



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.02.2014 Patentblatt 2014/06

(51) Int Cl.:
H01Q 7/00 (2006.01) **H01Q 1/32** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13177848.2**

(22) Anmeldetag: **24.07.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **29.07.2012 DE 102012014913**

(71) Anmelder: **Delphi Deutschland GmbH**
42119 Wuppertal (DE)

(72) Erfinder:
• **Lindenmeier, Stefan**
82131 Gauting-Buchendorf (DE)
• **Lindenmeier, Heinz**
82152 Planegg (DE)
• **Hopf, Jochen**
85540 Haar (DE)
• **Reiter, Leopold**
82205 Gilching (DE)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **Elektrischer Strahler für vertikal polarisierte Funksignale**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrischen Strahler (1) für vertikal polarisierte Funksignale für einen Funkdienst mit schmaler Frequenzbandbreite um eine Frequenz f_0 mit der Freiraum-Wellenlänge λ_0 im GHz-Bereich umfassend wenigstens eine im Wesentlichen horizontal orientierte, über einer leitenden Grundfläche (6) angeordnete Leiterschleife, mit einer Strahlerspeisestelle (5) zur elektromagnetischen Erregung der Leiterschleife gegenüber der leitenden Grundfläche (6). Die Leiterschleife ist durch einen polygonartig oder elliptisch/kreisförmig geschlossenen Ringleiter (2) in einer im Wesentlichen horizontalen Ebene mit der Höhe h kleiner $\lambda_0/6$ über der leitenden Grundfläche (6) verlaufend gestaltet. Am Umfang des Ringleiters (2) sind etwa gleichverteilt mindestens drei an Leiterschleifen-Koppelpunkten (7) mit dem Ringleiter (2) elektromagnetisch verkoppelte und zur leitenden Grundfläche (6) hin verlaufende vertikale Strahler (4, 4a-d) vorhanden, wobei mindestens zwei der vertikalen Strahler (4, 4a-d) mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) an Masse-Anschlusspunkten (3b-d) elektromagnetisch verkoppelt sind und ein vertikaler Strahler (4a) über die Strahlerspeisestelle (5) an dessen unterem Ende erregt ist. Die mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) zwischen ihren Leiterschleifen-Koppelpunkten (7a-d) und dem jeweils mit einem Masse-Anschlusspunkt (3a, 3b) verkoppelten vertikalen Strahler (4b-d) und der über die Strahlerspeisestelle (5) erregte vertikale Strahler (4a) zwischen seinem Leiterschleifen-Koppelpunkt (7a) und der Strahlerspeisestelle (5) besitzen jeweils induktiv wirksame Komponenten (13a-d), so dass an der Strahlerspeisestelle (5) bei der

Frequenz f_0 eine niederohmige Resonanz vom Charakter einer Serienresonanz gegeben ist.

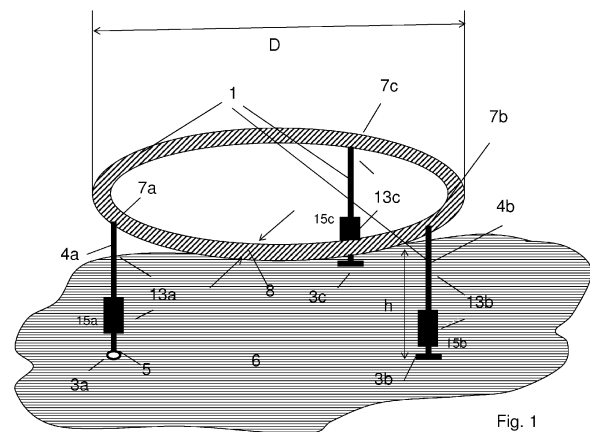


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektrischen Strahler für vertikal polarisierte Funksignale für einen Funkdienst mit schmaler Frequenzbandbreite um eine Frequenz f_0 mit der Freiraum-Wellenlänge λ_0 im GHZ-Bereich für die bevorzugte Verwendung auf Fahrzeugen.

[0002] Bedingt durch die Vielzahl der Funkdienste, deren Verfügbarkeit im Fahrzeug unabdingbar geworden ist, kommt es bei der Gestaltung von Antennen insbesondere auf kleines Bauvolumen in Verbindung mit möglichst kleiner Höhe an. Vielfach ist es bei guter Antennenleistung nicht möglich und nicht zweckmäßig, eine Anzahl in jeweils relativ schmalen, jedoch in der Frequenz relativ weit voneinander liegenden Frequenzbereichen operierenden Funkdiensten mit einer breitbandig arbeitenden Antenne abzudecken. Vielfach werden die Funksignale der verschiedenen Funkdienste auch mit unterschiedlicher Polarisierung ausgestrahlt, so dass es nicht zweckmäßig ist, den verschiedenen Anforderungen mit einer Antenne gerecht zu werden. Vielmehr kommt es für Fahrzeugantennen darauf an, für die einzelnen Funkdienste Antennen mit filigranen Strukturen zu schaffen, welche insbesondere bei immer möglichst kleiner Höhe und häufig bei kleiner Grundfläche mit Antennen für andere Funkdienste kombiniert werden können, um in der Gesamtheit Kombinationsantennen mit kleinem Raumbedarf zu gestalten. Solche Kombinationsantennen werden gegebenenfalls mit einer Plastikhülle als Radom abgedeckt oder gar vertieft in eine Ausformung der Karosserie als Kavität eingebracht. Zusätzlich wird an die Konstruktion von Fahrzeugantennen ein hoher Anspruch an deren mechanische Stabilität und Erschütterungsfestigkeit gestellt. Die beispielhafte Betrachtung von nur einigen Antennen der vielfach für das Fahrzeug geforderten Funkdienste im Dezimeter-Wellenbereich, wie Antennen für die Mobilfunkdienste GSM und den in der Frequenzbandbreite schmalen digitalen Rundfunkdienst im L-Band bei ca. 1,5 GHz mit jeweils mit vertikaler Polarisierung ausgestrahlten Funksignalen sowie den schmalbandigen digitalen Satelliten-Rundfunkdienst SDARS bei ca. 2,3 GHz, dessen Signale in zirkularer Polarisierung vom Satelliten ausgestrahlt werden, lässt erkennen, dass die Schaffung einer einzelnen Breitbandantenne zur Abdeckung aller Funkdienste zu schier unüberwindlichen Schwierigkeiten führen würde. Zusätzlich ist für den Empfang aller genannten Funkdienste aufgrund der in Großserie hergestellten Antennen die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von ausschlaggebender Bedeutung.

[0003] Für den Mobilfunkdienst GSM werden seit langem vertikale Strahler eingesetzt, wie sie zum Beispiel in der EP 1 445 828 beschrieben sind. Zur Verkleinerung solcher Strahler kann eine Dachkapazität zur Anwendung kommen, wie sie zum Beispiel auch in Meinke-Gundlach, Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag 1986, N16, Tabelle 1 sowie im Zusammenhang dort mit Bild 6 für den Elementarstrahler beschrieben ist. Die minimal erforderliche Höhe h eines solchen elektrisch kurzen Monopol-Strahlers, wenn er durch eine Induktivität L_m , wie in Figur 4a, mit dem Induktivitätswert L_m ergänzt ist, bemisst sich an dem Frequenz-Bandbreitenbedarf B für den betroffenen Funkdienst bei dessen Mittenfrequenz f_0 mit der Freiraumwellenlänge λ_0 . Dieser Zusammenhang zwischen der relativen Strahlerbandbreite $B_{rel} = B/f_0$, dem Strahlungswiderstand R_{sm} und seiner Kapazität C_{sm} ist in Archiv für Elektronik und Übertragung (AEÜ) in Band 30, (1976), Heft 9, dort in Gleichung 11, dargestellt und beträgt unter Berücksichtigung der bekannten Beziehung für den Strahlungswiderstand, $R_{sm} = 160 \cdot \pi^2 \cdot (h/\lambda_0)^2$ Ohm, des kurzen Monopolstrahlers mit seiner effektiven Höhe h_{em}

20

$$\frac{B}{f_0} = (h_{em}^2 \cdot C_s) \cdot f_0^3 \cdot \frac{Z_0}{c \cdot \omega^2} \cdot \pi^2 \cdot \frac{8}{3} = (h_{em}^2 \cdot C_s) \cdot k = B_{Fm} \cdot k \quad (1)$$

mit $Z_0 = 120\pi$ Ohm = Feldwellenwiderstand des freien Raums und der Lichtgeschwindigkeit c .

[0004] Die ausschlaggebenden mechanischen Abmessungen der Antenne sind für die hier durchgeführten Betrachtungen ausschließlich in dem Ausdruck für den Bandbreitenfaktor B_{Fm} in Klammern enthalten, wobei bei hinreichend großer Dachkapazität C_s die effektive Höhe h_{em} des Monopolstrahlers seiner geometrischen Höhe h gleichkommt. Für die Erfüllung der relativen Bandbreite eines elektrisch kurzen Strahlers für einen bestimmten Funkdienst mit der Mittenfrequenz f_0 kann somit der Term außerhalb des Klammerausdrucks "Bandbreitenfaktor" = B_{Fm} für den Monopol zu einer von seinen Abmessungen unabhängigen Konstanten k zusammengefasst werden. Diese Strahlerbandbreite stellt im Folgenden die Referenzbandbreite dar. Im Impedanz-Diagramm in Figur 4a ist der Impedanzverlauf des Strahlers als Kurve im Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz f_0 dargestellt, wobei die Impedanz im Resonanzpunkt den Strahlungswiderstand R_{sm} wiedergibt, welcher sich, bezogen auf einen normierten Widerstand (Zielimpedanz) $Z_L = 50$ Ohm aus der o.g. Beziehungen für diesen Elementarstrahler, wie folgt, darstellen lässt:

$$\frac{R_{sm}}{Z_L} = 3,2 * \pi^2 * \left(\frac{hem}{\lambda_o} \right)^2 \approx 32 * \left(\frac{h}{\lambda_o} \right)^2 \quad (2)$$

5

10 **[0005]** Bezüglich des Einsatzes eines derartigen Resonanzstrahlers 29 in Figur 4a unten kommt diesem auf Z_L bezogenen Strahlungswiderstand R_{sm} insbesondere für die Anwendung in Fahrzeugen eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund seiner extremen Ablage vom Anpassungspunkt $Z_L = 50 \text{ Ohm}$ für übliche Funksysteme im Fahrzeug ist die Transformation dieses Widerstands in den Anpassungspunkt Z_L im Anpassnetzwerk 35 bei elektrisch kleinen Antennen 36 aufwändig und reduziert die Bandbreite der Antenne an der Antennenanschlussstelle 34, so dass dort die oben angegebene Strahlerbandbreite B gemäß Gleichung (1) nicht mehr zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass Anpassnetzwerke 35, insbesondere wenn diese aus komplexen Schaltungsstrukturen gestaltet sind, die Herstellung von Fahrzeugantennen verteuern. Die Impedanz eines bekannten kapazitiven Strahlers mit Dachkapazität mit Induktivität L_m 15 zur beispielhaften Erzeugung einer Resonanz bei einer Frequenz von f_0 von ca. 1,5GHz im Frequenzband eines betreffenden Funkdienstes, wie in Figur 4a, ist insbesondere bei den dort angegebenen mechanischen Dimensionen und der elektrisch kleinen Höhe h/λ_o von ca. $1/20$ deshalb sehr ungünstig. Hinzu kommt die mechanische Instabilität, welche durch den Aufbau des mit der Dachkapazität am oberen Ende mechanisch belasteten Strahlers einhergeht. Hinsichtlich seiner elektrischen Eigenschaften soll dieser Strahler im Folgenden als Referenzstrahler 29 herangezogen werden.

20 **[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, einen Strahler nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, welcher auch bei sehr kleiner elektrischer Höhe h/λ_o und bei mechanischer Stabilität in der Frequenzumgebung seiner Resonanzfrequenz f_0 eine Impedanz in der Nähe des für Funksysteme in Fahrzeugen vorgeschriebenen und normierten Widerstands $Z_L = 50 \text{ Ohm}$ besitzt, so dass der technische Aufwand zur Ergänzung des Strahlers durch ein Anpassnetzwerk für Anpassung an $Z_L = 50 \text{ Ohm}$ zu einer Antenne über eine relativ große Frequenzbandbreite wirtschaftlich gestaltet werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einer Antenne nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

30 **[0008]** Gemäß der Erfindung umfasst der (elektrisch kleine) Strahler 1 für vertikal polarisierte Funksignale für einen Funkdienst mit schmaler Frequenzbandbreite um eine Frequenz f_0 mit der Freiraum-Wellenlänge λ_o im GHz-Bereich eine im Wesentlichen horizontal orientierte, über einer leitenden Grundfläche 6 angeordnete Leiterschleife mit einer Strahlerspeisestelle 5 zur elektromagnetischen Erregung der Leiterschleife gegenüber der leitenden Grundfläche 6. Die Leiterschleife ist durch einen polygonartig oder elliptisch/kreisförmig geschlossenen Ringleiter 2 n einer im Wesentlichen horizontalen Ebene mit der Höhe h kleiner $\lambda_o/6$ über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend gestaltet. Am Umfang des Ringleiters 2 verteilt sind mindestens drei an Leiterschleifen-Koppelpunkten 7 mit dem Ringleiter 2 elektromagnetisch verkoppelte und zur leitenden Grundfläche 6 hin verlaufende vertikale Strahler 4, 4b, 4c, 4d vorhanden, wobei mindestens zwei der vertikalen Strahler 4b, 4c und gegebenenfalls 4d mit der elektrisch leitenden Grundfläche 6 an Masse-Anschlusspunkten 3b, 3c, 3d elektromagnetisch verkoppelt sind und ein vertikaler Strahler 4a über die Strahlerspeisestelle 5 an dessen unterem Ende erregt ist. Die mit der elektrisch leitenden Grundfläche 6 zwischen ihren Leiterschleifen-Koppelpunkten 7a, 7b, 7c, 7d und dem jeweils mit einem Masse-Anschlusspunkt 3b, 3c, 3d verkoppelten vertikalen Strahler 4b, 4c, 4d und der über die Strahlerspeisestelle 5 erregte, zwischen seinem Leiterschleifen-Koppelpunkt 7a und der Strahlerspeisestelle 5 besitzen jeweils induktiv wirksame Komponenten 13a, 13b, 13c, 13d, so dass an der Strahlerspeisestelle 5 bei der Frequenz f_0 eine niederohmige Resonanz vom Charakter einer Serienresonanz gegeben ist.

