

# Eine Breitband-Reusenantenne von 3 bis 30 MHz für mobile Dienste

VON R. GREIF

DK 621.396.676.029.58

**Inhaltsübersicht:** Es wird eine zerlegbare Kurzwellenantenne beschrieben, die sich besonders für bewegliche Funkdienste eignet.

**Summary:** A sectioned HF-antenna is described, which is specially suitable for mobile services.

**Résumé:** Une antenne démontable H.F. est décrite, étant spécialement opportune à des services de T.S.F. mobiles.

## Allgemeines

Die Antennenanlage von mobilen Funkstellen, die normalerweise mit Kurzwellen-Sendern von einigen 100 Watt arbeiten, stellen ein Problem dar, für das bisher keine allgemein anwendbare Lösung gefunden wurde. So lange sich die Funkwagen in Bewegung befinden, kann der Nachrichtenverkehr nur mit Peitschenantennen aufrecht erhalten werden. An diese Antennen werden sehr hohe mechanische Anforderungen gestellt, da mit Rücksicht auf einen einigermaßen brauchbaren Betrieb bei tiefen Frequenzen eine Antenne von mindestens 5 bis 7 m Länge erforderlich ist, die durch den Fahrtwind und beim Streifen von Hindernissen sehr starken Belastungen ausgesetzt ist. Diese Antennen bestehen meist aus einzelnen verschraubbaren Stäben aus hochfester und hochelastischer Legierung und sind auf einem kräftigen Fußisolator montiert; sie besitzen eine Feder, die die Peitsche nach einem Abbiegen wieder aufzurichten in der Lage ist. Wird der Funkwagen für längere Zeit an einem festen Standort eingesetzt, so arbeitet man, um einen höheren Wirkungsgrad der Anlage zu erreichen, mit einer Langdrahtantenne oder einem auf Halbwellen-Resonanz abgestimmten Drahtdipol. Diese Antennen werden zwischen Bäumen oder Gebäuden ausgespannt. In freiem Gelände werden zwei bis drei abgespannte Maste in Stekrrohr-Konstruktion oder in Teleskopausführung zur Aufnahme der Drahtantennen aufgestellt. Gelegentlich werden auch Rhombusantennen verwendet, die jedoch wegen der vier benötigten Tragmaste und der Leitungsführung einen noch größeren Aufwand erforderlich machen. Die genannten Antennen zeigen nur in einem schmalen Betriebsbereich be-

friedigende Ergebnisse. Bei Frequenzwechsel ist infolge der Fehlanpassung und der damit verbundenen Leistungsreflexion, sowie durch die Aufspaltung des Strahlungsdiagramms mit einer erheblichen Dämpfung zu rechnen, so daß

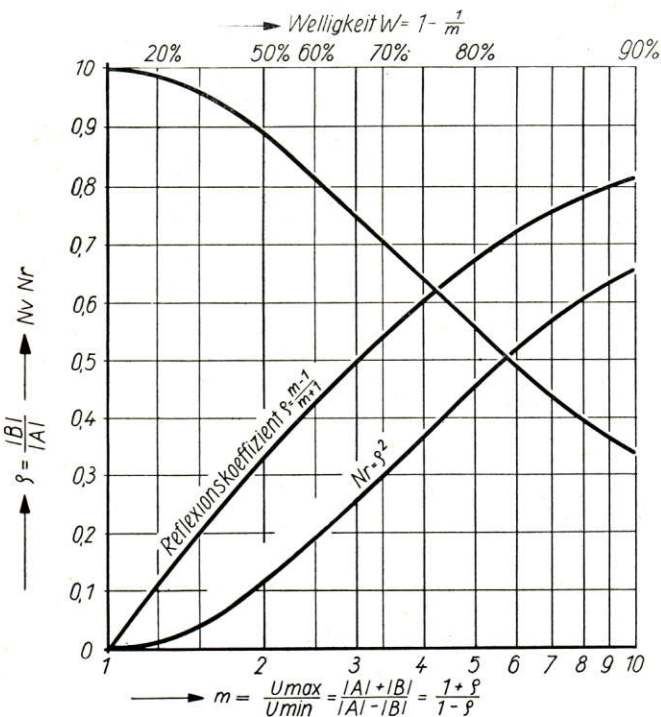


Abb. 1

Von der Antenne reflektierte Leistung in Abhängigkeit von der Fehlanpassung

Power reflected by the antenna in dependence upon the mismatch  
Puissance réfléchié par l'antenne en fonction de VSWR (taux d'ondes stationnaires).

