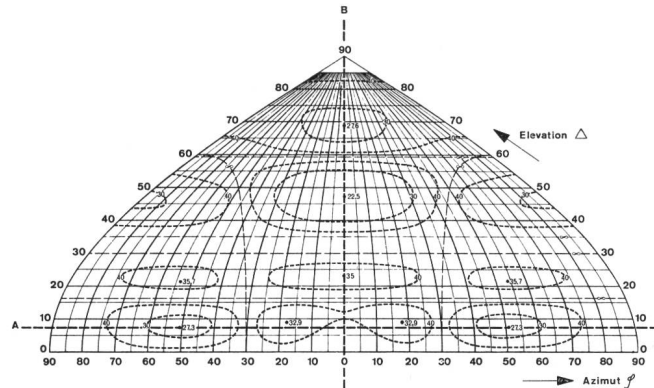


Fig. 5: Rückseite - Vue de derrière

Fig. 4/5

Strahlungsdiagramm einer Vorhangantenne HR4/4/1 - Diagramme d'émission d'une antenne rideau HR4/4/1

Schreibsystem des Polarkoordinatographen, auch sehr selektive Minima einwandfrei aufgezeichnet werden.

Für die vollständige Abbildung der Strahlungsdiagramme bedient man sich der flächentreuen Zylinderprojektion nach *Mercator-Sanson* (siehe *Figuren 4 und 5*). Das räumliche Gebilde wird durch die *yz*-Ebene (*Fig. 3*) in eine Vorder- und Rückseite geteilt.

Bei den bekannten Kurzwellenantennen verdienen nun folgende Eigenschaften besondere Aufmerksamkeit:

1. Zwischen zwei Maxima liegt grundsätzlich eine Nullstelle.
2. Die Nullstellen der Vorder- und Rückseite sind deckungsgleich.
3. Jedem Maximum der Vorderseite ist an derselben Stelle auf der Rückseite ein Maximum zugeordnet; Abweichungen von wenigen Grad sind bei Dipolantennen durch den Reflektorkreis, bei Rhomben durch eine Verkopplung seiner Parameter bedingt. Anstelle eines Maximums kann allerdings auch eine Einsattelung (wie in *Fig. 5*) eines Doppelmaximums auftreten.
4. Weist die Antenne bezüglich ihrer *xz*-Ebene eine Bau-symmetrie auf, ist diese Symmetrieebene des Diagramms (nicht bei elektrisch geschwenkter Strahlrichtung).

Diese Eigenschaften lassen sich bis auf wenige Ausnahmen in den praktischen Messungen nachweisen:

1. Im Vertikaldiagramm:

Der Erhebungswinkel Δ_1 (siehe *Fig. 3*) soll für Haupt- und zugehörige Nebenkeule (Schnittpunkte I und II mit Kreis B) praktisch gleich sein (Abweichungen höchstens einige Grad). Für die übrigen Nebenzipfel ist die Symmetrie ihrer Richtung bezüglich der Senkrechten ($\Delta = 90^\circ$) oft schwer zu finden.

que, malgré la constante de temps de la sortie du courant continu du récepteur de mesure de champ et du système traceur du polarographe, les minimums très sélectifs sont aussi enregistrés.

Pour la représentation complète des diagrammes d'émission, on emploie la projection cylindrique conservant les surfaces d'après *Mercator-Sanson* (voir *fig. 4 et 5*), c'est-à-dire que les formes tridimensionnelles sont représentées par une vue de devant et une vue de derrière séparées par le plan *yz* (*fig. 3*).

Parmi les antennes ondes courtes connues, les caractéristiques suivantes méritent d'être retenues:

1. Entre deux maximums il y a toujours un zéro.
2. Les zéros de la vue de devant et de la vue de derrière coïncident.
3. A chaque maximum de la vue de devant correspond un maximum sur la vue de derrière à la même place. Les déviations de quelques degrés sont causées par le réflecteur des antennes dipôles et par le couplage des paramètres des antennes rhombiques. A la place d'un maximum, il peut se produire un double maximum, voir *figure 5*.
4. Si l'antenne est symétrique par rapport au plan *xz*, ce dernier est plan de symétrie du diagramme (sauf en cas de déviation électrique de la direction d'émission).