45 **[0009]** Mit einem Strahler nach der Erfindung ist der zusätzliche Vorteil verbunden, dass der Strahlergewinn bei Flachstrahlung auch bei sehr niedriger elektrischer Strahlerhöhe durch Abflachung des vertikalen Richtdiagramms bei azimuthaler Rundcharakteristik größer gestaltet werden kann als mit einem Elementarstrahler. Weiterhin kann der Strahler als filigrane und dennoch mechanisch stabile Struktur hergestellt werden, welche die Kombination mit einer weiteren vertikal polarisierten Antenne zulässt. Als besonderer Vorteil zeigt sich hierbei die Möglichkeit einer äußerst wirtschaftlichen Weise der Herstellung des Strahlers in großen Stückzahlen, welche insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugen von besonderer Bedeutung ist. Weiterhin kann der erfindungsgemäße Strahler durch wenig komplizierte ergänzende Maßnahmen für einen zusätzlichen weiteren Frequenzbereich als zirkular polarisierte Antenne insbesondere für den Empfang von Satellitenfunksignalen gestaltet werden. Ein wesentlicher Vorteil eines Strahlers nach der Erfindung ist ferner durch die Möglichkeit gegeben, dass der im Zentrum der Ringleitung frei bleibende Bereich auf der Grundfläche weitgehend zur Anbringung weiterer kombinierter Antennen für zusätzliche andere Funkdienste genützt werden kann.

55 **[0010]** Nach einer vorteilhaften Ausführungsform kann der Ringleiter (2) durch einen geschlossenen Draht ring gebildet sein und mit den vertikalen Strahlern durch galvanische Verbindung verkoppelt sein.

[0011] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Figuren

zeigen im Einzelnen:

Fig. 1:

Strahler 1 nach der Erfindung mit kreisförmigem, zum Beispiel drahtförmigem Ringleiter 2 in der Höhe h über einer leitenden Grundfläche 6 verlaufend, mit $N=3$ an Ringleitungs-Koppelpunkten 7a, 7b, 7c an den Ringleiter angeschlossenen vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c, wobei zwei vertikale Strahler 4b, 4c an ihrem unteren Ende über Masse-Anschlusspunkte 3b 3c mit der leitenden Grundfläche 6 verbunden sind und am unteren Ende eines der vertikalen Strahler 4a die Strahlerspeisestelle 5 gebildet ist, über welche der Strahler 1 erregt ist. Alle vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c besitzen induktiv wirksame Komponenten 13a, 13b, 13c zur Bewirkung der niederohmigen Resonanz etwa bei der mittleren Frequenz f_0 des Funkdienstes mit vertikaler Polarisierung.

Fig. 2:

Strahler nach der Erfindung wie in Figur 1, jedoch mit quadratischem bzw. rechteckigem, zum Beispiel flächig gestaltetem Ringleiter 2 und größerer Leiterbreite 8 und mit $N=4$ Ringleitungs-Koppelpunkten 7a, 7b, 7c, 7d zur Ankopplung der vier vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c, 4d, an seinen vier Eckpunkten.

Fig. 3:

Strahler nach der Erfindung wie in Figur 2, jedoch mit der Besonderheit, dass die Breite des Ringleiters 2 derart gewählt ist, dass innerhalb der äußeren Berandung des Ringleiters 2 eine geschlossene, leitende Fläche gebildet ist.

Fig. 4a und Fig. 4b

Gegenüberstellung der Impedanzverläufe eines Strahlers mit quadratischem Ringleiter 2 nach der Erfindung gemäß Fig. 4b und eines Stabmonopols mit quadratischer Dachkapazität und Fußpunktinduktivität L_m 15 als Referenzstrahler 29 gemäß Fig. 4a in der komplexen, auf ZL bezogenen Impedanzebene jeweils in der Frequenznähe der Resonanzfrequenz $f_0 = 1.4$ GHz bei gleicher Höhe $h = 1$ cm und gleicher Kantenlänge 23 von 2 cm der quadratischen Dachkapazität des Referenzstrahlers 29 und des quadratisch gestalteten Ringleiters 2 mit der Leiterbreite 8 von 2 mm des Strahlers 1 nach der Erfindung. Die einander gleichen äußeren Abmessungen der beiden Strahler 1 und 29 bedingen zunächst gleiche relative Strahlerbandbreiten von $B_{rel} = 3,6\%$. Die mit dem extrem niedrigen Resonanzwiderstand $R_{sm}/Z_L = 0,06$ gemäß Fig. 4a verbundene Schwierigkeit der Anpassung der Strahlerimpedanz an ZL bedingt jedoch einen großen technischen Aufwand und eine Reduzierung der wirksamen relativen Bandbreite des durch ein Anpassnetzwerk 35 ergänzten Strahlers. Das Verdienst der vorliegenden Erfindung ist es, dass diese Nachteile bei einem Strahler nach der Erfindung mit $R_s/Z_L = 0,85$ gemäß Fig. 4b in der Praxis entfallen können.

Fig. 5:

Verlauf des auf ZL bezogenen Strahlungswiderstands bei der Resonanzfrequenz f_0 in Abhängigkeit von der relativen geometrischen Strahlerhöhe $h/\lambda_0 = h'$ des Referenzstrahlers 29 (strichpunktiert) und des Strahlers 1 nach der Erfindung ($N=4$) in Figur 4b. Die Kurven $N=3$, $N=4$ oder $N=5$ beziehen sich auf Strahler 1 nach der Erfindung mit jeweils einem als reguläres Dreieck, reguläres Viereck oder Fünfeck gestalteten Ringleiter 2 mit gleicher relativer Strahlerbandbreite B_{rel} . Der dargestellte Bereich für $h' > 0,025$ (sh. Marker) kennzeichnet den nutzbaren Wertebereich für h' , wenn die Forderung $0,5 < R_s/Z_L < 2$ (sh. Grenzlinien) beispielhaft erfüllt werden soll.

Fig. 6:

Impedanzverläufe von Strahlern nach der Erfindung mit äußeren Abmessungen wie in Figur 4b, jedoch mit einer Leiterbreite 8 von 5 mm in Figur 6a und der Besonderheit in Figur 6b, dass die Breite des Ringleiters 2 derart gewählt ist, dass innerhalb der äußeren Berandung des Ringleiters 2 eine geschlossene Fläche gebildet ist. Ein Vergleich der Impedanzverläufe in den Figuren 6a und 6b zeigt, dass der Widerstand R_s/Z_L bei der Resonanzfrequenz f_0 durch den Gestaltungsunterschied der Strahler nur wenig beeinflusst ist. Ferner zeigt sich, dass sich die relative Bandbreiten $B_{rel} = 3,6\%$ der beiden Strahler in den Figuren 6a bzw. 6b im Rahmen der Nachweisbarkeit in der Praxis nicht unterscheiden. Der äußerst geringfügig unterschiedlichen Wirkung der unterschiedlichen Ringleiter 2 ist durch geringfügigen Nachabgleich der Induktivitäten 15a, 15b, 15c, 15d Rechnung getragen.

Fig. 7: zeigt das vertikale Richtdiagramm in dB-Eichung eines Strahlers nach der Erfindung mit einer gegenüber einem elektrisch kleinen Elementarstrahler (4,77dBi) erhöhten Richtwirkung von 5,57dBi bzw. 5,31dBi durch die voneinander beabstandeten vertikalen Strahler 4a-d.

Fig. 8:

Azimutales Richtdiagramm für Flachstrahlung des in Figur 7 besprochenen Strahlers mit nur geringfügiger Abweichung vom Runddiagramm mit Schwankungen zwischen 5,57dBi und 5,31dBi. Fig. 9:

Beispielhafte Realisierung eines Strahles nach der Erfindung mit rechteckförmigem Ringleiter 2 mit äußerer Querabmessung 16 und äußerer Längsabmessung 17 und Gestaltung der vertikalen Strahler in der Weise, dass die für Resonanz notwendigen induktiv wirksamen Komponenten 13a -13d in den einzelnen Strahlern jeweils durch Formung vertikaler Strahlerteile 20 und horizontaler Strahlerteile 21 gegeben sind. Durch Wahl entsprechender Abmessungen kann an der Strahlerspeisestelle 5 Anpassung an ZL ohne weitere Anpassungselemente erzielt werden, sodass durch die Strahlerspeisestelle 5 die Antennenanschlussstelle 24 gegeben ist.

Fig. 10:

Beispiel wie in Figur 9, jedoch mit schräg verlaufenden Strahlerteilen 22 der vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c, 4d.

Fig. 11:

Strahler nach der Erfindung in einer ausreichenden Kavitätsiefe 12, welche durch Ausformung der leitenden Grundfläche 6 gestaltet ist, so dass der Strahler zum Beispiel ohne Erhebung über die Karosseriefläche in die Fahrzeugkarosserie integriert ist. Die Basisfläche 39 der Kavität 38 ist im Beispiel als gedruckte Leiterplatte gestaltet und die induktiv wirksamen Komponenten 13a -13d sind als gedruckte Induktivitäten 32a, 32b, 32c, 32d realisiert.

Fig. 12:

vergleichende Darstellung der auf ZL bezogenen Impedanzverläufe eines Strahlers mit kreisförmiger Ringleitung und vier vertikalen Strahlern nach der Erfindung in Kurve a) und eines Monopols mit Dachkapazität als Referenzstrahler 29 in Kurve b), jeweils im Frequenzbereich zwischen 100 MHz und 2 GHz und gleichen Resonanzfrequenzen $f_0 = 1,54$ GHz. Der unterschiedliche Charakter der beiden Strahler ist in ihrem Verhalten bei niedrigen Frequenzen begründet, wobei die Impedanz in Kurve a) dort induktiv ist und deren Realteil mit f^4 wächst und die Impedanz in Kurve b) dort kapazitiv ist und deren Realteil langsamer, d.h. mit f^2 , ansteigt.

Fig. 13:

Nachweis der vorteilhaften Frequenzselektivität der Antenne nach der Erfindung gemäß dem Impedanzverlauf a) in Figur 12 anhand des Frequenzverlaufs des VSWR, bezogen auf den Widerstand ZL nach Kurve a) in Figur 12 mit sehr niedrigen Werten im Frequenzbereich mit der Nutzbandsbreite B um die Resonanzfrequenz f_0 und extrem günstigen hohen Werten des VSWR bei von f_0 weit abweichenden Frequenzen. Im Gegensatz hierzu sind die Werte des VSWR gemäß dem Impedanzverlauf b) in Figur 12 des Referenzstrahlers 29 im Nutzbereich um f_0 ungünstig groß und bei weitab liegenden Frequenzen ungünstig klein.

Fig. 14:

Beispiel eines Strahlers nach der Erfindung in Kombination mit einer Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satelliten-Funksignale auf einer höheren Frequenz f_s als für den Funkdienst mit vertikaler Polarisation. Im Beispiel ist am unteren Ende der vertikalen Strahler 4 jeweils anstelle der gedruckten Induktivität 32a, 32b, 32c, 32d in Figur 11 ein frequenzselektiver Zweipol gestaltet, welcher beispielhaft jeweils aus der Parallelschaltung eines kapazitiv wirkenden Elements 26 und einer Induktivität 15a, 15b, 15c, 15d besteht, so dass bei der niedrigeren Frequenz die gewünschte induktive Wirkung und bei der höheren Frequenz f_s die gewünschte kapazitive Wirkung der Blindelement-Schaltung 27a-d gegeben ist. Der Ringleiter 2 bildet bei der höheren Frequenz f_s eine durch die kapazitive Wirkung der Blindelement-Schaltung 27 bedingte, in Resonanz befindliche Ringleitung mit Ausbildung einer umlaufenden Welle auf dieser Leitung, sodass zirkulare Polarisation bei dieser Frequenz f_s gegeben ist.

Fig. 15:

a) zeigt die vorteilhafte Kombination eines Strahlers mit nicht zu breitem Ringleiter 2 nach der Erfindung mit einem im Wesentlichen stabförmigen Strahler 28 im Zentrum Z des Ringleiters 2 für einen weiteren Funkdienst bzw. mehrere weitere Funkdienste mit vertikaler Polarisation auf anderen Frequenzen als f_0 . Zur Vermeidung von Strahlungskopplung zwischen den beiden Strahlern ist der stabförmige Strahler 28 in Leiterstücke 24 unterteilt, deren elektrische Länge nicht größer ist als $3/8 \cdot \lambda_0$. b) die Unterbrechungsstellen sind durch frequenzselektive Zweipole 25 überbrückt, welche bei der Frequenz f_0 hochohmig und in den Frequenzbereichen der anderen Funkdienste niederohmig sind.

[0012] Die Beschreibung der Wirkungsweise eines Strahlers nach der Erfindung kann anschaulich anhand eines Vergleichs mit dem bereits oben genannten elektrisch kleinen als Referenzstrahler 29 bezeichneten Monopol-Stabstrahler in Fig. 4a mit Dachkapazität 11 und einer Induktivität L_m , 15 im Fußpunkt nach dem Stande der Technik erfolgen. Seine Fußpunktsimpedanz an der Strahlerspeisestelle 5 ist bei niedrigen Frequenzen kapazitiv und kann bei Wahl einer geeigneten Induktivität L_m 15 bei der hier betrachteten Frequenz f_0 eines Funkdienstes eine niederohmige Resonanz

vom Charakter eines Serienresonanzkreises annehmen mit dem in Bezug auf $Z_L = 50 \text{ Ohm}$ sehr niederohmigen Resonanzwiderstand $R_{sm}/Z_L = 0,06$. Dieser bekannte Impedanzverlauf ist beispielhaft in der Frequenzumgebung der Resonanz $f_0 = 1,5 \text{ GHz}$ für den dargestellten Strahler mit den angegebenen Abmessungen und dem für eine Impedanztransformation in den Widerstand Z_L extrem ungünstigen Resonanzwiderstand $R_{sm}/Z_L = 0,06$ dargestellt.