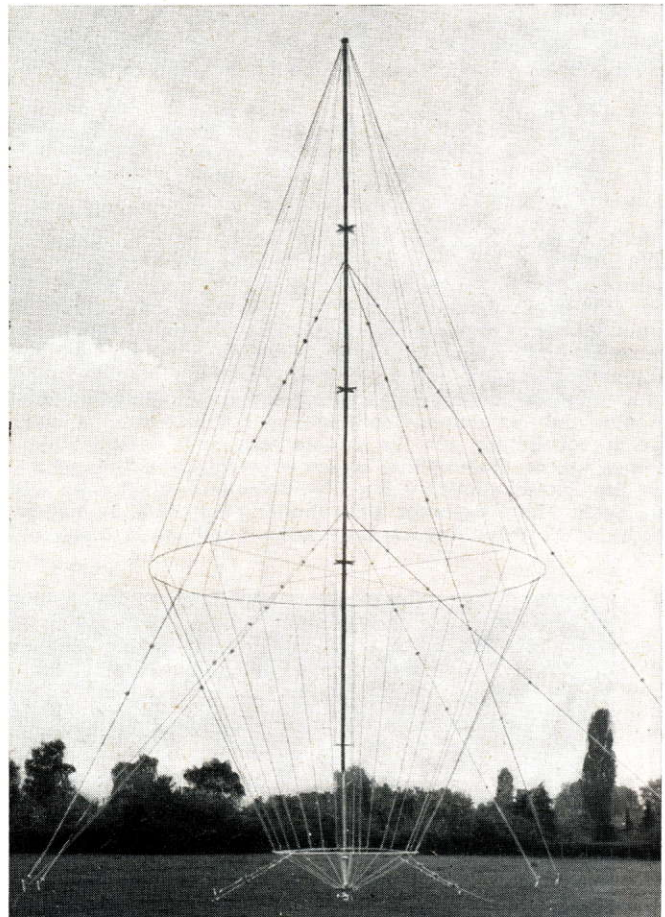


Abb. 2

Breitband-Reusenantenne für mobile Funkstellen  
Broad-band cage antenna for mobile stations  
Antenne en cage à large bande pour des stations mobiles.

eine elektrische oder mechanische Nachstimmung der Antenne notwendig wird. Wie aus **Abb. 1** zu ersehen ist, betragen allein die Verluste durch die Fehlanpassung bei einem Wellenverhältnis zwischen 5 und 10, das bei einer nicht abgestimmten Kurzwellen-Antenne durchaus nicht ungewöhnlich ist, etwa 40 bis 70%. Im Gegensatz zu den genannten Antennen weist die im folgenden beschriebene Reusen-Antenne im ganzen Kurzwellenbereich nahezu konstante, günstige Betriebsverhältnisse auf. Gleichzeitig ist der Aufwand für den Transport und die Aufstellung verhältnismäßig gering.

## Aufbau der Antenne

Die Breitband-Reusenantenne (**Abb. 2**) wird von einem zentralen, 22 m hohen Rohrsteckmast getragen, der im oberen Drittel seiner Höhe und in der Mitte mit je vier isolierten Pardunenseilen abgespannt ist. Der Mast ist mit Rücksicht auf Transport und Aufstellung so leicht als möglich gehalten. Er

besteht aus einer hochfesten Leichtmetall-Legierung. Da die Knickbeanspruchung des Mastes einerseits beim Aufstellen (seitliches Ausknicken), andererseits durch die Zugkräfte der Reusen- und Pardunenseile bei großen Windstärken erheblich ist, sind zusätzliche Längsabspannungen mit Stahlseilen vor-

stellung erforderlichen Hilfsmastes ersichtlich ist. Zum Transport werden sämtliche Teile der Reusen-Antenne sowie das zur Aufstellung benötigte Werkzeug und Hilfsmaterial in drei Transportkisten und drei Rohrgestellen untergebracht (Abb. 4).