Ces propriétés sont confirmées par les mesures pratiques, à part quelques exceptions peu nombreuses:

1. Diagramme vertical

L'angle d'élévation Δ_1 (voir *fig. 3*) devrait être pratiquement constant pour le lobe principal et le lobe secondaire correspondant (points d'intersections I et II avec le cercle B). Les écarts ne sont que de quelques degrés.

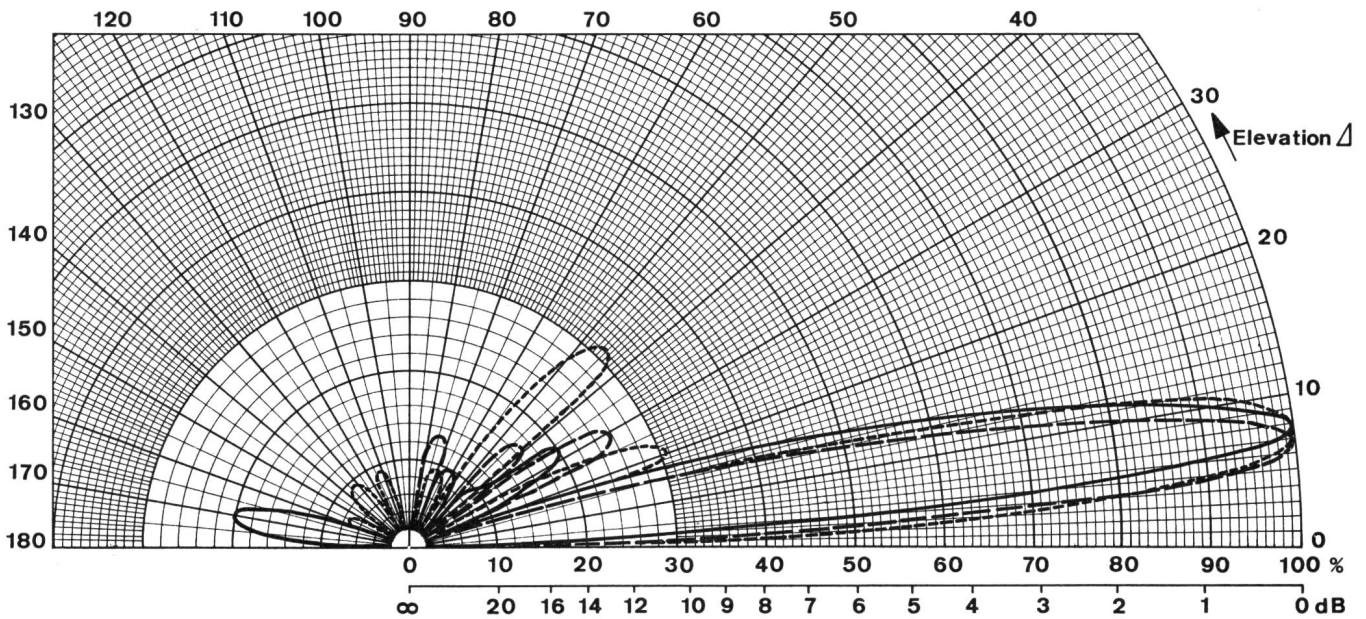


Fig. 6
Strahlungsdiagramme von Vorhangantennen HR4/4/1 – Diagrammes d'émission d'antennes rideau HR4/4/1

—	gemessen am Modell mit Netzreflektor (die Maschenweite des Reflektors ist zu gross, deshalb die erhebliche Rückstrahlung) – mesuré avec la maquette, avec réflecteur grille (les mailles sont trop grandes, d'où l'importante réflexion vers l'arrière)	- - - - -	gerechnet, mit Netzreflektor – calculé avec réflecteur grille
		· · · · ·	gerechnet, mit abgestimmtem, parasitär erregtem Reflektor (entsprechend Fig. 4/5) – calculé avec réflecteur passif accordé (comme dans fig. 4/5)