[0013] Im Gegensatz zum Referenzstrahler 29 in Figur 4a besteht der Strahler nach der Erfindung in den Figuren 1 und 4b aus einem Ringleiter 2, an dessen Umfang mindestens drei vertikale Strahler 4a, 4b, 4c bzw. 4d angeordnet sind, wobei die Ringleitung 2 über einen der vertikalen Strahler 4a erregt ist und die anderen vertikalen Strahler 4b, 4c bzw. 4d jeweils über eine Induktivität 15 mit der leitenden Grundfläche 6 elektrisch leitend verbunden sind. In einer besonders bevorzugten Gestaltung einer Antenne nach der Erfindung sind die vertikalen Strahler 4a-c bzw. d azimuthal etwa gleich verteilt angeordnet und die Induktivität 15 aller Strahler etwa gleich gewählt. Abhängig von den Abmessungen des Ringleiters 2 und seiner Höhe h über der Grundfläche 6 ergibt sich bei geeigneter Wahl der Induktivitäten 15 erfindungsgemäß an der Strahlerspeisestelle 5 in der Frequenzumgebung der gewünschten Resonanzfrequenz f_0 der Impedanzverlauf einer niederohmigen Serienresonanz, wie es in den Figuren 4b, 6a, 6b und in Figur 12, Kurve a) dargestellt ist. Bei Erregung eines Strahlers nach der Erfindung an der Strahlerspeisestelle 5 bei Frequenzen weit unterhalb der Resonanzfrequenz f_0 ist die dort messbare Impedanz von gleichem Charakter wie die einer elektrisch kleinen Rahmenantenne, deren Strahlungswiderstand mit f^4 und deren Blindwiderstand proportional zur Frequenz f ansteigt. Es ist zum Beispiel in Figur 1 durch die Gegensinnigkeit des Stromes im gespeisten Strahler 4a zu den beiden Strömen in den übrigen vertikalen Strahlern 4b und 4c leicht nachzuvollziehen, dass sich die vertikal polarisierten Strahlungsbeiträge in den vertikalen Strahlern weitgehend aufheben. Ausschließlich in der Frequenzumgebung der Resonanzfrequenz f_0 sind die Ströme in allen vertikalen Strahlern gleichsinnig, so dass sich die vertikal polarisierten Strahlungsbeiträge vollständig unterstützend addieren. Erfindungsgemäß ergibt sich dabei das entscheidende Phänomen, dass der Realteil der Impedanz an der Strahlerspeisestelle 5 etwa um das Quadrat der Anzahl N der vertikalen Strahler größer ist als bei einem Referenzstrahler 29 gleicher geometrischer Höhe h gemäß Gleichung (2), sodass bei elektrisch niedriger Bauhöhe h/λ_0 und bei geeigneter Wahl der Anzahl N der vertikalen Strahler 4 die Strahlerimpedanz wesentlich näher bei der Zielimpedanz Z_L für Impedanzanpassung gestaltet werden kann. Erfindungsgemäß gilt in Annäherung für den Resonanzwiderstand des Strahlers bei der Frequenz f_0 :

$$\frac{R_s}{Z_L} = \frac{R_{sm}}{Z_L} * N^2 \approx 32 * \left(\frac{h}{\lambda_0} \right)^2 * N^2 \quad (3)$$

[0014] Hierbei zeigt sich als besonderer Vorteil eines Strahlers nach der Erfindung, dass die Bandbreite seines Impedanzverlaufs nicht kleiner ist als die eines Referenzstrahlers 29 mit gleichen äußeren Abmessungen der Dachkapazität 11 bzw. des Ringleiters 2 in den Figuren 4a bzw. 4b und bei gleichen Bauhöhen h/λ_0 , so dass auf die beiden Strahler etwa der gleiche Bandbreitenfaktor $BF = BF_m$ nach Gleichung (1) zutrifft. Ein Vergleich der Bandbreiten der Impedanzverläufe in den Figuren 4b für den Strahler nach der Erfindung mit den Induktivitäten 15 von jeweils etwa 25nH und in Figur 4a für den Referenzstrahler 29 ergibt im Rahmen der feststellbaren Genauigkeit gleiche Werte für die relative Bandbreite von $B_{rel} = 3,6\%$. Diese ist jeweils über die Frequenzabstände der Impedanzen mit $+45^\circ$ und -45° Phase um die Resonanzfrequenz $f_0 \sim 1,5 \text{ GHz}$ ermittelt.

[0015] Wie bereits weiter oben ausgeführt, erfährt jedoch eine Antenne auf Basis des Referenzstrahlers 29 mit einem Anpassnetzwerk 35 zur Transformation der Strahlerimpedanz in die Zielimpedanz Z_L eine Bandbreitenreduktion, welcher ein Strahler nach der Erfindung aufgrund seiner günstigen Strahlerimpedanz nicht unterworfen ist. Zudem ergibt sich bei einem Strahler nach der Erfindung der zusätzliche Vorteil, dass der Bandbreitenfaktor praktisch unabhängig ist von der Leiterbreite 8 in Figur 2. Sind die vertikalen Strahler 4a-d erfindungsgemäß etwa an der äußeren Berandung der Ringleitung 2 angebracht, so tragen in der Hauptsache die Ströme auf der äußeren Berandung der Ringleitung zur Bildung der Strahlereigenschaften bei, so dass der Bandbreitenfaktor von der Leiterbreite 8 praktisch unabhängig ist bis hin zu dem Sonderfall, dass der Ringleiter durch eine geschlossene Fläche, wie in Figur 6b, gebildet ist. Die Impedanzen der Strahler nach der Erfindung in den Figuren 4b, 6a und 6b zeigen im Vergleich den mit wachsender Ringleiterbreite 8 sich nur unwesentlich ändernden Resonanzwiderstand R_s bei der Frequenz f_0 . Somit ist auch die Bandbreite des Strahlers nach der Erfindung in der Hauptsache abhängig von der relativen Strahlerhöhe, das heißt mit $(h/\lambda_0)^2$ und der Kapazität des Ringleiters 2 gemäß dessen äußerer Berandung. Sie ist jedoch praktisch unabhängig von der Ringleiterbreite 8 bzw. des Durchmessers d eines mechanisch eigenstabilen drahtförmigen Ringleiters 2, wie dies aus einem Vergleich der in den Figuren 6a und 6b angegebenen Bandbreiten hervorgeht. Dies führt zu dem wesentlichen Vorteil bei der Gestaltung einer Antenne für Fahrzeuge, dass der Raum im Zentrum Z des Strahlers für die Kombination mit weiteren Strahlern für andere Funkdienste zur Verfügung gestellt werden kann.

[0016] Insbesondere für die Gestaltung von Kombinationsantennen für mehrere Funkdienste auf engem Raum auf Fahrzeugen ist die Frequenzselektivität eines Strahlers 1 nach der Erfindung von besonderem Vorteil. Dies geht anschaulich aus der Gegenüberstellung des Frequenzverlaufs der VSWR-Werte eines Strahlers 1 nach der Erfindung mit Resonanzfrequenz $f_0 = 1,53$ Gigahertz in Figur 13, Kurve a), und eines Referenzstrahlers 29 mit gleichen äußeren Abmessungen in Kurve b) hervor. In der Frequenznachbarschaft der Resonanzfrequenz zeigt sich der erfindungsgemäße Vorteil der aufwandslosen Anpassung der Impedanz des Strahlers nach der Erfindung an $Z_L = 50$ Ohm gegenüber dem Referenzstrahler 29 mit einem VSWR-Wert von mehr als 20 dB. Andererseits sind die VSWR-Werte des Referenzstrahlers 29 weit ab von der Resonanzfrequenz im Mittel um etwa 20 dB größer, so dass ein Strahler nach der-Erfindung wesentlich stärker von benachbarten Antennen für andere Funkdienste entkoppelt ist, wie zum Beispiel von Telefon-funkdiensten mit starker Sendestrahlung.

[0017] Wie bereits oben im Zusammenhang mit Figur 5 beschrieben, ist dort der Zusammenhang zwischen dem Resonanzwiderstand bei der Frequenz f_0 über der relativen geometrischen Höhe $h/\lambda_0 = h'$ des Strahlers in Figur 4b für $N = 4$ aufgetragen. Im Vergleich mit den Kurven für $N = 3$ und $N = 5$ zeigt sich, dass bei geeigneter Wahl der Anzahl N von vertikalen Strahlern an einem als N-Eck gestalteten Ringleiter 2 der Resonanzwiderstand innerhalb eines großen, für die praktische Anwendung interessanten Wertebereichs von $h' = h/\lambda_0$ in der Nähe des Zielwiderstandes Z_L gestaltet werden kann. Die strich-punktierte Kurve für die Impedanz des Monopols mit Dachkapazität als Referenzstrahler 29 mit gleichen äußeren Abmessungen zeigt die im Vergleich um mehr als eine Größenordnung abweichenden niedrigen Werte.

[0018] In Figur 7 ist das vertikale Strahlungsdiagramm eines Strahlers nach der Erfindung dargestellt mit einem vorteilhaft vergrößerten Gewinn gegenüber einer Antenne gleicher Höhe nach dem Stand der Technik und Figur 8 zeigt das azimutale Runddiagramm mit der azimutalen Schwankung $G_{\max} - G_{\min} \sim 0,26$ dB. Der Gewinnzuwachs in der Frequenzumgebung der Resonanzfrequenz f_0 ist durch die Beabstandung der vertikalen Strahler 4a-4c und ihrer Wirkung als Strahlergruppe mit gleichsinnig erregten Strömen begründet, die jedoch andererseits bei nicht zu großem Abstand lediglich die oben genannte, geringfügige azimutale Gewinnschwankung bewirkt.

[0019] Wenngleich auch die Anforderung an eine kleine geometrische Antennenhöhe h eine der Hauptaufgaben für die Gestaltung einer Fahrzeugantenne darstellt und insbesondere für Antennen, welche im Frequenzbereich um 1,5 GHz, wie zum Beispiel für den DAB-Rundfunkdienst im L-Frequenzband, eine Antennenhöhe von $h = 1$ cm, das heißt $h/\lambda_0 = 1/20$, gefordert ist, so ist die Ausdehnung der Ringleitung 2 nicht grundsätzlich auf ähnlich kleine Werte eingeschränkt. Mit dem Strahler nach der Erfindung ist somit der Vorteil verbunden, dass die auf die Wellenlänge λ_0 bezogene Querausdehnung des Ringleiters 2 nicht auf ähnlich kleine Werte beschränkt ist, wie dies für seine Höhe h der Fall ist. Dadurch ist es möglich, die Bandbreite des Strahlers bei gleicher relativer Strahlerhöhe h/λ_0 zu vergrößern, oder alternativ bei gleicher Bandbreite die Höhe weiter zu reduzieren. Zur Veranschaulichung kann das Beispiel eines Strahlers nach der Erfindung mit einer kreisförmigen Ringleitung 2 wie in Figur 1, jedoch mit vier azimutal gleichverteilten vertikalen Strahlern 4a-4c und der gleichen Höhe $h = 1$ cm dienen, welche bei einem relativen Durchmesser von $D/\lambda_0 = 0,32$ bei der Frequenz um 1,5 GHz die relative Bandbreite $B_{\text{rel}} = B/f_0 \sim 9\%$ besitzt. Im Vergleich hierzu sind die in den Figuren 4b, 6a und 6b angegebenen relativen Bandbreiten $B_{\text{rel}} \sim 3,6\%$ etwa um das Verhältnis zwischen der Länge der quadratischen Berandung der Ringleitung 2 zum Umfang der kreisförmigen Ringleitung kleiner. Die Kapazität des Ringleiters 2 ist somit näherungsweise durch die gestreckte Länge seiner äußeren Berandung gegeben und trägt linear zur Bildung der Bandbreite B der Impedanz um die Resonanzfrequenz f_0 bei.

[0020] In vorteilhafter Weise ist das azimutale Strahlungsdiagramm auch bei vergleichsweise großen Querausdehnungen des Ringleiters 2 als Runddiagramm gegeben. Bei dem oben genannten Beispiel einer Antenne mit kreisförmigem Ringleiter und dem relativen Durchmesser von $D/\lambda_0 = 0,32$ beträgt die gestreckte Länge eines Ringleiter-Abschnitts zwischen zwei einander benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkten 7a-7b etc. jeweils eine Viertel-Wellenlänge $= \lambda_0/4$. Obgleich der Abstand zwischen zwei einander gegenüberliegenden vertikalen Strahlern $D/\lambda_0 = 0,32$ beträgt und insofern nicht mehr klein ist gegenüber der Wellenlänge λ_0 , ist die azimutale Schwankung des Strahlergewinns kleiner als 0,3dBi.

[0021] Im Folgenden werden einige vorteilhafte Formen für die Realisierung von Strahlern nach der Erfindung ausgeführt.

[0022] In einer möglichst einfachen und wirtschaftlichen Gestaltung eines Ringleiters 2 mit den vertikalen Strahlern 4 ist der Ringleiter 2 als geschlossener etwa drahtförmiger Ring gestaltet, mit welchem die vertikalen Strahler 4 galvanisch verbunden sind. Dieser Ringleiter 2 mit Strahlern 4 kann wirtschaftlich aus Blech gestanzt und durch anschließende Biegung der Strahler 4 hergestellt werden. Auf vorteilhafte Weise ist die leitende Grundfläche im Bereich des Strahlers 1 als gedruckte Leiterplatte ausgeführt. In diese können die Induktivitäten 15 zum Beispiel als spiralenförmige Leiterbahnen, wie in Figur 11 angedeutet, gedruckt eingebracht sein, wobei an einem Ende einer der Induktivitäten 15 ein Anschluss-Pad als Strahleranschlussstelle gedruckt ist. Das vorgefertigte Strahlerteil kann mit den unteren Enden der vertikalen Strahler auf einfache Weise mit den Induktivitäten 15 - zum Beispiel durch Löten - verbunden werden, wodurch eine mechanisch äußerst stabile Strahlerkonstruktion gegeben ist. Diese mechanische Stabilität ist insbesondere im Hinblick auf die schmale relative Bandbreite mancher Funkdienste von großem Vorteil, die einer Verstimmung durch mechanische Vibrationen entgegensteht und eine hohe Reproduzierbarkeit beim Herstellungsprozess gewährleistet.