#### Montage der Antenne

Einzelheiten über die Aufstellung der Antenne geben die Abb. 5 und 6 wieder. Zunächst wird die komplette Grundplatte mit Fußisolator und Kniegelenk am Boden verankert. Der Fußisolator ist während der Montage durch Spannschlösser überbrückt. Hierauf wird der Antennenmast und ein Hilfsmast für die Aufstellung am Boden ausgelegt, montiert und mit dem Kniegelenk der Bodenplatte verbunden. Nun werden die Reusenenseile an der Mastspitze eingehängt und der obere Reusenring montiert (Montageabschnitt nach Abb. 5). Die Abspannpflöcke werden hierauf nach einem in der Beschreibung angegebenen Schema gesetzt und die Pardunenseile untergehangt. Die zwei weiteren Pardunenseile stellen die Ver-

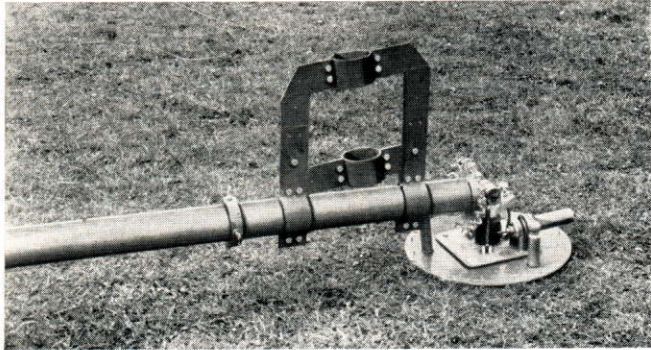


Abb. 3  
Ausbildung des Fußteiles der Antenne  
Construction of the antenna-base  
Formation du pied de l'antenne.

gesehen. Diese Spannseile sind über sternförmige Platten geführt, die an vier Schüssen des Mastes befestigt werden. Die sechzehn Reusenenseile sind an der Spitze und an der Fußplatte des Mastes eingehängt. Der Abstand der Reusenenseile untereinander und die Zentrierung zum Mast wird mit Hilfe zweier zerlegbarer Stützringe hergestellt. Die Antenne wird von einem Stützisolator aus Keramik getragen, der auf einer runden Bodenplatte gelagert ist. Zwischen der Fußplatte des Mastes und der oberen Druckplatte des Fußisolators ist eine Gelenkverbindung für die Aufstellung des Mastes vorgesehen. Auf der Bodenplatte ist der wettergeschützte Anschluß für das Speisekabel montiert. Die Erdseile werden ebenfalls an dieser Platte befestigt. Einzelheiten zeigt Abb. 3, aus der auch der Anschluß des Antennenmastes und des für die Auf-



Abb. 5  
Montage der Reusenantenne:  
Auslegen des Mastes und Hilfsmastes  
Mounting of the cage antenna:  
Laying out of the mast and the auxiliary mast  
Montage de l'antenne en cage:  
Placement du mât et du mât auxiliaire.



Abb. 4  
Breitband-Reusenantenne zum Transport verpackt  
Broad-band cage antenna packed up for transportation  
Antenne en cage à large bande emballée pour le transport

