



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 31 034 T2** 2005.02.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 820 116 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01Q 9/16**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 31 034.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 112 302.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **17.07.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.02.2005**

(30) Unionspriorität:

18959896 18.07.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma,
Osaka, JP**

(72) Erfinder:

**Yamabayashi, Masaaki, Okayama 708, JP; Ogawa,
Koichi, Osaka 573, JP; Yuda, Naoki, Hirakata-shi,
Osaka 573, JP**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Mobile Funkantenne**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Feld der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Antenne, die hauptsächlich für Mobilfunk verwendet wird, und besonders eine Mobilfunkantenne, die vorzugsweise für eine Basisstation verwendet wird.

2. Stand der Technik hinsichtlich der Erfindung

[0002] In den vergangenen Jahren ist Mobilfunk wie zellulare Telefone und persönlich benutzte Handy-Telefonsysteme (im Folgenden PHB (Personal Handyphone Systems) genannt) in weite Nutzung gekommen. Viele kleine Basisstationen müssen besonders für PHB gebaut werden, da deren Basisstationen und Mobilstationen eine geringe Leistung haben. Somit wird verlangt, dass solche Basisstationen im Raumbedarf reduziert sind.

[0003] Vorzugsweise sind Antennen für Mobilfunkbasisstationen horizontal so ungerichtet wie möglich, weil ihre Mobilstationen nicht lokalisiert werden können. Vorzugsweise kann ihr Strahlneigungswinkel zwischen Null und ein paar Grad in einer vertikalen Ebene eingestellt werden, außer für Spezialantennen einschließlich Antennen im häuslichen Innenraum, und vorzugsweise ist ihr Antennengewinn hoch. **Fig. 24** zeigt ein Beispiel solch einer konventionellen Antenne für Mobilfunkbasisstationen, eine Einebenen-Yagi-Antenne mit zwei Elementen. Wie in **Fig. 24** gezeigt, besteht ein Radom **115**, der nichtleitend ist und in dem die Antenne untergebracht ist, aus einem Radom-Oberteil **115a**, einem Radom-Unterteil **115b** und einer Radom-Wand **115c**, wobei eine koaxiale Speiseleitung **112** zwischen dem Radom-Oberteil **115a** und dem Radom-Unterteil **115b** installiert ist. Eine erste Dipolantenne **109** ist mit einem Innenleiter **112a** oberhalb der koaxialen Speiseleitung **112** und mit einem Metallrohr **113** ausgebildet, das von einem Abstandsstück **114** gehalten wird, welches aus einem isolierenden Material wie Fluorid-Kunststoff gefertigt ist, und sie wird gespeist über einen Außenleiter der koaxialen Speiseleitung **112**. Eine zweite Dipolantenne **110** ist ausgebildet durch symmetrisch positionierte Metallrohre **113**, die durch Abstandsstücke **114** gehalten werden, oberhalb und unterhalb eines kreisförmigen Schlitzes **112x**, der um den Außenleiter der koaxialen Speiseleitung **112** vorgesehen ist. Die zweite Antenne wird durch den kreisförmigen Schlitz **112x** gespeist.

[0004] In der obigen Anordnung sind die erste und die zweite Dipolantenne **109** und **110** vertikal, und das Diagramm, das ihre Bündelung in der horizontalen Ebene darstellt, ist im Wesentlichen rund. Die Dipolantennen haben auch eine hohe Bündelung in der vertikalen Ebene und ergeben einen gewünschten Antennengewinn, weil sie vertikal übereinander gestapelt sind. Für die Anordnung hängt der Strahlneigungswinkel von dem Abstand zwischen den Speisepunkten der ersten und der zweiten Dipolantenne **109** und **110** ab. Um die Strahlungskeulen von der Anordnung abwärts (oder gegen die -z-Richtung) zu neigen, wird der Abstand reduziert. Um die Strahlungskeulen von der Anordnung aufwärts (oder gegen die z-Richtung) zu neigen, wird der Abstand vergrößert.