[0023] Bei einem derartigen Strahler mit galvanisch gekoppelten vertikalen Strahlern 4 kann der Ringleiter 2 in der

horizontalen Ebene flächig und seine äußere Berandung im Wesentlichen symmetrisch zu seinem Zentrum Z ausgeführt sein, wobei die innere Berandung des Ringleiters 2 innere in der Weise gestaltet ist, dass längs des Umfangs die Ringleiter-Breite B jeweils kleiner ist als $1/4$ der über das Zentrum Z gemessenen horizontalen Ausdehnung des Ringleiters. Dadurch steht in vorteilhafter Weise der Raum um das Zentrum Z des Ringleiters 2 für die beispielhafte Gestaltung weiterer Antennen zur Verfügung.

[0024] Wie bereits weiter oben ausgeführt, ist die Gleichsinnigkeit der Ströme in den vertikalen Strahlern 4 für die daraus resultierende optimale Unterstützung der vertikal polarisierten Strahlung von Bedeutung. Dies ist besonders vorteilhaft zu erreichen, wenn der Ringleiter 2 kreisförmig bzw. als reguläres Vieleck mit N Ecken gestaltet ist und über den Umfang L des Kreises bzw. an den Ecken des N-Ecks über den Umfang der Länge L des Ringleiters 2 in der Anzahl N untereinander gleiche vertikale Strahler 4a-d in gleich langen gestreckten Längenabständen L/N der Struktur voneinander entfernt über die Leiterschleifen-Koppelpunkte 7a-d an den Ringleiter 2 galvanisch 6 angekoppelt sind. Dabei ist erfindungsgemäß die Resonanz bei der Frequenz f_0 durch Gestaltung der induktiv wirksamen Komponenten 13a-d der vertikalen Strahler 4a-d herbeigeführt. Zur Herstellung der Resonanz des Ringleitungsstrahlers 1 können die vertikalen Strahler 4a-d ebenfalls jeweils an einer Unterbrechungsstelle mit einer Induktivität 15a-d der hierfür notwendigen induktiven Komponenten 13a-d beschaltet sein.

[0025] In einer besonders vorteilhaften Realisierung der Erfindung besitzen die in den vertikalen Strahlern 4b-d induktiv wirksamen Komponenten 13a-d in allen vertikalen Strahlern 4a-d etwa gleiche Größe, so dass - wie weiter oben bereits festgestellt - bei Resonanz in diesen Strahlern 4a-d richtungsgleiche Ströme von etwa gleicher Größe fließen. Diese Bedingung ist jedoch für eine grundsätzliche Wahrnehmung der mit der Erfindung erzielbaren Vorteile im Hinblick auf eine günstige Strahlerimpedanz nicht notwendigerweise akribisch einzuhalten. Durch Einhalten der Gleichheit der Ströme lassen sich jedoch im Hinblick auf die Strahlerimpedanz und die azimutale Richtungsunabhängigkeit des Richtdiagramms optimale Bedingungen erreichen.

[0026] Die Wahl einer Unterbrechungsstelle zur Einschaltung von konzentrierten induktiven Komponenten erfolgt für die Herstellung des Strahlers 1 besonders günstig jeweils am unteren Ende eines stabförmigen vertikalen Strahlers 4a-d. Dort kann jeweils eine konzentrierte Induktivität 32 a-32c zwischen dem unteren Ende des stabförmigen vertikalen Strahlers 4a-d und der leitenden Grundfläche 6 bzw. dem dort befindlichen Anschluss der Strahlerspeisestelle 5 geschaltet werden. Der andere Anschluss der Strahlerspeisestelle 5 ist auf der leitenden Grundfläche 6 gebildet. Wie bereits oben angedeutet, können die Induktivitäten 15a-d in vorteilhafter Weise als gedruckte Induktivitäten 32a-d auf der als elektrisch leitend beschichteten Leiterplatte ausgeführten elektrisch leitenden Grundfläche 6 gestaltet werden, welche jeweils an einem Ende mit dem vertikalen Strahler 4a-d und am anderen Ende mit der elektrisch leitenden Grundfläche 6 bzw. dem ebenfalls auf der beschichteten Leiterplatte gestalteten einem Anschluss der Strahlerspeisestelle 5 verbunden sind.

[0027] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können die Induktivitäten 32a-d entfallen, wenn die induktiv wirksamen Komponenten 13a - 13d jeweils durch Formgebung der vertikalen Strahler 20 realisiert sind. Hierfür sind vertikale Strahlerteile 20 und horizontal verlaufende Strahlerteile 21 geformt, so dass die in Figur 1 dargestellten notwendigen induktiven Komponenten 13a - 13c auch bei kleiner Höhe h erreicht werden. Hierbei kann die Gestaltung der vertikalen Strahlerteile 20 und der horizontal verlaufenden Strahlerteile 21 in Figur 9 ebenso kombiniert durch schräg verlaufende Strahlerteile 22, wie in Figur 10 dargestellt, bzw. durch mäanderförmige Strahlerteile erfolgen. Ein Strahler 1 mit derartigen vertikalen Strahlern 4a-c kann zum Beispiel auf wirtschaftliche Weise aus einem aus Blech gestanztem Stück und anschließender Biegung hergestellt und die vertikalen Strahler an ihrem unteren Ende mit der leitenden Grundfläche 6 bzw. mit der dort gebildeten Strahleranschlusstelle 5 verbunden werden. Eine für den Einsatz in Fahrzeugen besonders wirtschaftliche Lösung ist durch Wahl entsprechender Abmessungen des Strahlers 1 in der Weise zu erreichen, dass an der Strahlerspeisestelle 5 Anpassung an ZL ohne Anpassnetzwerk 35 gegeben ist und die Strahlerspeisestelle 5 - gemäß der allgemeinen Darstellung in Figur 4a links unten - die Antennenanschlusstelle 34 einer an ZL angepassten Antenne 36 bildet.

[0028] Bei etwas zu kleinem Resonanzwiderstand R_s kann die Impedanzanpassung an ZL auf einfache Weise dadurch erfolgen, dass die Resonanzfrequenz f_0 in der Weise gewählt ist, dass die bei einer geringfügig höheren Frequenz f im Frequenzband des Funkdienstes auftretende geringfügige Verstimmung der Resonanz des Strahlers die zwischen Strahlerspeisestelle 5 und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt 3a auftretende Impedanz induktiv ist. Durch Parallelschaltung einer Kapazität zwischen Strahlerspeisestelle 5 und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt 3a kann auf einfache Weise Impedanzanpassung an ZL erreicht werden, wodurch die Strahlerspeisestelle 5 gleichermaßen die Antennenanschlusstelle 34 einer an ZL angepassten Antenne 36 bildet.

[0029] In einer vorteilhaft einfach herstellbaren Grundform eines Strahlers 1 nach der Erfindung ist der Ringleiter 2 als Quadrat gestaltet, an dessen Ecken jeweils ein Ringleitungs-Koppelpunkt 7 mit einem dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahler 4, 4a-d ausgebildet ist. Drei der Strahler 4, 4b-d sind mit der elektrisch leitenden Grundfläche 6 zur Ankopplung an einen Masse-Anschlusspunkt 3b-d jeweils über eine Induktivität 13b-d an den Masse-Anschlusspunkt 3b-d angeschlossen und ein Strahler 4, 4a, gegebenenfalls über eine Induktivität 13a mit der Strahlerspeisestelle 5 verbunden.

[0030] Für einen Strahler - zum Beispiel für den bereits oben genannten Funkdienst DAB im L-Frequenzband bei einer Mittenfrequenz von $f \sim 1,5$ GHz - ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung nach der Erfindung die Resonanzfrequenz f_0 etwa gleich der Mittenfrequenz f des Funkdienstes und die Seiten des Quadrats sind etwa gleich $\lambda_0/10$ und die Höhe h , 9 etwa gleich $\lambda_0/20$ gewählt. Ein Strahler mit diesen äußeren Abmessungen kann vorteilhaft in der Weise gestaltet werden, dass an der Strahlerspeisestelle 5 Impedanzanpassung an ZL vorliegt und somit durch letztere die Antennen-

anschlussstelle 34 gegeben ist.

[0031] An die Glattheit der Oberfläche einer Fahrzeugkarosserie werden vornehmlich aus ästhetischen Gründen, jedoch auch aus Gründen der Windgeräuscentwicklung hohe Anforderungen gestellt. Hierfür bietet ein Strahler nach der Erfindung vorteilhaft die Möglichkeit, den Strahler versenkt und ohne nennenswerte Einbußen an seinen Strahlungseigenschaften in die Fahrzeugkarosserie zu integrieren. Hierzu wird, wie in Figur 11 dargestellt, die im Wesentlichen in einer Grundflächen-Ebene E1 verlaufende leitende Grundfläche 6 am Ort des Ringleiters 2 als eine nach oben geöffnete leitende Kavität 38 ausgeformt, deren leitende Kavitäts-Basisfläche 6a in der Kavitäts-Tiefe 12 parallel zur und unterhalb der Grundflächen-Ebene E1 gelegenen Basisflächen-Ebene E2 verläuft. In diese Kavität wird der Ringleiter 2 in einer weiteren horizontalen Ringleitungs-Ebene E in der Höhe h , 9 verlaufend über der Kavitäts-Basisfläche 6a in der Weise eingebracht, dass die leitende Kavitäts-Basisfläche 6a die Projektionsfläche des Ringleiters 2 auf die unterhalb der leitenden Grundflächen-Ebene E1 gelegenen Basisflächen-Ebene E2 mindestens überdeckt und die Kavitäts-Seitenflächen 40 an jeder Stelle eine Kontur in der Weise aufweisen, dass ein hinreichend großer Kavitäts-Abstand 10 zwischen dem Ringleiter 2 und der Kavität 38 an jeder Stelle gegeben ist. Naturgemäß ist mit dem versenkten Einbau eines Strahlers ein Absinken des Strahlungswiderstandes R_s verbunden. Insbesondere auch in diesem Zusammenhang ist die gegenüber einem Referenzstrahler 29 erfindungsgemäße Erhöhung des Strahlungswiderstandes um den Faktor N^2 von besonderer Bedeutung.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Strahler 1, welcher für vertikale Polarisation für einen Funkdienst um die Frequenz f_0 gestaltet ist, in seiner Funktion für den Empfang von zirkular polarisierten Satellitenfunktensignalen eines Satellitenfunkdienstes bei einer Frequenz $f_s > f_0$ erweitert, wie es beispielhaft in Fig. 14 dargestellt ist. Im Gegensatz zur Funktion für die vertikale Polarisation mit gleichphasig und gleichsinnig fließenden Strömen in den vertikalen Strahlern 4a-c sind die Phasen der Ströme in diesen Strahlern in der Weise eingestellt, dass der Ringleiter 2 zusammen mit der leitenden Grundfläche 6 als eine Ringleitung betrieben ist, sodass bei der Frequenz f_s eine Resonanzstruktur in der Weise gebildet ist, dass durch Einspeisung über den einen der vertikalen Strahler 4d mit Strahlerspeisestelle 5 auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung eingestellt ist, deren Phasenunterschied über einen azimuthalen Umlauf gerade 2π beträgt. Die Speisung des Strahlers für die Funktion der zirkularen Polarisation kann in vorteilhafter Weise ebenso an der Strahlerspeisestelle 5 erfolgen. Ein Strahler für den Empfang von zirkular polarisierten Satellitensignalen ist bekannt aus der DE 10 2009 040 910, dort z.B. in Fig. 17, wobei die Einspeisung an einem vertikalen Strahler über eine Kapazität und die Verbindung der anderen Strahler zur elektrisch leitenden Grundfläche 6 hin ebenso über Kapazitäten gegeben ist. Zur Verknüpfung der beiden Funktionen bei einem Strahler nach der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 14a, ist den Induktivitäten 15a-d der an die leitende Grundebene angekoppelten vertikalen Strahler 4a-c sowie dem einen vertikalen Strahler 4d mit Strahlerspeisestelle 5 jeweils ein kapazitiv wirkendes Element 26a-d parallel geschaltet. Somit ist, wie in Fig. 14b dargestellt, jeweils eine Blindelement-Schaltung 27a-d gegeben, welche für den Funkdienst bei der Frequenz f weiterhin die geforderte induktive Wirkung und bei der Frequenz f_s für den Satellitenfunkdienst die für die Resonanz und die Umlaufrichtung der umlaufenden Welle bestimmende kapazitive Wirkung besitzt.

[0033] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der im Zentrum des Ringleiters 2 gestaltbare Freiraum zur Anbringung einer weiteren vertikal polarisierten Antenne genutzt, wie es beispielhaft in Fig. 15a mit einer stabförmigen Antenne 28 dargestellt ist. Hierzu kann vorteilhaft längs einer vertikalen Zentrallinie VZ eine vertikale im Wesentlichen stabförmige Antenne für mindestens einen weiteren Funkdienst gestaltet werden. Zur Unterdrückung der Strahlungskopplung zwischen dem Strahler 1 nach der Erfindung und der weiteren vertikal polarisierten stabförmigen Antenne 28 ist deren Leiter in der Weise in durch Unterbrechungsstellen 14 in voneinander getrennte Leiterstücke 24 unterteilt, dass die gestreckten Längen 19 der Leiterstücke 24 nicht größer als $3/8$ der Wellenlänge λ_0 gewählt sind und die Unterbrechungsstellen 14 durch frequenzselektive Zweipole 25, wie in Fig. 15b dargestellt, überbrückt sind. Die frequenzselektiven Zweipole 25 sind in den Frequenzbereichen der weiteren Funkdienste niederohmig und in dem Frequenzbereich, welcher dem Strahler 1 mit Ringleiter 2 zugeordnet ist, hochohmig auszuführen. Die Gestaltung von stabförmigen, durch frequenzselektiv überbrückte Unterbrechungsstellen strahlungsentkoppelten Antennen ist bekannt aus der DE 103 04 911.