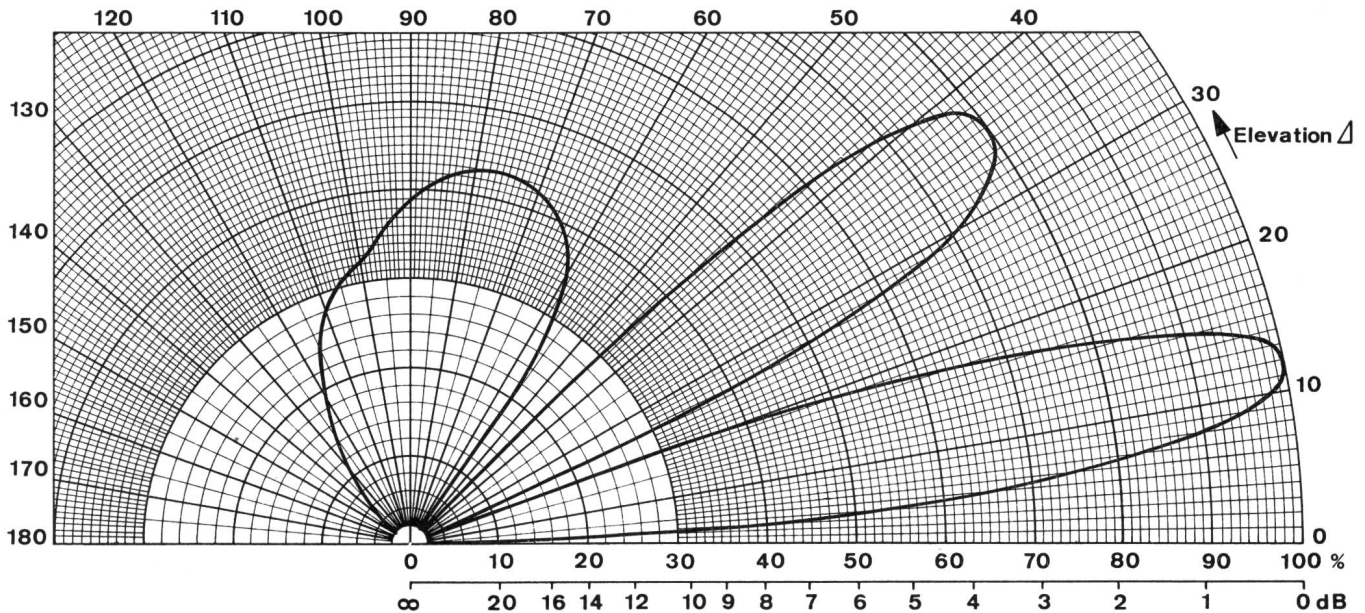


Fig. 7: Vertikaldiagramm – diagramme vertical

Fig. 7/8

Strahlungsdiagramme einer drehbaren logarithmisch-periodischen Antenne mit Dipolen (LPD 14 K/6...40 MHz) bei $f = 20$ MHz in einer Höhe über Boden von 19 m mit horizontalem Antennenträger, gemessen am Modell im Massstab 1:30 – Diagrammes d'émission d'une antenne logarithmique périodique tournante avec dipôles (LPD 14 K/6...40 MHz) $f = 20$ MHz à une hauteur de 19 m au-dessus du sol avec bras porteur horizontal, mesuré avec une maquette à l'échelle 1:30

schwarz	—	in der Elevation $\Delta = 12^\circ$
noir	—	à l'élévation $\Delta = 12^\circ$
	- - - - -	in der Elevation $\Delta = 37^\circ$
	- - - - -	à l'élévation $\Delta = 37^\circ$
	· · · · ·	in der Elevation $\Delta = 75^\circ$
	· · · · ·	à l'élévation $\Delta = 75^\circ$