[0005] Obgleich solche konventionellen Antennen die für Antennen für Mobilfunkbasisstationen erforderlichen Charakteristiken haben, ist ihre vertikale Ausdehnung unvermeidbar groß. Eine konventionelle Antenne muss eine vertikale Ausdehnung von z. B. etwa 177 mm für 1,9 GHz haben. Eine vertikale, schwundmindernde Antenne ist so lang wie etwa 572 mm unter der Annahme, dass der Abstand zwischen ihren oberen und unteren Antennen $2,5\lambda$ (395 mm) beträgt. Eine Neigung der Strahlkeulen von der Antenne aufwärts verursacht, dass sie länger wird (ihre Länge vergrößert sich von 177 auf 191 mm, wenn der Neigungswinkel auf $+10^\circ$ eingestellt wird), wodurch der Ort ihrer Installation begrenzt wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Mobilfunkantenne vorzusehen durch Lösen der Probleme bei konventionellen Antennen für Mobilfunkbasisstationen, wobei die Mobilfunkantenne eine im Raumbedarf reduzierte Mobilfunkbasisstation ermöglicht, dabei aber die Vorteile der Station beibehält.

[0007] Die Mobilfunkantenne der vorliegenden Erfindung ist in Anspruch 1 spezifiziert. Eine Antenne nach der Präambel von Anspruch 1 ist von dem Dokument EP-A-0601576 bekannt.

[0008] Nach der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Anordnung einer Vielzahl passiver Elemente mit einer elektrischen Länge innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge derart, dass ihre Mittelpunkte auf einem vor-

bestimmten Abstand vom Speisepunkt einer vertikalen Dipolantenne liegen, die Anordnung einer Mobilfunkantenne mit kleiner vertikaler Ausdehnung, die in der horizontalen Ebene nicht gerichtet ist, vergrößert den Antennengewinn vertikal zu der Antennenachse in einer vertikalen Ebene ohne die Notwendigkeit einer auf einer Linie liegenden Konstruktion und ermöglicht, dass der Neigungswinkel zwischen Null und ein paar Grad eingestellt wird. Darüber hinaus kann eine Mobilfunkantenne nach der vorliegenden Erfindung in der Höhe selbst dann reduziert werden, wenn sie eine vertikale, schwundmindernde Konstruktion hat.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Fig. 1 ist eine Perspektivdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne nach der vorliegenden Erfindung;

[0010] Fig. 2 ist eine Schnittdarstellung der ersten Ausführungsform der Mobilfunkantenne;

[0011] Fig. 3 ist eine charakteristische Kurve des Neigungswinkels und der maximalen Verstärkung gegenüber der Länge der passiven Elemente für die erste Ausführungsform;

[0012] Fig. 4a zeigt die Stromverteilungen für unterschiedliche PE-Durchmesser;

[0013] Fig. 4b zeigt die Stromverteilungen für unterschiedliche PE-Längen;

[0014] Fig. 4c zeigt ein Simulationsmodell, das für die Stromverteilungsberechnungen verwendet wurde;

[0015] Fig. 5 zeigt Schritte für die Vereinfachung der zweiten Antenne in Fig. 1 auf ein Modell;

[0016] Fig. 6 zeigt ein isotropes Punktquellenmodell, das horizontale Schwundminderung betrifft;

[0017] Fig. 7 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen des Array-Faktors in der horizontalen Ebene für den Radius eines parasitären Elements von 0,15 mm;

[0018] Fig. 8 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen des Array-Faktors in der horizontalen Ebene für den Radius eines parasitären Elements von 1,5 mm;

[0019] Fig. 9 zeigt ein isotropes Punktquellenmodell, das vertikale Schwundminderung betrifft;

[0020] Fig. 10 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen des Array-Faktors in der vertikalen Ebene;

[0021] Fig. 11 zeigt die Veränderungen der Bündelung, die durch unterschiedliche Kombinationen von Wellenquellen verursacht werden;

[0022] Fig. 12 zeigt Veränderungen der Phasenverteilung bezüglich der Länge parasitärer Elemente;

[0023] Fig. 13 zeigt Veränderungen der horizontalen Bündelung bezüglich des Durchmessers parasitärer Elemente;

[0024] Fig. 14 zeigt Veränderungen des Strahlneigungswinkels bezüglich der Länge parasitärer Elemente;