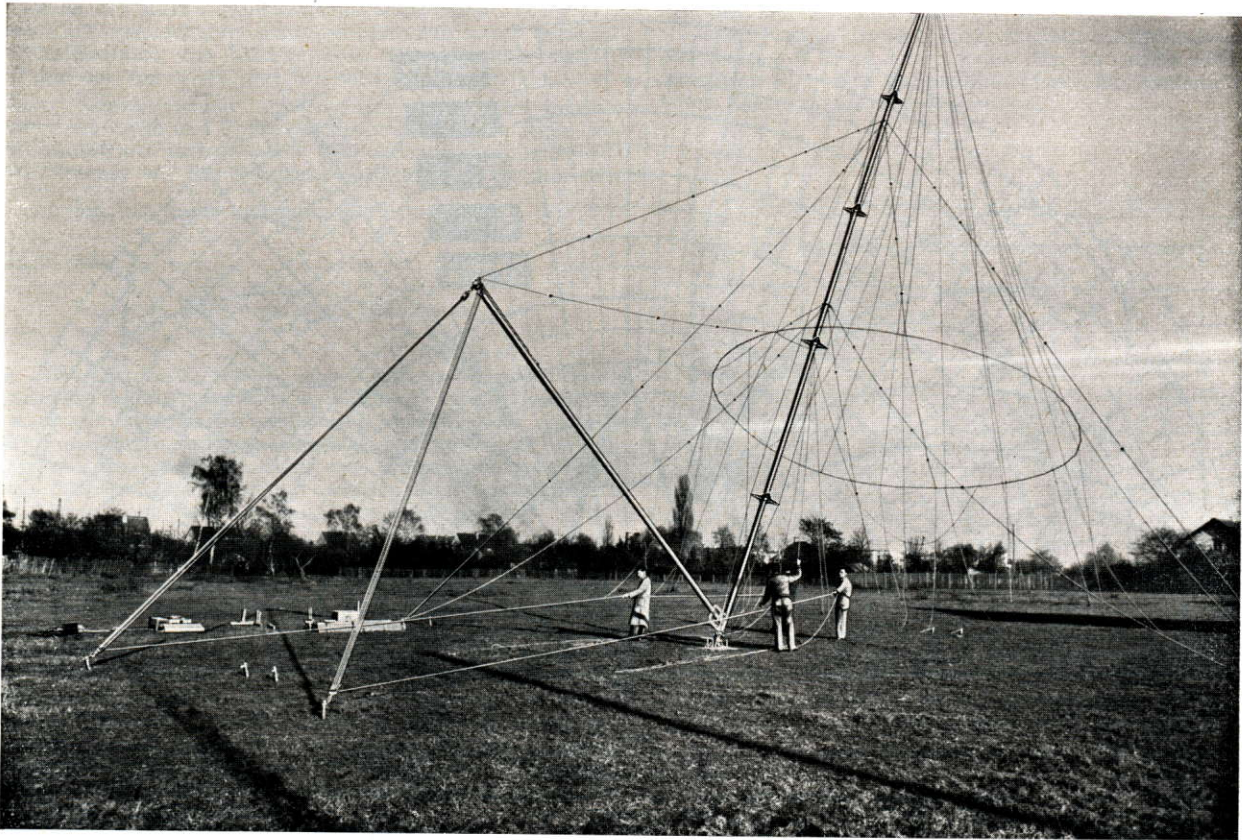


Abb. 6  
 Montage der Reusenantenne:  
 Aufrichten des Mastes  
 Mounting of the cage antenna:  
 Erection of the mast  
 Montage de l'antenne en cage:  
 Erection du mât

bindung zwischen dem Antennenmast und dem Hilfsmast her. Nachdem der Hilfsmast senkrecht aufgerichtet ist und die beiden zur Aufstellung erforderlichen Flaschenzüge eingehängt sind, wird der Antennenmast über das Kniegelenk aufgerichtet (Montageabschnitt nach Abb. 6). Sobald der Antennenmast die vertikale Lage erreicht hat, wird der Hilfsmast entfernt und die noch freien Pardunenseile verankert und ebenso wie die Reusenseile, die am Mastfuß eingehängt werden, gleichmäßig gespannt. Nach Verlegung des Erdnetzes und Anschluß des HF-Kabels ist die Antenne betriebsbereit. (Ein Eingraben des Erdnetzes ist nicht erforderlich).

**Technische Daten**

Nachfolgend seien noch einige technische Daten der Antenne genannt:  
 Nettogewicht der Antenne  
 einschließlich der Hilfsteile für die Montage . . . rd. 390 kg  
 Bruttogewicht der Antenne . . . . . rd. 460 kg  
 Antennenmast: Rohr-Steckmast, 22 m lang,  
 10 Rohre von ca. 2,3 m Länge;  
 Hilfsmast: Rohr-Steckmast, 8,6 m lang;  
 4 Rohre von ca. 2,3 m Länge;  
 Reusenseile: 16 verzinkte Stahlseile;  
 Pardunenseile: 2 × 4 verzinkte Stahlseile mit 5 bzw. 6 Abspannisolatoren;  
 Erdseile: 16 verzinkte Stahlseile, 10 m lang;  
 Montagedauer: 2 bis 3 Stunden.  
 Montagepersonal: 4 bis 5 Mann.

**Elektrische Daten**

Wie die Fehlanpassungskurve der **Abb. 7** zeigt, ist die Abstimmung eines mit der Breitband-Reuse betriebenen Kurzwellensenders in dem 1 : 10 betragenden Frequenzbereich ohne besondere Antennenanpaßglieder ohne weiteres möglich, da die reflektierte Leistung, abgesehen von dem Anstieg zwischen 3,5 und 30 MHz, durchwegs weniger als 12% beträgt.