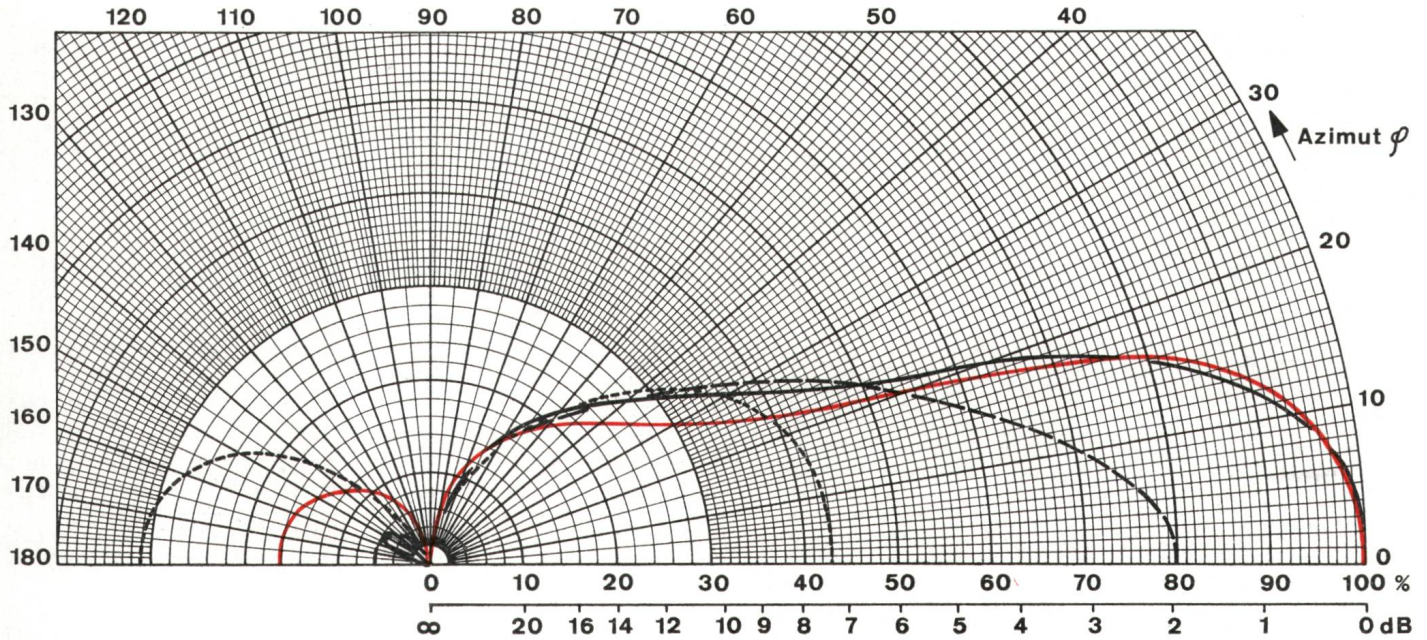


Fig. 8: Horizontaldiagramm – diagramme horizontal

Die rote Kurve zeigt das Horizontaldiagramm der wirklichen Antenne, das in 6200 km Entfernung von einer Empfangsstation ermittelt wurde – La courbe rouge indique le diagramme horizontal de l'antenne réelle, laquelle a été établie à une distance de 6200 km par une station réceptrice