[0034] Schließlich kann es zum Beispiel aus Gründen erhöhter mechanischer Stabilitätsanforderungen notwendig sein, den Ringleiter 2 möglichst stabil auszuführen. In diesem Fall kann der Ringleiter 2 im Wesentlichen durch die Berandung einer geschlossenen leitenden Fläche, wie in Fig. 3, gestaltet werden, wobei die Ringleitungs-Koppelpunkte 7a, 7b, 7c, 7d jeweils in der Nähe dieser Berandung gebildet sind. Die elektrischen Eigenschaften, wie z. B. der Strahlungswiderstand R_s bei der Resonanzfrequenz f_0 , werden durch die Darstellung des Ringleiters 2 als geschlossene Fläche aufgrund der für die Funktion wesentlichen Ströme längs der Berandung der Fläche nur unwesentlich beeinflusst.

Dies trifft ebenso auf die relative Strahlerbandbreite Brel zu.

[0035] Ausgehend von der Bandbreite eines elektrisch kleinen Strahlers kann die Bandbreite B durch Ergänzungen mit einem Anpassnetzwerk am Antennenanschlussstelle 34 unter Voraussetzung eines beliebig komplizierten, jedoch verlustlosen Anpassnetzwerks theoretisch maximal um den Faktor $2\pi/\ln 2$ vergrößert werden, wie es in der eingangs genannten Druckschrift im AEÜ zitiert ist. Die in der Praxis erreichbaren Vergrößerungsfaktoren sind bei vertretbar wirtschaftlichem Aufwand jedoch umso kleiner, je weiter die Strahlerimpedanz von der Zielimpedanz ZL abweicht. Naturgemäß vergrößern Verluste die Bandbreite, reduzieren jedoch in gleichem Maß den Strahlungsgewinn einer Antenne. Somit ist der Strahler 1 nach der Erfindung auch bei Ergänzung mit einem Anpassnetzwerk und bei Berücksichtigung von Verlusten im Hinblick auf Strahlungsgewinn und erreichbarer Bandbreite dem Referenzstrahler 29 mit Anpassnetzwerk stets überlegen.

Liste der Bezeichnungen

[0036]

Strahler 1
 Ringleiter 2
 Masse-Anschlusspunkt 3a, 3b 3c, 3d
 vertikale Strahler 4, 4a, 4b, 4c, 4d, 4e
 Strahlerspeisestelle 5
 Leitende Grundfläche 6, 6a, 6b
 Ringleitungs-Koppelpunkte 7,7a,7b,7c,7d
 Leiterbreite 8
 Abstand der Höhe h, 9
 Kavitäts-Abstand 10
 Dachkapazität 11
 Kavitäts-Tiefe 12
 induktiv wirksame Komponenten 13, 13a -13g
 Unterbrechungsstelle 14
 Induktivität 15,15a, 15b, 15c, 15d
 Äußere Querabmessung 16
 Äußere Längsabmessung 17
 innere Querabmessung 18
 gestreckte Länge 19
 vertikaler Strahlerteil 20
 horizontaler Strahlerteil 21
 schräg verlaufender Strahlerteil 22
 Kantenlänge 23
 Leiterstücke 24
 Frequenzselektiver Zweipol 25
 kapazitiv wirkendes Element 26
 Blindelement-Schaltung 27
 stabförmigen Strahler 28
 Referenzstrahler 29
 Mikrostreifenleiter 30,30a,30b,30c
 Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31
 Gedruckte Induktivität 32a, 32b, 32c, 32d,
 Leiterplatte 33
 Antennenanschlussstelle 34
 Anpassnetzwerk 35
 Antenne 36
 Abstand 37
 Kavität 38
 Kavitäts-Basisfläche 39
 Kavitäts-Seitenflächen 40
 Kavitäts-Abstand 41
 Bandbreite B
 Relative Bandbreite Brel

Resonanzfrequenz f_0
 Feldwellenwiderstand des freien Raums Z_0
 Effektive Höhe des elektrisch kurzen Monopol-Strahlers h_{em}
 Kapazität des elektrisch kurzen Monopol-Strahlers
 5 Lichtgeschwindigkeit c_0
 Freiraumwellenlänge λ_0
 Geometrische Höhe h
 Drahtdurchmesser d
 Kreisdurchmesser D
 10 Antennenfaktor des elektrisch kurzen Monopol-Strahlers BF_m
 Antennenfaktor des Strahlers nach der Erfindung BF
 Konstante k
 Grundflächen-Ebene E_1
 Grundflächen-Ebene E_2
 15 Ringleitungs-Ebene E_3
 Anzahl Koppelpunkte N
 normierter Widerstand (Zielimpedanz) Z_L
 Strahlungswiderstand bei der Resonanzfrequenz R_s
 Reaktanz X
 20 Gestreckte Länge des Ringleitungsstrahlers L
 vertikale Zentrallinie VZ

Patentansprüche

1. Elektrischer Strahler (1) für vertikal polarisierte Funksignale für einen Funkdienst mit schmaler Frequenzbandbreite um eine Frequenz f_0 mit der Freiraum-Wellenlänge λ_0 im GHz-Frequenzbereich, umfassend wenigstens eine im Wesentlichen horizontal orientierte, über einer leitenden Grundfläche (6) angeordnete Leiterschleife, mit einer Strahlerspeisestelle (5) zur elektromagnetischen Erregung der Leiterschleife gegenüber der leitenden Grundfläche (6),
 30 **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Leiterschleife durch einen polygonartig oder elliptisch/kreisförmig geschlossenen Ringleiter (2) in einer im Wesentlichen horizontalen Ebene mit der Höhe h kleiner $\lambda_0/6$ über der leitenden Grundfläche (6) verlaufend gestaltet ist,

35 - am Umfang des Ringleiters (2) etwa gleichverteilt mindestens drei an Leiterschleifen-Koppelpunkten (7) mit dem Ringleiter (2) elektromagnetisch verkoppelte und zur leitenden Grundfläche (6) hin verlaufende vertikale Strahler (4, 4a-d) vorhanden sind, wobei mindestens zwei der vertikalen Strahler (4, 4a-d) mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) an Masse-Anschlusspunkten (3b-d) elektromagnetisch verkoppelt sind und ein vertikaler Strahler (4a) über die Strahlerspeisestelle (5) an dessen unterem Ende erregt ist,

40 - die mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) zwischen ihren Leiterschleifen-Koppelpunkten (7a-d) und dem jeweils mit einem Masse-Anschlusspunkt (3a, 3b) verkoppelten vertikalen Strahler (4b-d) und der über die Strahlerspeisestelle (5) erregte vertikale Strahler (4a), zwischen seinem Leiterschleifen-Koppelpunkt (7a) und der Strahlerspeisestelle (5) jeweils induktiv wirksame Komponenten (13a-d) besitzen, so dass an der Strahlerspeisestelle (5) bei der Frequenz f_0 eine niederohmige Resonanz vom Charakter einer Serienresonanz gegeben ist.
 45

2. Strahler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Ringleiter (2) in der horizontalen Ebene flächig und seine äußere Berandung im Wesentlichen symmetrisch zu seinem Zentrum Z gestaltet ist und seine innere Berandung in der Weise gestaltet ist, dass längs des Umfangs die Ringleiter-Breite B jeweils kleiner ist als $1/4$ der über das Zentrum Z des Ringleiters (2) gemessenen horizontalen Ausdehnung des Ringleiters. (2)

3. Strahler nach zumindest einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Ringleiter (2) kreisförmig bzw. als reguläres Vieleck mit N Ecken gestaltet ist und über den Umfang L des Kreises bzw. an den Ecken des N -Ecks über den Umfang der Länge (L) des Ringleiters (2) N untereinander gleiche vertikale Strahler (4a-d) in gleich langen gestreckten Längenabständen (L/N) der Ringleiterstruktur voneinander entfernt über

die Leiterschleifen-Koppelpunkte (7a-d) an den Ringleiter (2) galvanisch (6) angekoppelt sind und die Resonanz bei der Frequenz f_0 durch Gestaltung der induktiv wirksamen Komponenten (13a-d) der vertikalen Strahler (4a-d) gegeben ist.

- 5 **4.** Strahler nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 zur Herstellung der Resonanz des Ringleitungsstrahlers (1) die vertikalen Strahler (4a-d) jeweils an einer Unterbrechungsstelle mit einer Induktivität (15a-d) der hierfür notwendigen induktiven Reaktanz XL beschaltet sind,
 und / oder
 10 dass die in den vertikalen Strahlern (4b-d) induktiv wirksamen Komponenten in allen vertikalen Strahlern (4a-d) etwa gleiche Größe besitzen, so dass bei Resonanz in diesen Strahlern (4a-d) richtungsgleiche Ströme von etwa gleicher Größe fließen.
- 15 **5.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die induktiv wirksame Komponenten (15a-d) als konzentrierte Induktivitäten (32a-32c) jeweils am unteren Ende der vertikalen Strahler gestaltet sind.
- 20 **6.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Resonanzfrequenz f_0 in der Weise gewählt ist, dass die bei einer geringfügig höheren Frequenz f im Frequenzband des Funkdienstes auftretende geringfügige Verstimmung der Resonanz des Strahlers die zwischen Strahlerspeisestelle (5) und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt (3a) auftretende Impedanz in der Weise induktiv
 ist, dass bei Parallelschaltung einer Kapazität zwischen Strahlerspeisestelle (5) und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt (3a) Impedanzanpassung an eine vorgegebene Zielimpedanz ZL besteht und die Strahlerspeisestelle (5) die Antennenanschlusssstelle (34) einer an ZL angepassten Antenne bildet.
- 25 **7.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 30 die Resonanzfrequenz f_0 in der Weise gewählt ist, dass die bei einer geringfügig geringeren Frequenz f im Frequenzband des Funkdienstes auftretende geringfügige Verstimmung der Resonanz des Strahlers die zwischen Strahlerspeisestelle (5) und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt (3a) auftretende Impedanz in der Weise kapazitiv ist, dass bei Parallelschaltung einer Induktivität zwischen Strahlerspeisestelle (5) und dem benachbarten Masse-Anschlusspunkt (3a) Impedanzanpassung an eine vorgegebene Zielimpedanz ZL besteht und die Strahlerspeisestelle (5) die Antennenanschlusssstelle (34) einer an ZL angepassten Antenne bildet.
- 35 **8.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 der Ringleiter (2) als Quadrat gestaltet ist, an dessen Ecken jeweils ein Ringleitungs-Koppelpunkt (7) mit einem dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahler (4, 4a-d) ausgebildet ist und drei Strahler (4, 4b-d) mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) zur Ankopplung an einen Masse-Anschlusspunkt (3b-d) jeweils über eine Induktivität (13b-d) an einen Masse-Anschlusspunkt (3b-d) angeschlossen sind und ein Strahler (4, 4a) über eine Induktivität (13a) mit der Strahlerspeisestelle (5) verbunden ist.
- 40 **9.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Resonanzfrequenz f_0 etwa gleich der Mittenfrequenz f des Funkdienstes gewählt ist und die Seiten des Quadrats etwa gleich $\lambda_0/10$ und die Höhe h etwa gleich $\lambda_0/20$ gewählt sind, so dass an der Strahlerspeisestelle (5) Impedanzanpassung an eine vorgegebene Zielimpedanz ZL herrscht und durch letztere die Antennenanschlusssstelle (34) gegeben ist.
- 45 **10.** Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Induktivitäten (32a-d) in gedruckter Schaltungstechnik auf der als elektrisch leitend beschichtete Leiterplatte ausgeführten elektrisch leitenden Grundfläche (6) gestaltet sind, welche jeweils an einem Ende mit dem vertikalen Strahler (4, 4a-d) und am anderen Ende mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) bzw. der ebenfalls auf der beschichteten Leiterplatte gestalteten Strahlerspeisestelle (5) verbunden sind.
- 50
- 55

11. Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,

dadurch gekennzeichnet, dass

die für Resonanz notwendigen induktiv wirksamen Komponenten (13a-g) jeweils durch Formgebung der vertikalen Strahler (4a-c) in der Weise gegeben sind, dass in den vertikalen Strahlern (4a-c) vertikale Strahlerteile (20) und horizontale Strahlerteile (21) bzw. mäanderformige oder schräg verlaufende Strahlerteile vorhanden sind.

12. Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,

dadurch gekennzeichnet, dass

die im Wesentlichen in einer Grundflächen-Ebene (E1) verlaufende elektrisch leitende Grundfläche (6) am Ort des Ringleiters (2) als eine nach oben geöffnete elektrisch leitende Kavität (38) ausgeformt ist, deren elektrisch leitende Kavitäts-Basisfläche (6a) in einer in der Kavitäts-Tiefe (12) parallel zur und unterhalb der Grundflächen-Ebene (E1) gelegenen Basisflächen-Ebene (E2) verläuft und in welche der Ringleiter (2) in einer weiteren horizontalen Ringleitungs-Ebene (E) in der Höhe h verlaufend über der Kavitäts-Basisfläche (6a) eingebracht ist und die Kavitäts-Basisfläche (6a) die vertikale Projektionsfläche des Ringleiters (2) auf die unterhalb der leitenden Grundflächen-Ebene (E1) gelegenen Basisflächen-Ebene (E2) mindestens überdeckt und die elektrisch leitenden Kavitäts-Seitenflächen (40) an jeder Stelle eine Kontur in der Weise aufweisen, dass ein hinreichend großer Kavitäts-Abstand (10) zwischen dem Ringleiter (2) und der Kavität (38) an jeder Stelle gegeben ist.

13. Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche ,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Strahler (1) für den zusätzlichen Empfang von zirkular polarisierten Satellitenfunksignalen eines Satellitenfunkdienstes bei einer Frequenz $f_s > f$ gestaltet ist, wobei der Ringleiter (2) zusammen mit der leitenden Grundfläche (6) eine Ringleitung bildet, sodass bei der Frequenz f_s eine Resonanzstruktur in der Weise gebildet ist, dass durch Einspeisung über den einen der vertikalen Strahler (4d) mit Strahlerspeisestelle (5) auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung eingestellt ist, deren Phasenunterschied über einen azimutalen Umlauf gerade 2π beträgt, wobei den Induktivitäten (15a-d) der an die leitende Grundebene angekoppelten vertikalen Strahler (4a-c) sowie dem einen vertikalen Strahler (4d) mit Strahlerspeisestelle (5) jeweils ein kapazitiv wirkendes Element (26) parallel geschaltet ist, sodass jeweils eine Blindelement-Schaltung (27) gegeben ist, welche für den Funkdienst bei der Frequenz f weiterhin die geforderte induktive Wirkung und bei der Frequenz f_s für den Satellitenfunkdienst die für die Resonanz und die Umlaufrichtung der umlaufenden Welle bestimmende kapazitive Wirkung besitzt.

14. Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,

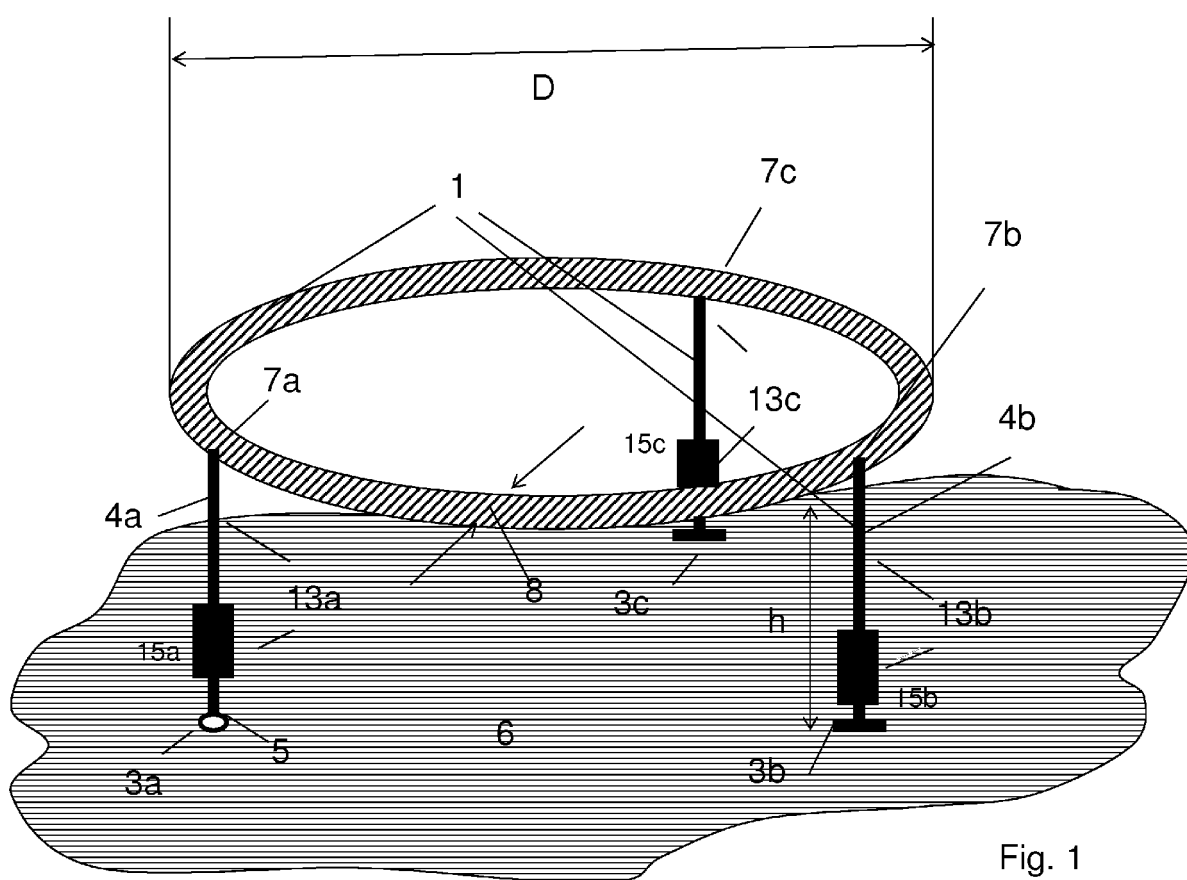
dadurch gekennzeichnet, dass

im Zentrum Z des Ringleiters (2) längs einer vertikalen Zentrallinie VZ eine vertikale stabförmige Antenne für mindestens einen weiteren Funkdienst in der Weise durch Unterbrechungsstellen in voneinander getrennte Leiterstücke unterteilt ist, dass die gestreckten Längen (14) der Leiterstücke (24) nicht größer als $3/8$ der Wellenlänge λ_0 gewählt sind und die Unterbrechungsstellen durch frequenzselektive Zweipole (25) überbrückt sind, welche in den Frequenzbereichen der weiteren Funkdienste niederohmig und in dem, dem Strahler (1) mit Ringleiter (2) zugeordneten Frequenzbereich hochohmig sind.

15. Strahler nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Ringleiter (2) im Wesentlichen durch die Berandung einer geschlossenen leitenden Fläche gegeben ist und die Ringleitungs-Koppelpunkte (7a,7b,7c,7d) jeweils in der Nähe dieser Berandung gebildet sind.



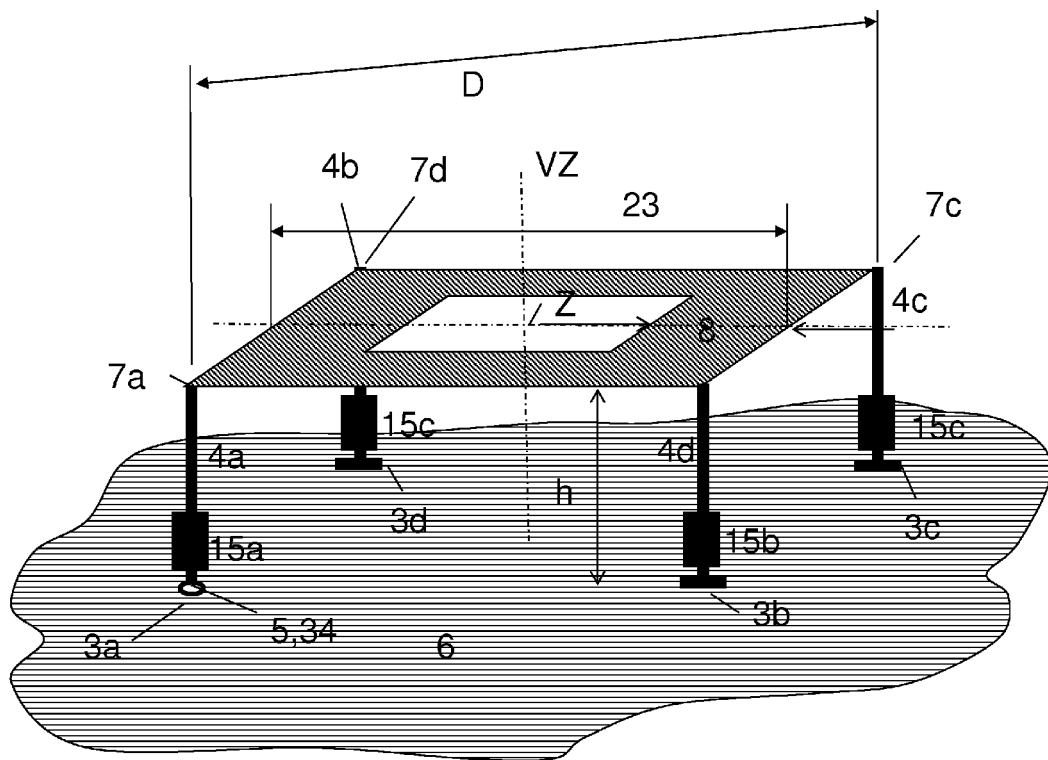


Fig. 2

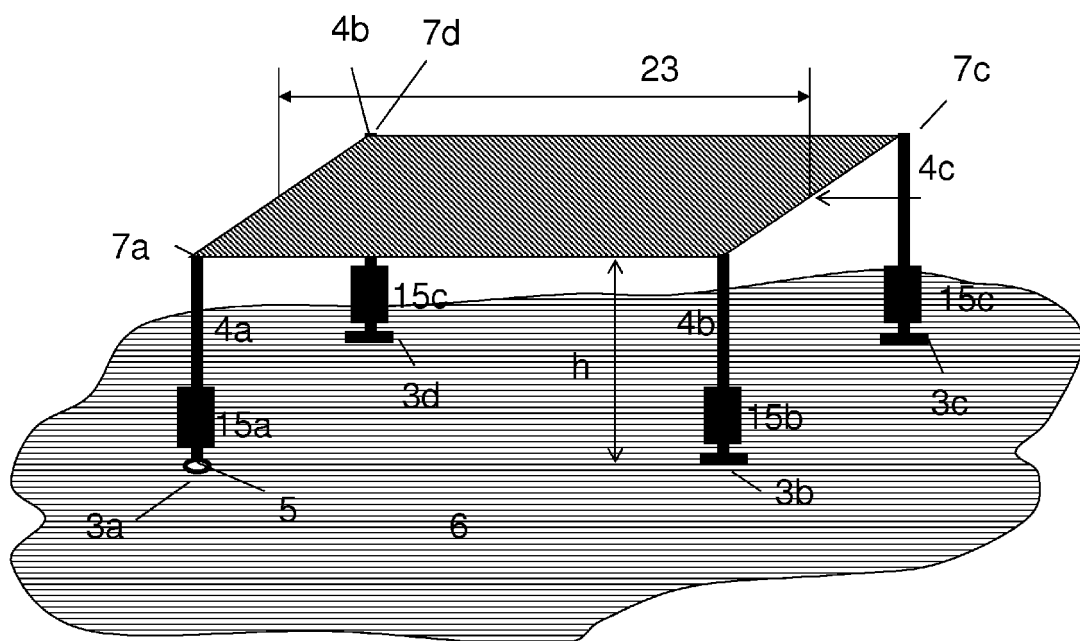


Fig. 3

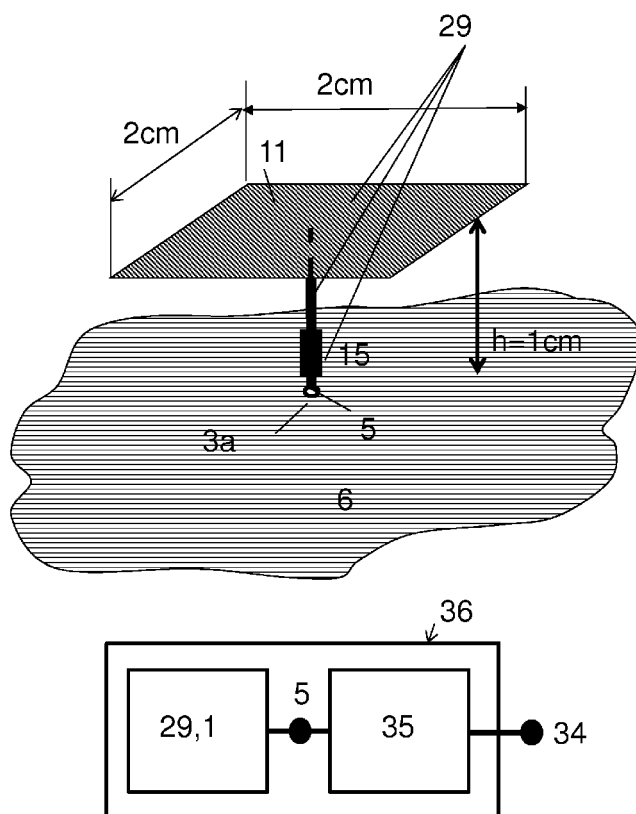
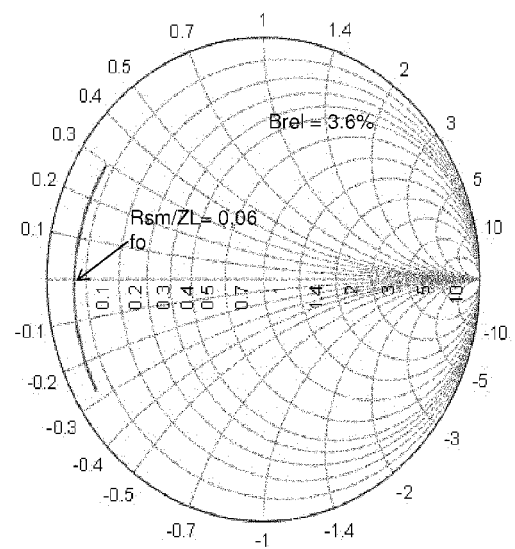


Fig. 4a



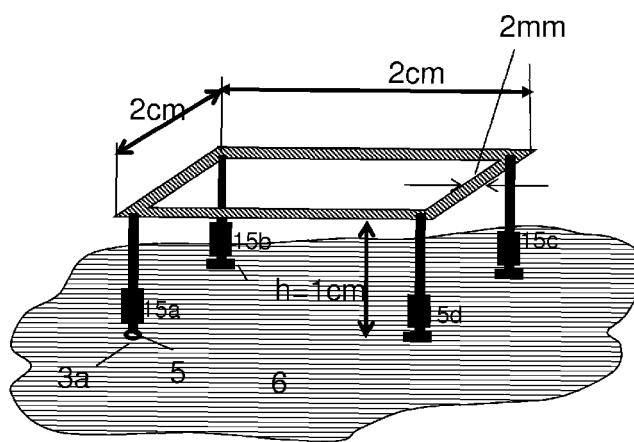
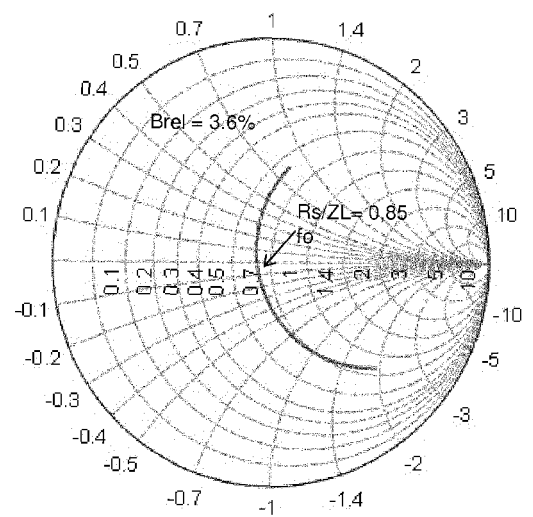