[0025] Fig. 15(a), 15(b) und 15(f) sind Perspektivdarstellungen, welche die Anordnungen der passiven Elemente in der ersten Ausführungsform veranschaulichen;

[0026] Fig. 15(c), 15(d), 15(e) und 15(g) sind Schnittdarstellungen, welche die Anordnungen veranschaulichen;

[0027] Fig. 16 ist eine Perspektivdarstellung, welche eine Elementanordnung in einer zweiten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne nach der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0028] Fig. 17 sind charakteristische Diagramme, die durch Simulation der zweiten Ausführungsform der Mobilfunkantenne ermittelt wurden;

[0029] Fig. 18 ist eine Perspektivdarstellung einer dritten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne nach der

vorliegenden Erfindung;

[0030] Fig. 19 sind charakteristische Diagramme, die durch Ausführung von Messungen unter Verwendung der oberen Antenne der dritten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne ermittelt wurden;

[0031] Fig. 20 sind charakteristische Diagramme, die durch Ausführung von Messungen unter Verwendung der unteren Antenne der dritten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne ermittelt wurden;

[0032] Fig. 21 sind charakteristische Diagramme, die durch Simulation der zweiten Ausführungsform der Mobilfunkantenne mit unterschiedlichen Durchmessern der passiven Elemente ermittelt wurden, wobei der Versatz der passiven Elemente auf $\frac{1}{4}$ der verwendeten Wellenlänge eingestellt war und der Abstand zwischen den passiven Elementen und dem Strahler als Parameter diente;

[0033] Fig. 22 sind charakteristische Diagramme, die durch Simulation der zweiten Ausführungsform der Mobilfunkantenne mit unterschiedlichen Durchmessern der passiven Elemente ermittelt wurden, wobei der Versatz der passiven Elemente auf $\frac{1}{20}$ der verwendeten Wellenlänge eingestellt war und der Abstand zwischen den passiven Elementen und dem Strahler als Parameter diente;

[0034] Fig. 23 sind charakteristische Diagramme, die durch Simulation der zweiten Ausführungsform der Mobilfunkantenne mit unterschiedlichen Durchmessern der passiven Elemente ermittelt wurden, wobei der Versatz der passiven Elemente auf $\frac{1}{2}$ der verwendeten Wellenlänge eingestellt war und der Abstand zwischen den passiven Elementen und dem Strahler als Parameter diente;

[0035] Fig. 24 ist eine seitliche Schnittdarstellung einer konventionellen Mobilfunkantenne; und

[0036] Fig. 25(a) ist eine Perspektivdarstellung der konventionellen Mobilfunkantenne;

[0037] Fig. 25(b) ist ein Diagramm, das die Bündelung der konventionellen Mobilfunkantenne in der horizontalen Ebene zeigt;

[0038] Fig. 25(c) und 25(d) sind Diagramme, welche die Bündelung der konventionellen Mobilfunkantenne in der vertikalen Ebene zeigen.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0039] Mit Bezug auf die Zeichnungen werden nun im Folgenden die Ausführungen einer Mobilfunkantenne nach der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0040] Eine Mobilfunkantenne umfasst eine vertikale Dipolantenne mit einem Speisepunkt, eine Vielzahl passiver Elemente und eine Trägereinrichtung, die eine Isolation und Träger der vertikalen Dipolantenne und der Vielzahl passiver Elemente ist, so dass jedes der Vielzahl passiver Elemente im Wesentlichen parallel zu der vertikalen Dipolantenne ist, und dass der Mittelpunkt eines jeden der Vielzahl passiver Elemente in der Höhe von dem Speisepunkt um einen vorbestimmten Abstand unterschiedlich ist, wobei jedes der Vielzahl passiver Elemente ein Linien- oder Streifenleiter mit einer elektrischen Länge innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge ist.

[0041] Diese Anordnung der vorliegenden Erfindung sieht eine kleine Mobilfunkantenne vor, die in der horizontalen Ebene ungerichtet ist und ermöglicht, dass der Neigungswinkel vertikal zu der Antennenachse in einer vertikalen Ebene reduziert und der Antennengewinn in einer vertikalen Ebene vergrößert ist, ohne dass eine auf einer Linie liegende Array-Konstruktion erforderlich ist.