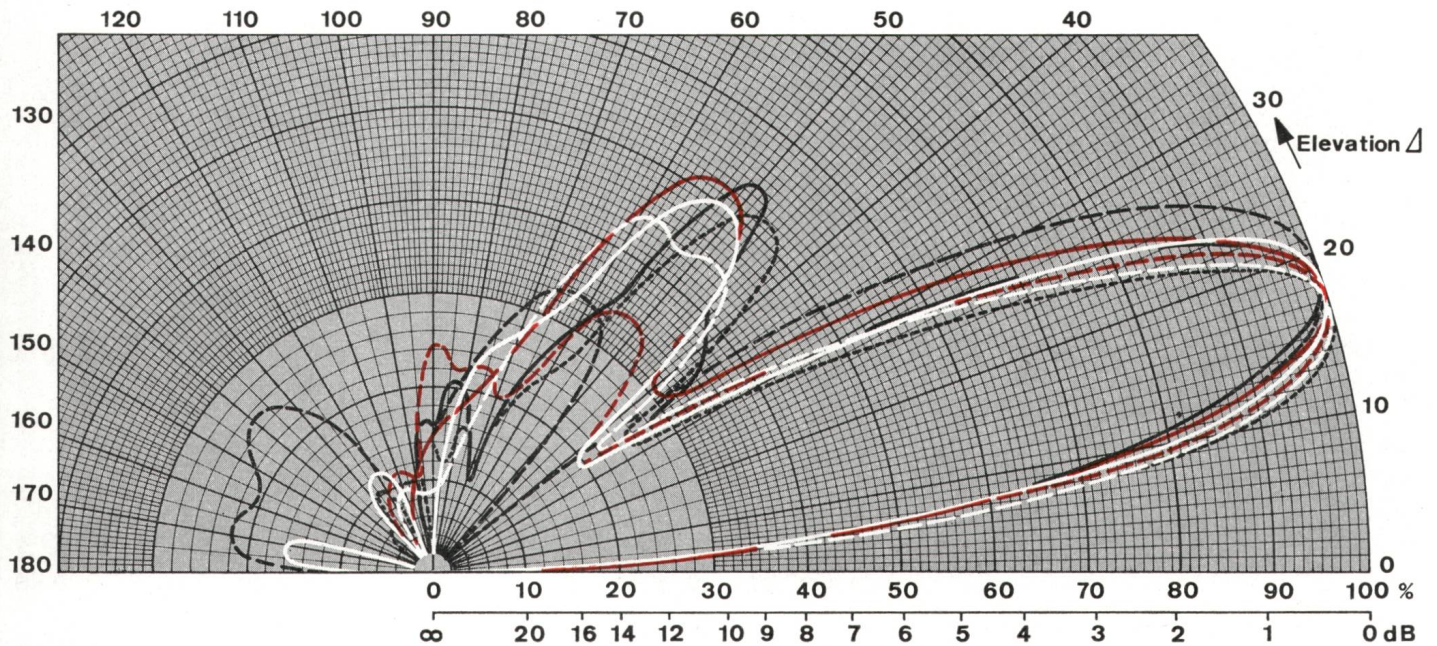


Fig. 9

Vertikaldiagramme einer LPD 22 K/3...30 MHz mit Faltdipolen und geneigtem Antennenträger, deren Höhe über Boden $0,75\lambda$ (elektrisch konstant) ist, über den Frequenzbereich von 6...26,7 MHz, am Modell im Massstab 1:30 gemessen – Diagrammes verticaux d'une LPD 22 K/3...30 MHz à dipôles repliés et bras d'antenne oblique dont la hauteur en dessus du sol est de $0,75\lambda$ (électriquement constante), dans la gamme de fréquence de 6...26,7 MHz, mesurés avec une maquette à l'échelle 1:30

schwarz	—	26,7 MHz
noir	- - -	6 MHz
	- - - -	23,4 MHz
rot	—	10 MHz
rouge	- - -	20 MHz
weiss	—	13,3 MHz
blanc	- - -	16,7 MHz