Fig. 4b



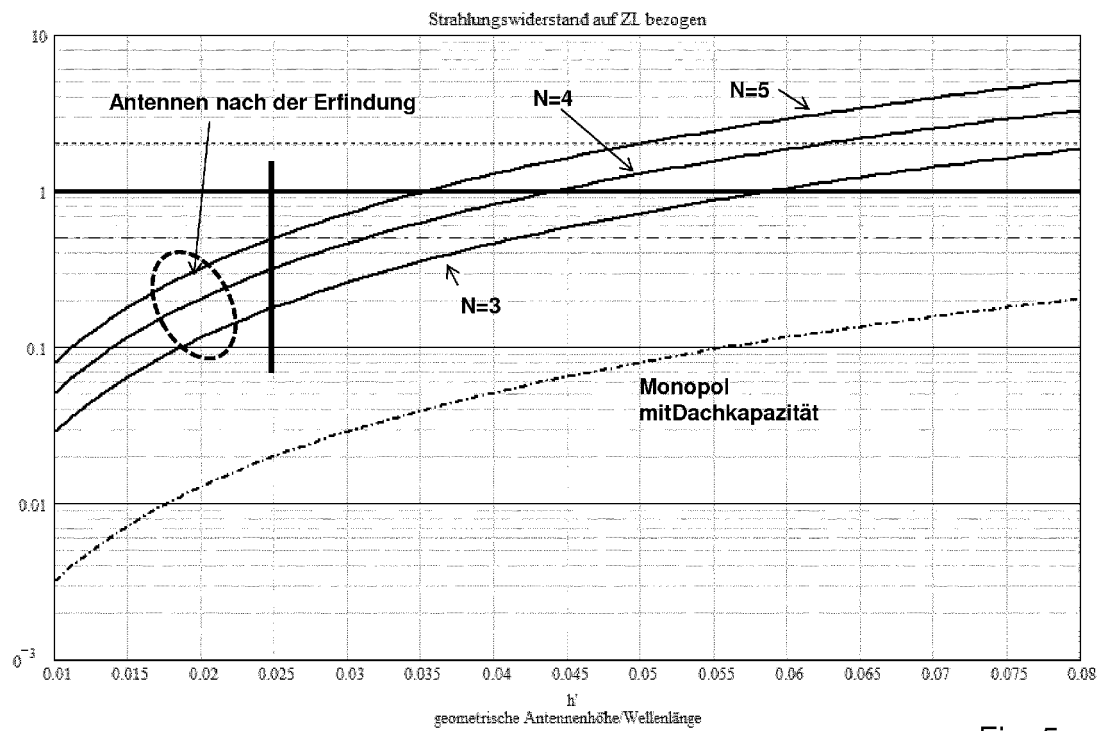


Fig. 5

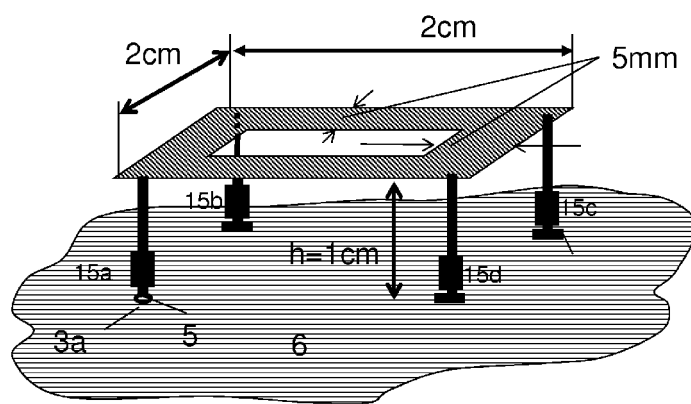
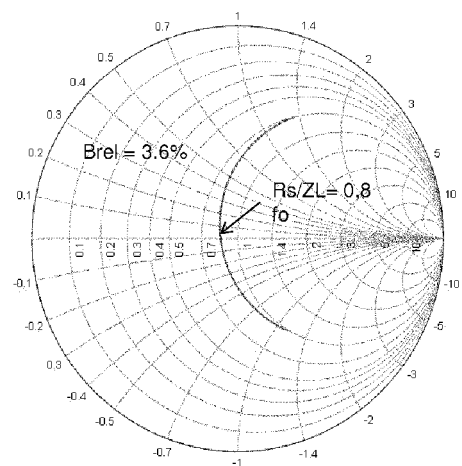


Fig. 6a



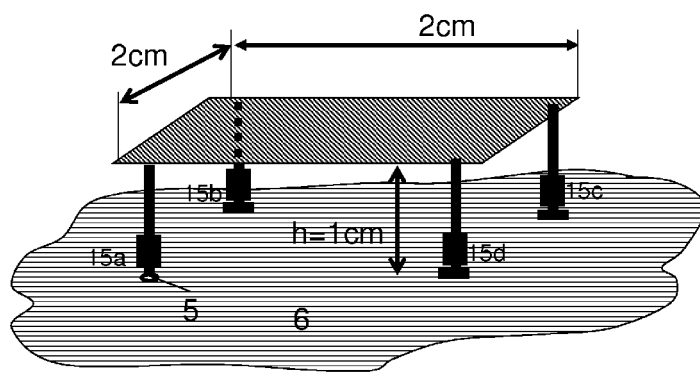
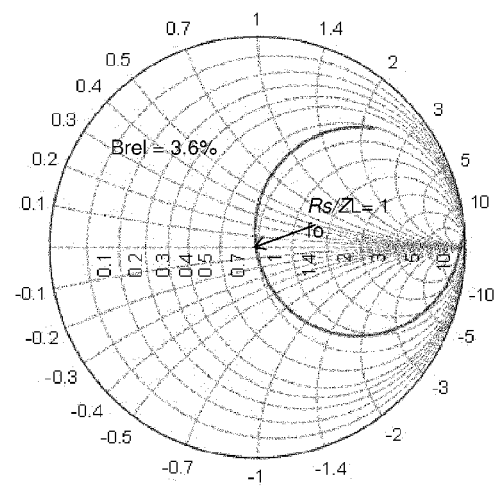