[0042] Nach der vorliegenden Erfindung können die vertikale Dipolantenne und mindestens zwei der Vielzahl passiver Elemente in einer vertikalen Linie angeordnet werden, wobei die oben beschriebenen Vorteile beibehalten werden.

Erste Ausführungsform

[0043] Fig. 1 ist eine Perspektivdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Mobilfunkantenne nach der vorliegenden Erfindung, und Fig. 2 ist eine Schnittdarstellung der ersten Ausführungsform. Wie in Fig. 1 gezeigt, hält einen Antennenhalter 1 einen hohlen, nicht leitenden Radom. Flexible, koaxiale Speiseleitungen 5

und 6 sind in den starren/flexiblen Wandlern 5a und 6a des Antennenhalters 1 mit den starren, coaxialen Speiseleitern 7 bzw. 8 in der Antenne verbunden. Eine erste Antenne 32 bildet einen Dipol mit einer Länge von $\lambda/2$ unter Verwendung eines internen Leiters 7a als Strahler mit einer Länge von etwa $\lambda/4$ am oberen Ende der in der Antenne liegenden coaxialen Speiseleitung 7 und eines Metallrohrs 10 mit einer Länge von etwa $\lambda/4$, das mit einer externen Speiseleitung an einem Speisepunkt 9 verbunden ist. Die erste Antenne ist eine Hülseantenne, wobei das Metallrohr 10 als Hülse dient. Zwei parasitäre Elemente 31 (im Folgenden PE genannt), d. h. passive Elemente, die innerhalb des Radoms 2 als Hilfseinrichtungen installiert sind, sind nahe der ersten Antenne 32 positioniert, um im Wesentlichen parallel zu der ersten Antenne 32 und sich diametral gegenüber zu liegen. Die PE 31 sind Leiter mit einer elektrischen Länge innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge, deren Mittelpunkte in einem vorbestimmten Abstand unter dem Speisepunkt 9 liegen.

[0044] Auf ähnliche Weise bildet eine zweite Antenne 34 mit einer Länge von etwa $\lambda/2$ einen Dipol mit einer Länge von $\lambda/2$ unter Verwendung von zwei Metallrohren 14 und 15 derselben Länge als Strahler, die an einem Speisepunkt 13 über die interne und externe Speiseleitung der starren, coaxialen, in der Antenne liegenden Speiseleitung 8 gespeist wird. Zwei PE 33, d. h. passive Elemente, die innerhalb des Radoms 2 als Hilfseinrichtung installiert sind, sind nahe der ersten Antenne 34 positioniert, um im Wesentlichen parallel zu der ersten Antenne 34 und sich diametral gegenüber zu liegen. Die PE 33 sind Leiter mit einer elektrischen Länge innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge, deren Mittelpunkte in einem vorbestimmten Abstand unter dem Speisepunkt 13 liegen. D. h., die oberen Enden der oberen passiven Elemente und die unteren Enden der unteren passiven Elemente liegen nahe dem Speisepunkt.

[0045] Die Erregung beider Antennen 32 und 34 mit vertikaler Schwundminderungskonstruktion auf derselben Frequenz und in derselben Phase vergrößert die Bündelung und den Antennengewinn in einer vertikalen Ebene, weil die Antennen übereinander gestapelt sind. Alternativ können die erste Antenne 32 und die zweite Antenne 34 für zwei unterschiedliche Frequenzbänder verwendet werden. Es braucht nur eine Antenne für ein einzelnes Frequenzband verwendet zu werden.