Im allgemeinen ergeben sich auch bei den tiefsten Betriebsfrequenzen keine Abstimmungsschwierigkeiten, da die meisten Kurzwellensender für wesentlich größere Fehlanpassungen ausgelegt sind. Da die übrigen Antennenverluste bei der

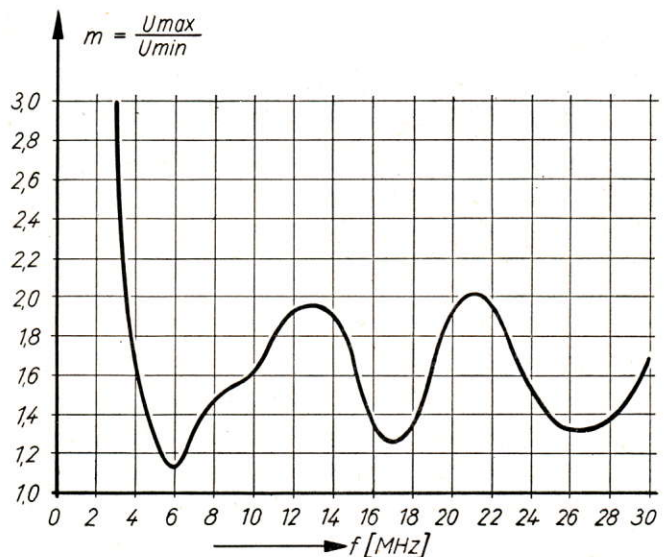


Abb. 7  
 Fehlanpassung der Breitband-Reuse im Frequenzbereich 3 bis 30 MHz  
 Mismatch of the broad-band antenna in the frequency range of 3 to 30 mc  
 Taux d'ondes stationnaires de l'antenne en cage à large bande dans la bande de fréquence de 3 à 30 Mc/s.