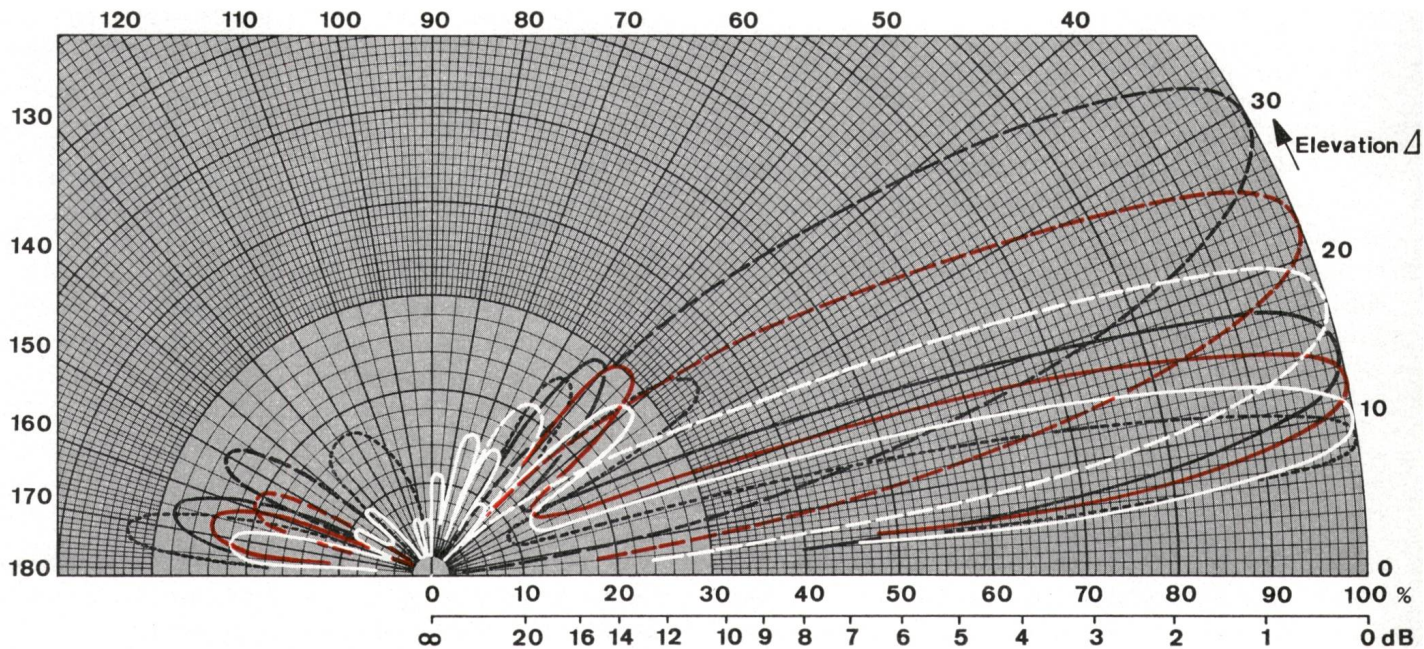


Fig. 10: Vertikaldiagramme – Diagrammes verticaux

Fig. 10/11
 Strahlungsdiagramme eines 3drähtigen Rhombus mit der Seitenlänge $l = 73$ m, dem halben stumpfen Öffnungswinkel $\gamma = 65^\circ$ und der Höhe über Boden $h = 18,5$ m, gemessen am Modell im Massstab 1:37 über den Frequenzbereich von 8,1...24,3 MHz – Diagrammes d'émission d'une rhombique à 3 fils dont la longueur d'un côté est de $l = 73$ m, le demi-angle obtus $\gamma = 65^\circ$ et la hauteur en dessus du sol $h = 18,5$ m, mesurés avec une maquette à l'échelle 1:37 dans la gamme de fréquence de 8,1...24,3 MHz

Antennengewinn/Isotrope in dB
 Gain/Isotrope de l'antenne en dB

		gerechnet calculé	gemessen mesuré
<i>schwarz</i>	—	16	11,1
<i>noir</i>	- - -	10	6
	- - - - -	15	11,3
<i>rot</i>	—	15,5	11,1
<i>rouge</i>	- - -	13	13
<i>weiss</i>	—	15,5	11,3
<i>blanc</i>	- - -	15	14