[0046] Wie in der japanischen Patentanmeldung Nr. 5-307846 offengelegt, hat die obere Antenne 32 einen Neigungswinkel für vertikale Schwundminderung (siehe Fig. 25). Mit zunehmender Länge der PE über die Länge des Dipols hinaus nimmt der Neigungswinkel (abwärts gerichteter Winkel), wie in Fig. 1, allmählich von einem negativen Wert auf Null ab und zu einem positiven Wert (aufwärts gerichteter Winkel), wie in Fig. 3. Für allgemeine Anwendungen ist ein Neigungswinkel innerhalb des Bereichs von $\pm 10^\circ$ in der Praxis zulässig. Für beste Ergebnisse sollten die PE geringfügig aufwärts und abwärts bewegt werden, wobei mit der Position der PE in Fig. 1 begonnen wird. Somit kann die Länge der PE innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge eingestellt werden, und der Neigungswinkel kann durch Anpassen der Länge der PE verändert werden.

[0047] Falls der Neigungswinkel negativ ist, werden die unteren und oberen passiven Elemente in der Anordnung vertauscht. Falls die Länge der PE so eingestellt ist, dass der Neigungswinkel der unteren Antenne positiv ist, während der Neigungswinkel der oberen Antenne negativ ist und die unteren passiven Elemente auf dieselbe Weise wie die oberen passiven Elemente angeordnet sind, kann somit der Neigungswinkel der oberen Antenne auf fast denselben negativen Wert eingestellt werden wie derjenige der unteren Antenne.

[0048] Nach der Ausführungsform ermöglicht die Bereitstellung von mindestens zwei PE mit einer elektrischen Länge innerhalb $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge oberhalb einem Ende in im Wesentlichen der Höhe wie der Speisepunkt eines Strahlers mit regelmäßigen Winkeln und in regelmäßigen Intervallen, dass eine kleine Mobilfunkantenne angeordnet wird, die in einer horizontalen Ebene nicht gerichtet ist, und ermöglicht, dass der Neigungswinkel zu der Antennenachse in einer vertikalen Ebene reduziert ist, womit der Bündelungsgewinn in der vertikalen Ebene vergrößert wird, ohne dass eine auf einer Linie liegende Array-Konstruktion nötig wird.

[0049] Mit Bezug auf die Zeichnungen wird nun im Folgenden der Betrieb der ersten Ausführungsform der Mobilfunkantenne beschrieben.

[0050] Unter Verwendung der zweiten Antenne 34 in Fig. 1 wurde mittels des Momentenverfahrens eine Simulation durchgeführt, um die Stromverteilung über der Dipolantenne und den PE zu berechnen. Auf der Basis der Ergebnisse wird im Folgenden ein Mechanismus der Nicht-Bündelung in der horizontalen Ebene beschrieben, welcher ermöglicht, dass der Neigungswinkel nur durch Einstellen der Länge der PE gesteuert wird.

[0051] Fig. 4 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen. Unter Verwendung ausgezogener und gestrichelter Linien zeigt Fig. 4(a) die Stromverteilungen für unterschiedliche Durchmesser der PE, wobei die Verteilungen

mit einer Versuchsantenne berechnet wurden, und **Fig. 4(b)** zeigt die Stromverteilungen für unterschiedliche Längen der PE unter der Annahme, dass die Versuchsantenne auf ein 1,9-GHz-Band angewendet wird. **Fig. 4** zeigt an, dass der Strom auf den PE bei seinem Mittelpunkt in der Phase umgekehrt wird, dass die PE wegen zweier Amplitudenspitzen als ein Wellenlängenresonator dienen, und dass der Strom durch den Strahler #1 und derjenige durch das Unterteil der PE in der Richtung umgekehrt ist. Somit wird der Strom über die PE schematisch veranschaulicht wie in **Fig. 5(b)**.

[0052] **Fig. 5** veranschaulicht die Schritte für die Vereinfachung der zweiten Antenne **34** in **Fig. 1** zu einem Modell. Wie in **Fig. 5** gezeigt, wird angenommen, dass die Antenne eine Gruppe von fünf Elementen ist, und es wird angenommen, dass die Stromverteilung hinsichtlich der Amplitude und der Phase gleichförmig ist. Eine isotrope Punktquelle ist an der Schleife eines jeden Stroms positioniert, um den Array-Faktor zu finden. Unter Verwendung dieses Faktors wird der Betriebsmechanismus im folgenden diskutiert.

[0053] Zuerst wird die Bündelung in der horizontalen Ebene beschrieben.