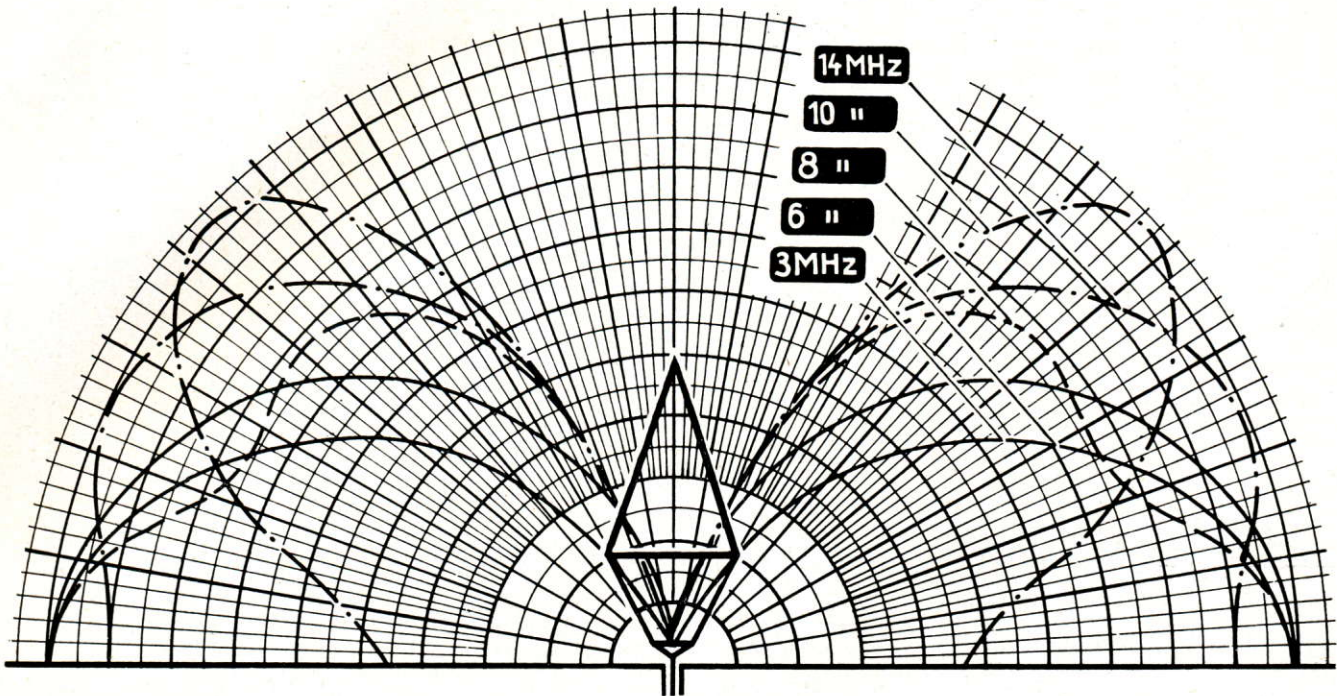


Abb. 8  
Vertikales Strahlungsdiagramm der Breitband-Reuse für einige Betriebsfrequenzen  
Vertical radiation diagram of the broad-band cage antenna for some operating frequencies  
Diagramme vertical de radiation de l'antenne en cage à large bande pour quelques fréquences d'opération

Reusenantenne gering sind, wird daher der größte Teil der Senderleistung zur Abstrahlung gebracht. Das horizontale Strahlungsdiagramm der Antenne ist aus Symmetriegründen nahezu kreisförmig. Das Vertikaldiagramm (Abb. 8) gibt bei jeder Betriebsfrequenz eine ausreichende Abstrahlung in dem Winkelbereich von 10 bis 60°, der für die Kurzwellenausbreitung von besonderem Interesse ist. Infolge der nicht

sinusförmigen Stromverteilung auf einer derartigen Breitbandantenne tritt eine Aufspaltung des Diagramms mit zusätzlichen Nullstellen im Betriebsbereich nicht ein. Wegen ihrer günstigen Eigenschaften bezüglich der Anpassung und des Strahlungsdiagramms kann die Antenne sowohl für den Kurzwellen-Netzverkehr als auch für Richtverbindungen mit Erfolg eingesetzt werden.

## Das Variometer im Kurzwellensender

VON H. H. CLAUSSEN (Teil 1) und H. BOCK (Teil 2)

DK 621.396.611.1  
621.396.66.22

**Inhaltsübersicht:** Der Aufsatz behandelt die Verwendung von Variometern in Siebschaltungen von Kurzwellensendern. Es wird nachgewiesen, daß nur mit Variometerabstimmung der ideale Zusammenhang zwischen Kreisgüte und Betriebsfrequenz erzielt werden kann. Die höchstzulässigen Kreisgüten, welche sich aus der Mindestbandbreite ergeben, und die Mindestkreisgüten zur Erzielung der erforderlichen Oberwellenselektion werden errechnet. Mit Variometern wird eine Endstufenschaltung aufgebaut, welche eine gegenüber üblichen Schaltungen um 16 dB bessere Siebung der 1. Oberwelle sicherstellt.

Die für die Konstruktion von Variometern wesentlichsten Gesichtspunkte werden aufgezeigt. Entscheidende Details der Ausführung werden beschrieben. Die Frage des zweckmäßigen Abschaltens der nichtverwendeten Windungen wird eingehend besprochen und durch Messungen erläutert.

**Summary:** This paper discusses the use of variometers in filter circuits of short-wave transmitters. It is shown that it is only with variometer tuning that the ideal relation between circuit Q and operating frequency can be arrived at. The maximum permissible circuit Q's resulting from the minimum bandwidth, and the minimum circuit Q's required to obtain the necessary rejection of harmonics are computed. With the aid of variometers, an output-stage circuit is designed which ensures that the rejection of the 1st harmonic is 16 dB better than accomplished with similar circuit arrangements.

The viewpoints essential for the design of variometers are set forth. The most important details of the circuit design are described. The problem of the suitable disconnection of the windings not used is thoroughly discussed and elucidated with reference to measurements.

**Résumé:** L'article traite l'emploi de variomètres dans la composition de filtres pour émetteurs ondes courtes. On démontre que seul l'accord par variomètre permet d'obtenir la relation idéale entre le facteur Q et la fréquence de travail. Les facteurs Q maximum admissibles déterminés par la largeur de bande minimum, ainsi que les facteurs Q minimum, pour obtenir la sélection d'harmoniques désirée, sont calculés.

Un montage d'étage final avec variomètre qui, par rapport aux montages similaires, assure un filtrage, de 16 dB supérieur, du premier harmonique est établi.