Fig. 6b



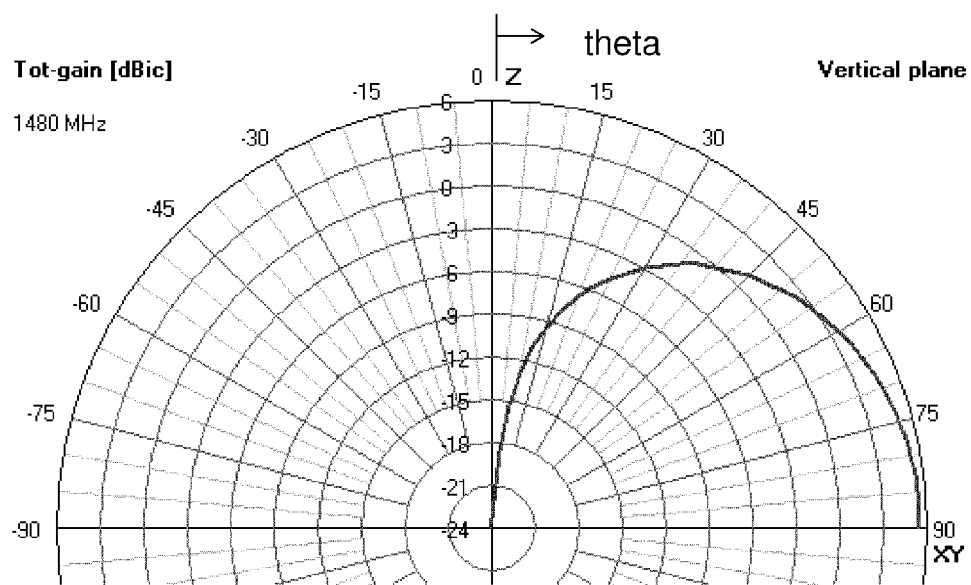


Fig. 7

Azimuthaldiagramm bei Elevation Theta=90° Gmin: 5,31dBi

Gmax: 5,57dBi

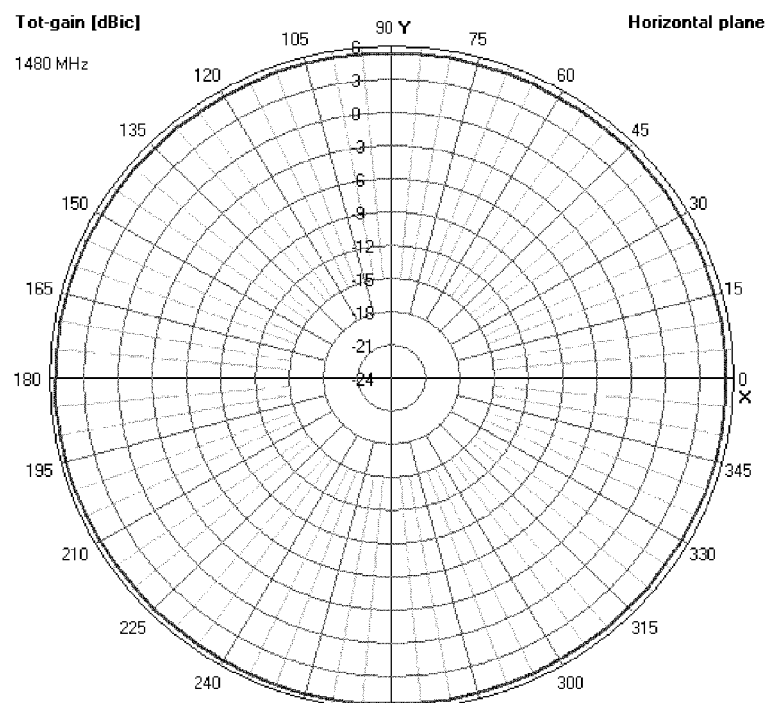


Fig. 8

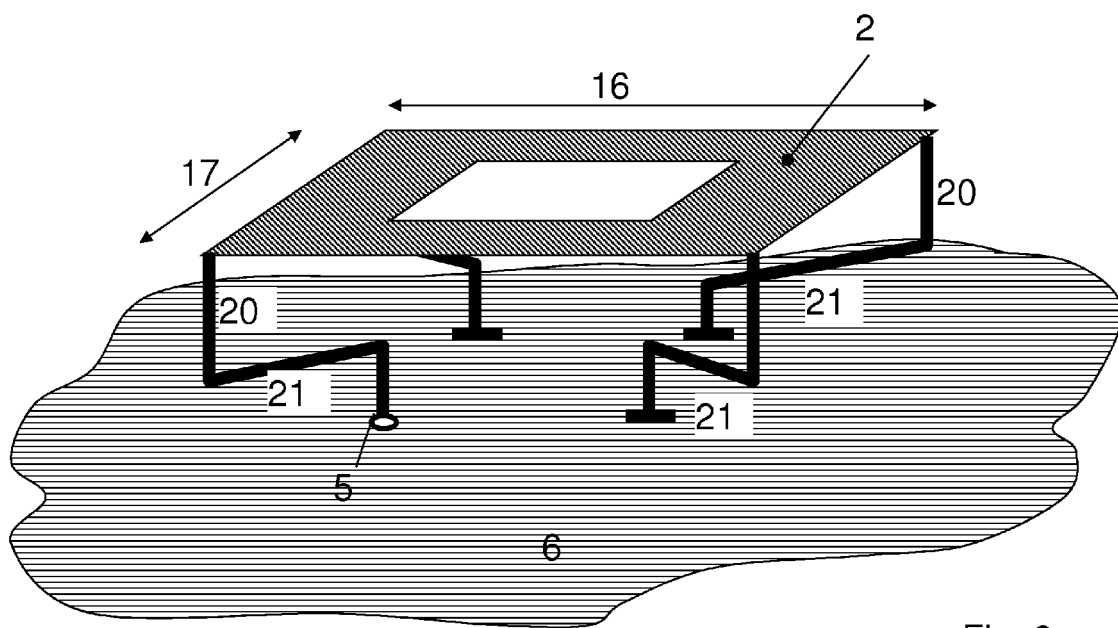


Fig. 9

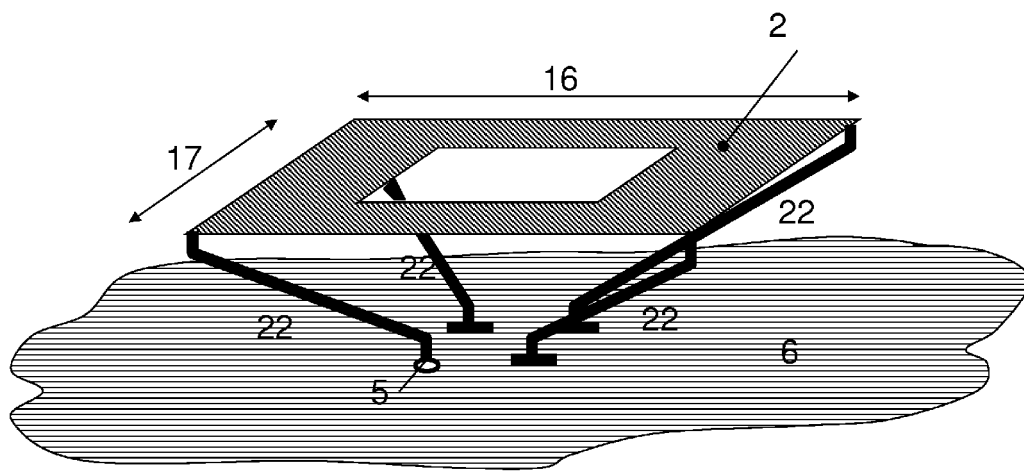


Fig. 10

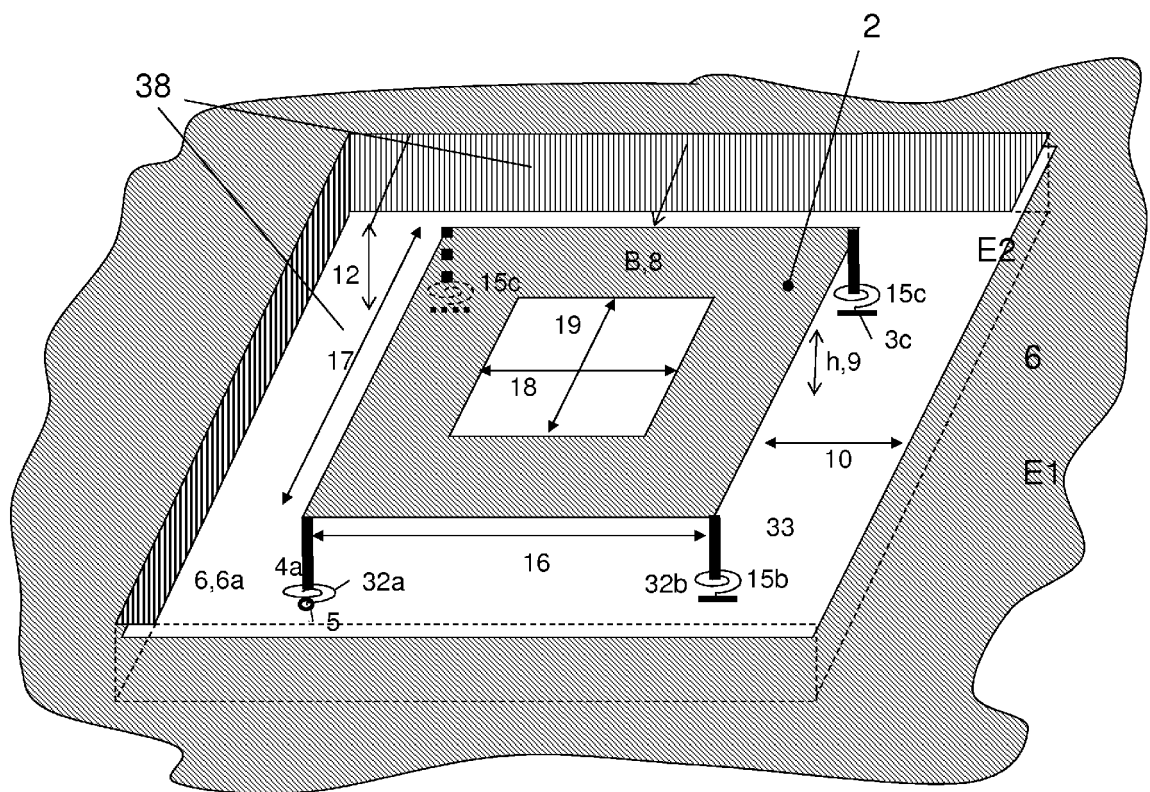
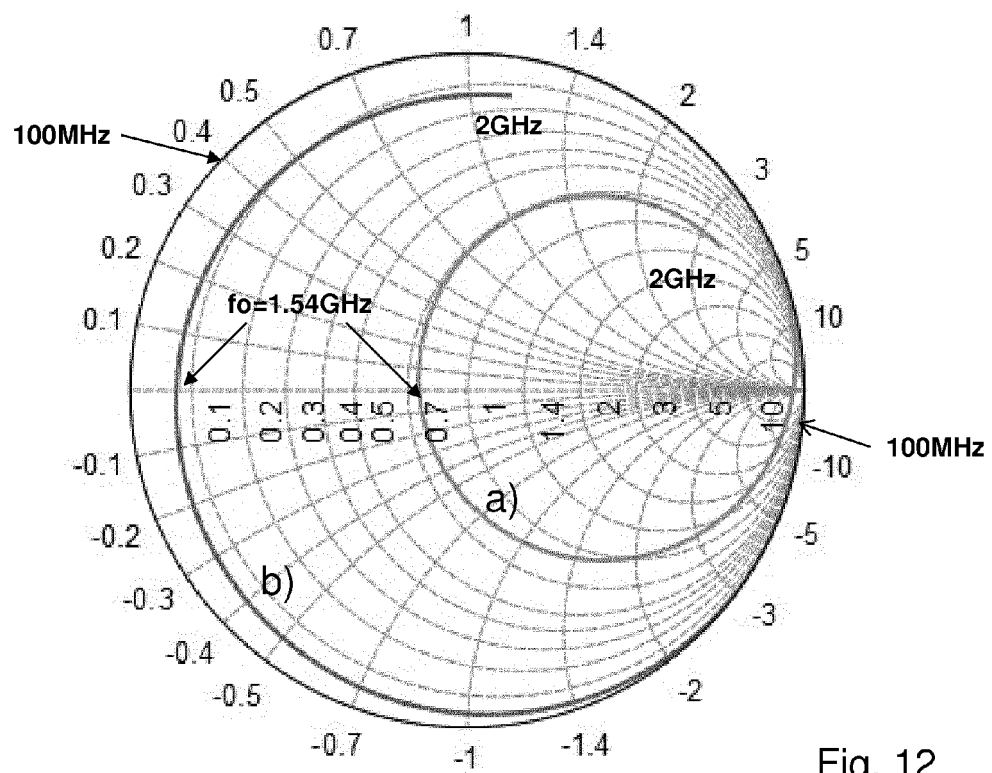


Fig. 11



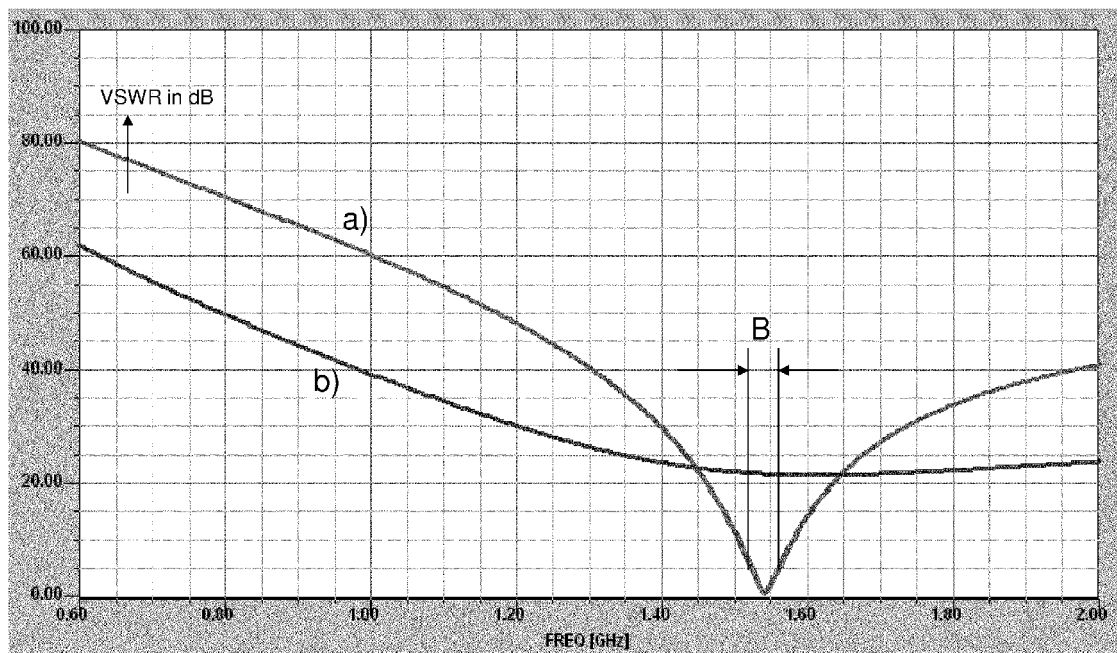


Fig. 13

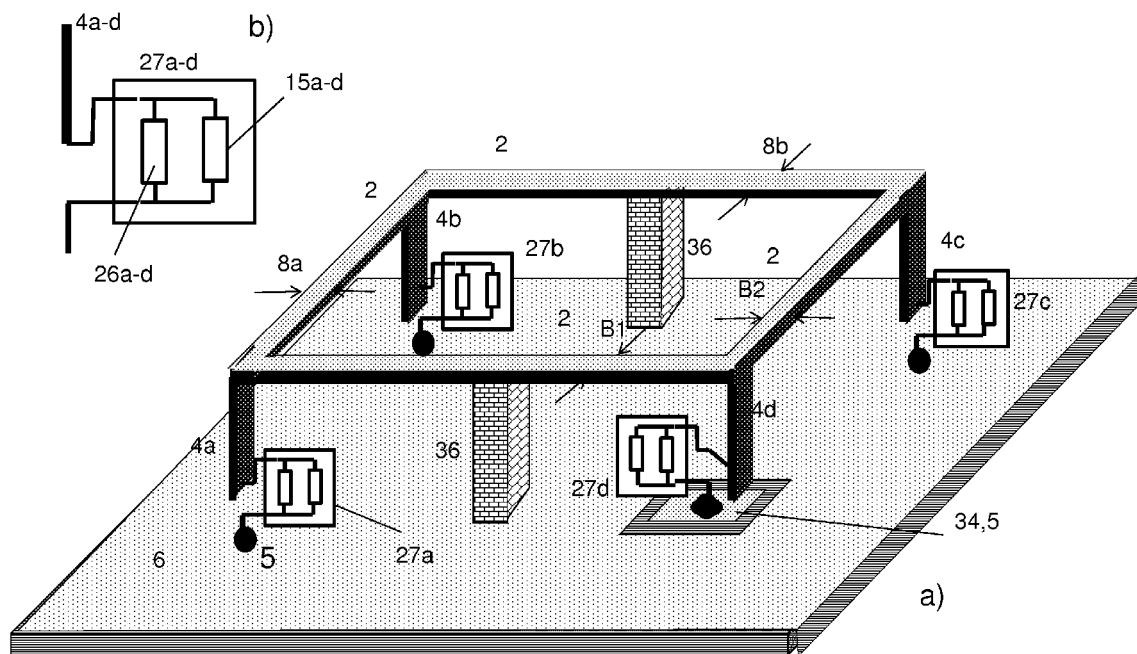


Fig. 14

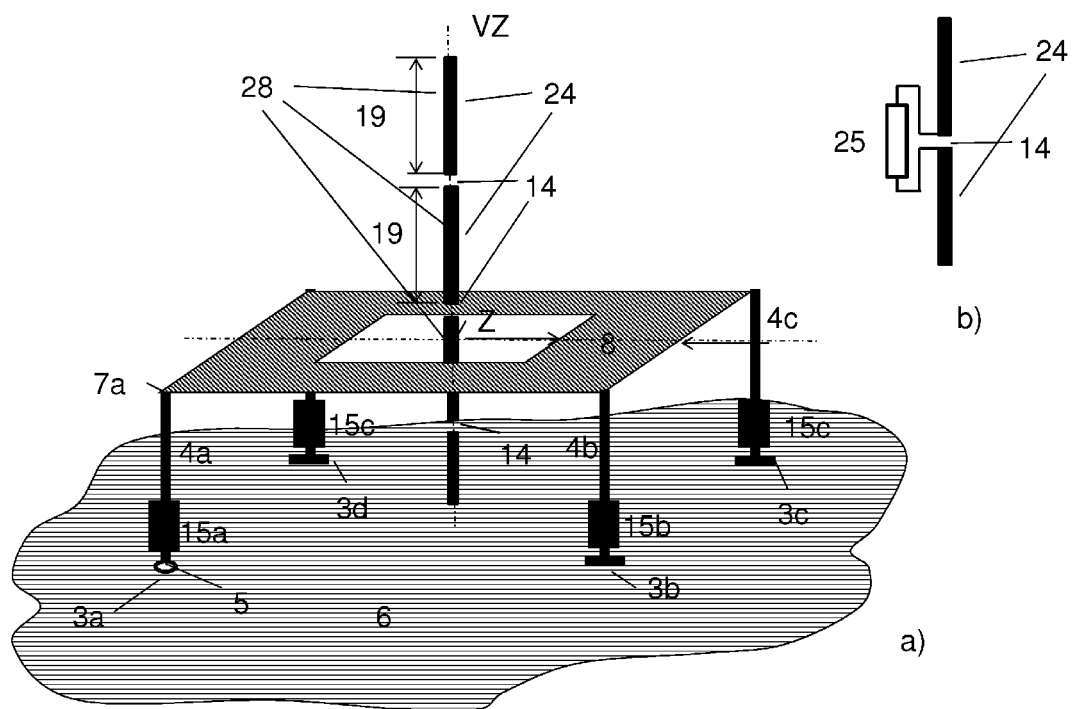


Fig. 15



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 17 7848

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 296 227 A2 (DELPHI DELCO ELECT EUROPE GMBH [DE]) 16. März 2011 (2011-03-16)	1-5, 8-10, 12, 13	INV. H01Q7/00
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-22 * * Absätze [0014] - [0049] * -----	11	ADD. H01Q1/32
Y	US 2003/063040 A1 (MIYATA MASAOKI [JP] ET AL) 3. April 2003 (2003-04-03) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Absatz [0025] * -----	11	
A	EP 2 424 036 A2 (DELPHI DELCO ELECT EUROPE GMBH [DE]) 29. Februar 2012 (2012-02-29) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-16 * * Absätze [0011] - [0038] * -----	1-15	
A	DE 10 2008 003532 A1 (LINDENMEIER HEINZ [DE]) 12. März 2009 (2009-03-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-22 * * Absätze [0030] - [0082] * -----	1-15	
A	NL 6 602 498 A (NORTHROP CORPORATION) 28. August 1967 (1967-08-28) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * * Seite 1, Zeile 1 - Seite 5, Zeile 20 * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01Q
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 27. November 2013	Prüfer Hüschelrath, Jens
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 17 7848

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-11-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2296227 A2	16-03-2011	DE 102010035932 A1	21-04-2011
		EP 2296227 A2	16-03-2011
		EP 2458679 A2	30-05-2012
		EP 2458680 A2	30-05-2012
		US 2011215978 A1	08-09-2011
		US 2013257678 A1	03-10-2013

US 2003063040 A1	03-04-2003	JP 2003110337 A	11-04-2003
		US 2003063040 A1	03-04-2003

EP 2424036 A2	29-02-2012	DE 102010035934 A1	01-03-2012
		EP 2424036 A2	29-02-2012
		EP 2592691 A1	15-05-2013
		US 2012050120 A1	01-03-2012

DE 102008003532 A1	12-03-2009	DE 102008003532 A1	12-03-2009
		US 2009073072 A1	19-03-2009

NL 6602498 A	28-08-1967	GB 1105354 A	06-03-1968
		NL 6602498 A	28-08-1967

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1445828 A [0003]
- DE 102009040910 [0032]
- DE 10304911 [0033]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Meinke-Gundlach, Taschenbuch der Hochfrequenz-technik. Springer-Verlag, 1986 [0003]
- *Archiv für Elektronik und Übertragung*, 1976, vol. 30 [0003]