[0054] **Fig. 6** zeigt das isotrope Punktquellenmodell, wie von der Oberseite der Antenne zu sehen ist. Die oberen und unteren Array-Faktoren sind wie folgt:

Gleichung 1

[0055]

unterer Teil $e_l = ar_1 \exp(-j\phi + j\alpha_1) + 1 + ar_1 \exp(j\phi + j\alpha_1)$

oberer Teil $e_h = ar_2 \exp(-j\phi + j\alpha_2) + ar_2 \exp(j\phi + j\alpha_2)$

Kombination $e_t = e_l + e_h$

mit $\phi = \beta d \cos \theta$ $\beta = 2\pi/\alpha$

ar_1 und ar_2 repräsentieren die untere und die obere Stromamplitude und α_1 und α_2 repräsentieren Phasen, wobei die unteren und oberen PE-Strahler #1 als Bezug verwendet werden.

[0056] **Fig. 7** und **Fig. 8** zeigen die Ergebnisse der Berechnungen der Array-Faktoren. Die Ergebnisse in **Fig. 7** wurden ermittelt bei den Stromverteilungsparametern $\alpha_1 = 180^\circ$, $ar_1 = 0,4$, $\alpha_2 = 0^\circ$ und $ar_2 = 0,3$, wie in **Fig. 4(a)**, wo der PE-Radius = 0,15 mm und $d = 20$ mm ist. **Fig. 7** zeigt, dass der untere Array-Faktor (e_l) in der Richtung der Antennenachse (x-Richtung) stark und im rechten Winkel zur der Antennenachse (y-Richtung) schwach ist; d. h. die Bündelung wird durch ein Kokon-ähnliches Diagramm repräsentiert. Das liegt daran, dass der PE-Strom und der Strahlerstrom in der Phase umgekehrt sind, wodurch eine Abstrahlung in der y-Richtung verhindert wird. Im Gegensatz zu dem unteren Array-Faktor ist der obere Array-Faktor (e_h) in x-Richtung schwach und in y-Richtung stark. D. h., die obere Richtung maximaler Abstrahlung und die untere Richtung maximaler Abstrahlung liegen im rechten Winkel zueinander. Somit ist die Bündelung (e_t), die durch Zusammensetzen dieser Ausrichtungen ermittelt wird, fast Null. **Fig. 4(a)** zeigt auch, dass das Zusammensetzen der Ausrichtungen den Antennengewinn vergrößert.

[0057] Die Ergebnisse von **Fig. 8** wurden ermittelt bei den Stromverteilungsparametern $ar_1 = 0,5$ und $ar_2 = 0,2$, wie in **Fig. 4(a)**, wo der PE-Radius = 1,5 mm ist. **Fig. 4(a)** zeigt, dass eine Vergrößerung des PE-Durchmessers die Amplitude des unteren Teils der PE vergrößert und diejenige des oberen Teils reduziert, und dass die Amplitude des Strahlers und die Summe der Amplituden der zwei PE näher zusammen liegen als in **Fig. 8** (PE-Radius = 0,15 mm) und sich gegenseitig aufheben, wodurch der untere Array-Faktor hinsichtlich der Abstrahlung in y-Richtung reduziert wird. Dies wiederum bedeutet, dass die zusammengesetzte Bündelung (e_t) in y-Richtung schwach wird, so dass die Ungerichtetheit verloren geht.

[0058] Die obige Beschreibung des Richtungsfreiheitsmechanismus in der horizontalen Ebene oder des Mechanismus der Bündelung bei Veränderung des PE-Durchmessers zeigt, dass die PE mit einem begrenzten Durchmesser erforderlich sind, um eine Ungerichtetheit in der horizontalen Ebene einzurichten.

[0059] Im Folgenden wird die Bündelung in der vertikalen Ebene beschrieben.