Les points les plus importants de la construction des variomètres en ressortent clairement. Certains détails décisifs sont décrits. La question de la mise hors circuit appropriée des spires non utilisées est discutée et expliquée par des mesures.

### 1. Vergleich zwischen Variometerabstimmung und Drehkondensator-Abstimmung

Als Abstimmelement in den Siebschaltungen der HF-Sender\*) setzt sich in letzter Zeit das Variometer in steigendem Maße durch. Der gesamte Kurzwellenbereich einschließlich

der „Grenzwellen“ umfaßt ein sehr großes Frequenzintervall, nämlich die Frequenzen 1,6 bis 28 MHz. Das Verhältnis zwischen der obersten und der untersten Grenzfrequenz (den Eck-

\*) Gemäß VO Funk [1] werden zukünftig Kurzwellensender als HF-Sender bezeichnet (HF-Bereich 3...30 MHz).

frequenzen des Kurzwellenbereiches) ergibt den Faktor 17,5. Dieses Verhältnis wird im weiteren „Bereichsindex“ genannt. Der Bereichsindex von MW-Sendern demgegenüber beträgt nur 3 und der von VHF- und Fernsehsendern nur 1,25.

Einem Normvorschlag entsprechend wird der gesamte Kurzwellenbereich in 4 Teilbereiche unterteilt, von denen der nächst höhere sich jeweils durch Verdopplung des niedrigeren ergibt. Nennen wir das Frequenzverhältnis der Teilbereiche  $\frac{f_{\max}}{f_{\min}}$  und den Index des gesamten Bereiches J,

so ergibt sich

$$\frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \sqrt[4]{J} \leq 2,1.$$

Da HF-Leistungsverstärker aus Gründen der Erzielung eines hohen Wirkungsgrades in Klasse B und C betrieben und auch zur Frequenzvervielfachung herangezogen werden, ist zur Unterdrückung unerwünschter Komponenten im Frequenzspektrum die Anwendung von Siebschaltungen erforderlich. Diese Siebschaltungen werden in Endverstärkern außerdem zur Impedanztransformation ausgenutzt.

Im behandelten Frequenzbereich werden diese Siebschaltungen üblicherweise mit stationären Elementen aufgebaut. Um die einfache Abstimmbarkeit von Sendern zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, mehrkreisige Filter zu vermeiden und durch Verwendung elektronisch entkoppelter Kaskaden einkreisiger Filter eindeutige Abstimmkriterien sicherzustellen. Weiterhin ist zu fordern, daß zur Erzielung der Bereichsvariation je Filter nur ein Element verändert wird. Aus dieser Forderung geht hervor, daß Transformationschaltungen beispielsweise so aufgebaut werden müssen, daß der Transformationsfaktor unabhängig von der Größe der variierbaren Elemente wird. **Abb. 1** zeigt ein Filterschema, welches die obigen Forderungen erfüllt.

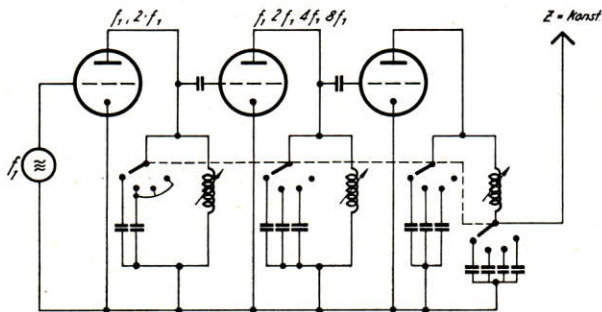


Abb. 1  
Filterschema der 3 letzten Verstärkerstufen eines modernen Kurzwellensenders  
Filter diagram of the 3 last amplifier stages of a modern short-wave transmitter  
Schéma des filtres des 3 derniers étages d'un émetteur ondes courtes moderne

1.1 Bandbreitenforderung

Internationalen Vereinbarungen gemäß ist die Betriebsbandbreite von HF-Sendern im allgemeinen auf  $B = 2 \Delta f = 12 \cdot 10^3$  Hz begrenzt.