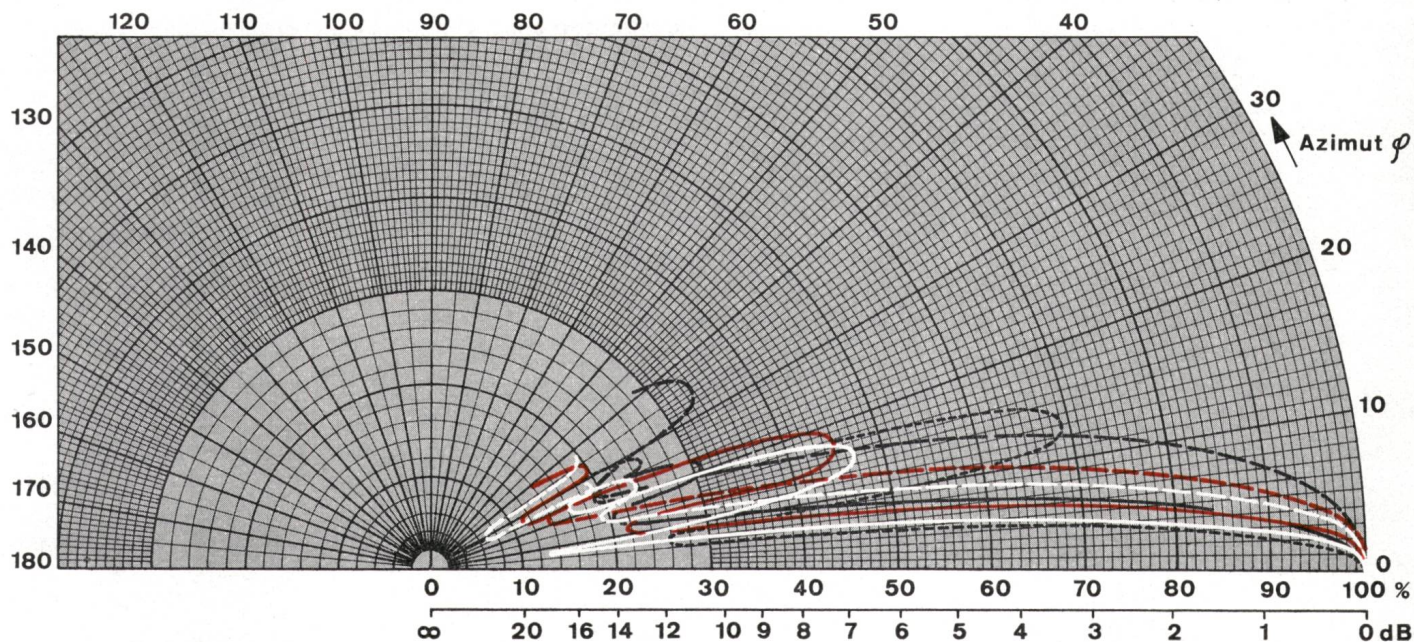


Fig. 11: Horizontaldiagramme – Diagrammes horizontaux

2. Im Horizontaldiagramm:

Die Längen gleicher Keulen müssen hier wie im Vertikaldiagramm übereinstimmen (siehe *Figuren 7 und 8*). Antennen, die bezüglich der Ebene 3 symmetrisch aufgebaut sind, ergeben ein zur Achse $\varphi = 0^\circ/180^\circ$ symmetrisches Diagramm. Ist dies nicht der Fall, kann der Fehler am Aufbau der Antenne, an ihrer Aufstellung oder aber an der ungleichen elektrischen Länge der Kabel B (Fig. 2) liegen.

Dass sich diese Bedingungen exakt erfüllen lassen, beweisen die folgenden Messbeispiele (*Fig. 9...11*).

5. Grenzen der Messmöglichkeiten

Die Modelle von Kurzwellenantennen werden auf dem beschriebenen Messplatz immer mit dem Bodeneinfluss gemessen; das bedingt aber, dass der Phasenunterschied des direkten Strahles zum Strahl des Spiegelbildes an der Messsonde nicht wesentlich verschieden als an einem in gleicher Richtung unendlich fernen Beobachtungspunkt wird. Ist die Höhe des obersten Strahlers der Antenne 2 m über Boden, der Abstand des Antennenfußpunktes zur Sonde wie bekannt 10 m und der Azimutwinkel der Hauptkeule 20° , wird der vorhin definierte Phasenunterschied etwa 12° bei 300 MHz und etwa 36° bei 900 MHz! Für kleine Messfehler dürfte der Grenzwert etwa bei 15° liegen. Durch geeignete Wahl des Modelmassstabes muss diesem Umstand Rechnung getragen werden. Breitbandige Antennen mit grossen Abmessungen können möglicherweise nicht mehr mit hinreichender Genauigkeit über den ihnen zugeordneten Frequenzbereich gemessen werden.

Pour les autres lobes secondaires correspondants, l'égalité des élévations des maximums est difficilement reconnaissable.

2. Diagramme horizontal

La longueur des mêmes lobes doit être ici la même que dans le diagramme vertical (voir *fig. 7 et 8*).

Les antennes qui sont symétriques par rapport au plan 3 ont un diagramme symétrique par rapport à l'axe $\varphi = 0^\circ/180^\circ$. Si ce n'est pas le cas, il peut y avoir une erreur de construction ou de disposition de l'antenne ou une différence dans la longueur électrique des câbles B (fig. 2).

Les exemples de mesures suivants prouvent que ces conditions peuvent être remplies exactement (*fig. 9...11*).

5. Limites des possibilités de mesures

Sur la place de mesures décrite, les maquettes d'antennes ondes courtes sont toujours mesurées avec l'influence du sol; il faudrait cependant que la différence de phase entre le rayon direct et le rayon réfléchi à l'endroit de la sonde de mesure ne soit pas sensiblement différente de celle observée à un point à l'infini, dans la même direction. Si la hauteur du dipôle le plus élevé est de 2 m en dessus du sol, la distance du pied de l'antenne à la sonde de 10 m et l'angle d'élévation du lobe principal de 20° , l'erreur entre les différences de phase sera de 12° environ à 300 MHz et de 36° environ à 900 MHz. Les erreurs inférieures à 15° sont considérées comme petites. Il faut tenir compte de ce facteur dans le choix de l'échelle de la maquette. Les antennes à larges bandes et de grandes dimensions ne pourront probablement pas être mesurées avec une précision suffisante dans toutes leurs bandes de fréquences respectives.