[0060] Wie bei dem Fall der horizontalen Ebene wird der Array-Faktor gefunden, um einen Strahlneigungsmechanismus zu diskutieren. **Fig. 9** zeigt einen vertikalen isotropen Punktquellenmechanismus. Die Wellen-

quelle #1 repräsentiert einen Strahler; die Wellenquellen #2 und #3 sind in den unteren Teilen der PE; und die Wellenquellen #4 und #5 sind in den oberen Teilen der PE. Die Wellenquellen in den oberen und unteren Teilen der PE sind um einen Abstand S voneinander entfernt. Der Array-Faktor für dieses Modell ist wie folgt:

Gleichung 2

$$e_i = \overset{\#2}{ar_1 \exp(-j\phi_1 + j\alpha_1)} + \overset{\#1}{1} + \overset{\#3}{ar_1 \exp(j\phi_1 + j\alpha_1)} \\ + \overset{\#4}{ar_2 \exp(-j\phi_2 + j\alpha_2)} + \overset{\#5}{ar_2 \exp(j\phi_2 + j\alpha_2)}$$

mit $\phi_1 = \beta d \cos \varphi$ $\phi_2 = \beta (S \sin \varphi - d \cos \varphi)$ $\phi_3 = \beta (S \sin \varphi + d \cos \varphi)$ $\beta = 2\pi/\lambda$

ar_1 und ar_2 repräsentieren die untere und die obere Stromamplitude und a_1 und a_2 repräsentieren Phasen, wobei die unteren und oberen PE-Strahler #1 als Bezug verwendet werden.

[0061] Aus **Fig. 4(b)** wurden die Stromverteilungsparameter für unterschiedliche Längen der PE wie folgt gefunden:

L = 150 mm; $a_1 = 200^\circ$, $ar_1 = 0,3$, $a_2 = 20^\circ$, $ar_2 = 0,3$

L = 160 mm; $a_1 = 180^\circ$, $ar_1 = 0,4$, $a_2 = 0^\circ$, $ar_2 = 0,3$

L = 170 mm; $a_1 = 160^\circ$, $ar_1 = 0,3$, $a_2 = -20^\circ$, $ar_2 = 0,2$

S = 95 mm, d = 20 mm, f = 1900 MHz

[0062] **Fig. 10** zeigt die Ergebnisse der Array-Faktor-Berechnungen aus den obigen Parametern. Wenn L = 160 mm ist, dann ist die Strahlung horizontal (in x-Richtung) maximiert, wobei der Neigungswinkel = 0° ist. Der Neigungswinkel ist abwärts gerichtet, wenn L = 150 mm ist, und ist aufwärts gerichtet, wenn L = 170 mm ist. Dies stimmt mit den Ergebnissen überein, die durch das Momentenverfahren ermittelt wurden (siehe **Fig. 13**, **14** und **17**). Dies zeigt, dass ein einfaches isotropes Punktquellenmodell in **Fig. 2** verwendet werden kann, um den Strahlneigungswinkelmechanismus zu erläutern. Mit Bezug auf **Fig. 4(b)** wird die Diskussion im Folgenden weitergeführt.

[0063] **Fig. 11** zeigt die Ergebnisse der Array-Faktor-Berechnungen für verschiedene Kombinationen der Wellenquellen in **Fig. 9**, wobei L = 150 mm beträgt. Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Bündelung, die unter Verwendung der Wellenquellen #1, #2 und #3 berechnet wird, sowie die unter Verwendung der Wellenquellen #4 und #5 berechnet wird, als auch die unter Verwendung der Wellenquellen #2, #3, #4 und #5 berechnet wird, horizontal oder vertikal. Die Bündelung, die unter Verwendung der Wellenquellen #1, #4 und #5 berechnet wird, welche fast die gesamte Bündelung ist, zeigt die Neigungsbedingung klar an. Dies zeigt, dass die Strahlneigungsbedingung größtenteils von der Stromphase des Strahlers (Wellenquelle #1) und dem oberen Teil der PE (Wellenquellen #4 und #5) abhängt.

[0064] Zusammen genommen wird der Strahlneigungsmechanismus grob wie folgt erläutert.