In Einzelfällen wird  $2 \Delta f = 20 \cdot 10^3$  Hz gefordert. Der Durchlaßbereich der Filter soll demgemäß eine konstante und von der Sendefrequenz unabhängige Bandbreite B erhalten. Andererseits müssen die bei Verstärkung, Vervielfachung oder Mischung entstandenen Neben- und Oberwellen ausreichend gedämpft werden. Je nach Sendergröße und Art werden für die außerhalb des Bereiches B liegenden Anteile des Senderspektrums Dämpfungen von 40 dB bis 64 dB gefordert. Führen wir der Art der verwendeten Filter entsprechend den Begriff der Kreisgüte

$$Q = \frac{f}{2 \Delta f} = \frac{f}{B} \tag{1}$$

ein, so lassen sich die Konsequenzen aus dem Obengesagten einfach ableiten:

Wählt man, unter Berücksichtigung der durch die Kaskadierung auftretenden Addition der Dämpfungen an den Gren-

zen des Durchlaßbereiches, der Abstimmunsicherheit sowie weiterer Unwägbarkeiten die konstruktive Mindestbandbreite der Sender  $B' = 2 \Delta f = 6 \cdot 10^4$  Hz, so ergibt sich der in **Abb. 2** als  $Q_i = f(f)$  dargestellte ideale Zusammenhang zwischen Kreisgüte und Sendefrequenz.

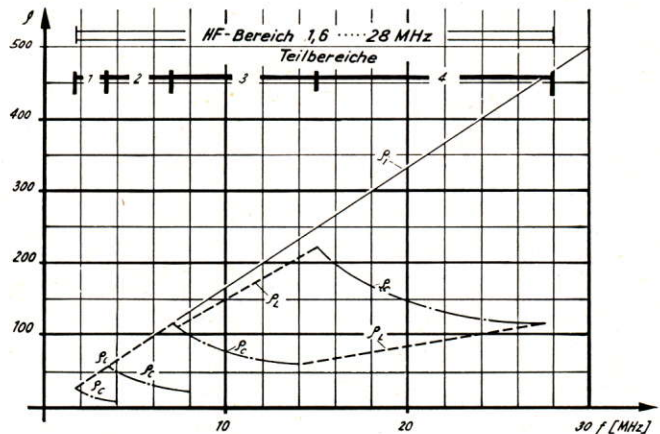


Abb. 2  
Güteschema von Kurzwellenverstärkern  
 $Q_i$  = größtzulässige Güte  
 $Q_L$  = möglicher Güteverlauf bei Variometerabstimmung  
 $Q_c$  = möglicher Güteverlauf bei Drehkondensatorabstimmung

Circuit Q diagram of short-wave amplifiers:  
 $Q_i$  = maximum permissible Q  
 $Q_L$  = possible Q with variometer tuning  
 $Q_c$  = possible Q with variable-capacitor tuning  
Schéma du facteur Q d'un amplificateur pour ondes courtes  
 $Q_i$  = Facteur Q max. permis  
 $Q_L$  = Variation possible du facteur Q pour l'accord par variomètre  
 $Q_c$  = Variation possible du facteur Q pour l'accord par condensateur

$Q_i = f(f)$  in **Abb. 2** gibt also die aus Gründen der Durchlaßbandbreite und der Betriebsstabilität max. verwendbaren Kreisgüten an. Es ist leicht zu erkennen, daß die Tendenz  $Q_i = \omega \cdot \text{const.}$  sich nur bei Verwendung der Variometerabstimmung erreichen läßt:

Betrachten wir nach **Abb. 3** einen einfachen Parallelresonanzkreis, bei welchem, für diese Überlegung ausreichend, sämtliche Verluste in dem Widerstand R zusammengefaßt seien, so ist:

$$Q = \frac{R}{Z} \tag{2}$$

Definitionen:  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \equiv Z,$

$\omega_0 \equiv$  Resonanzfrequenz.

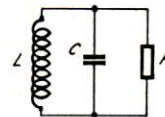


Abb. 3  
Ersatzschaltbild für die in Abs. 1.1 und 1.2 durchgeführten Rechnungen  
Equivalent circuit diagram for the calculations carried out in steps 1.1 and 1.2  
Circuit équivalent pour les calculs effectués aux paragraphes 1.1 et 1.2

Variieren wir zur Frequenzänderung mit Drehkondensator das C, so bleibt  $L = \text{const.}$  und es wird

$$Q_c = \frac{R}{\omega L} \tag{3}$$