[0065] In **Fig. 4(b)** verändert sich die Phasenverteilung mit der PE-Länge, wie in **Fig. 12** gezeigt. D. h., die PE-Phase eilt der Strahlerphase voraus, wenn die Länge L klein ist, und sie hinkt hinter der Strahlerphase hinterher, wenn die Länge L groß ist. In solchen Fällen verändert sich das Profil der Phase nicht, und die oberen und unteren Teile unterscheiden sich in der Phase um etwa 180° . Wenn L = 160 mm ist, stimmen die Stromphasen des Strahlers und des oberen Teils der PE miteinander überein, und die zusammen gefasste Bündelung ist horizontal. Wenn andererseits L = 150 mm ist, neigt sich die Bündelung abwärts, weil die Phase des oberen Teils der PE derjenigen des Strahlers vorausseilt. Wenn umgekehrt L = 170 mm ist, neigt sich die Bündelung aufwärts, weil die Phase des oberen Teils der PE derjenigen des Strahlers nachhinkt.

PE-Länge	Beziehung von PE-Phase zu Strahler-Phase	Strahlrichtung	Phasenunterschied zwischen oberem und unterem Teil der PE
L=150 mm (0,95×Lambda)	Vorauselend	abwärts geneigt	etwa 180°
L=160 mm (1,01×Lambda)	In Phase	horizontal	etwa 180°
L=170 mm (1,08×Lambda)	Nacheilend	aufwärts geneigt	etwa 180°

[0066] Diese Tatsache zeigt, dass der Neigungswinkel nur durch Verändern der PE-Länge eingestellt werden kann. Dies bedeutet, dass der Neigungswinkel durch Verändern der PE-Länge konstant gehalten werden kann, selbst wenn eine Antenne mit Schwundminderungskonstruktion invertiert wird.

[0067] In der obigen Ausführungsform ist eine Eingangsimpedanz nicht immer ein Ziel von etwa 50 Ohm. Jedoch kann sie leicht durch Abgleich auf 50 Ohm eingestellt werden.

[0068] Fig. 15 zeigt ein Verfahren der Bildung von PE in der obigen Ausführungsform. Fig. 15(a) zeigt einen Aufbau durch Einfügen von Metallrohren **42** und **43** oder Strahlern und PE **44** in ein Abstandsstück **41**, das aus einem isolierenden Material wie etwa Fluorid-Kunststoff gefertigt ist, und Einfügen des Abstandsstücks in einen Radom **40** oder durch integrierte Ausbildung der Metallrohre und PE mit dem Abstandsstück in den Radom. Fig. 15(b) zeigt einen Aufbau, der durch Installieren der PE **46** in einem Radom **45** hergestellt ist. Wie in Fig. 15(c) oder einer Schnittdarstellung des Radoms gezeigt, können Drähte oder Metallplatten **46** angebracht sein. Wie in Fig. 15(d) gezeigt, können alternativ die Drähte **46** mit einem Radom **45a** integriert ausgebildet sein. Wie in Fig. 15(e) gezeigt, kann ein Muster **45b** mit einem leitenden Material durch Aufdrucken oder Ähnlichem ausgebildet sein. Um eine Wartung leicht durchzuführen, wird das Muster wünschenswerter Weise auf der Innenfläche des Radoms ausgebildet, aber es kann auf seiner Außenfläche ausgebildet sein. Wie in Fig. 15(f) und 15(g) gezeigt, kann ein Kunststofffilm, auf dem ein leitendes Muster durch Aufdrucken oder Platieren ausgebildet ist, in den Radom eingefügt oder über ihn gestülpt sein, um den Film an ihm zu befestigen.

[0069] Je länger der Abstand zwischen den Speisepunkten der oberen und unteren Antennen (Schwundminderungsabstand) ist, je geringer wird die Korrelation zwischen den Antennen, falls eine vertikale Schwundminderungskonstruktion angewandt wird. Somit vergrößert sich der Schwundminderungseffekt, aber die Antennen werden länger. Die Anordnung der Ausführungsform ermöglicht, dass der Schwundminderungsabstand vergrößert wird, wenn die Antennenhöhe konstant ist. Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Antenne etwa 466 mm lang, wenn der Abstand zwischen den Speisepunkten $2,5\lambda$ (395 mm) beträgt. Die Antenne ist um 106 mm kürzer als ein konventionelles Antennensystem. Darüber hinaus senkt eine Verschiebung der PE in den oberen und unteren Antennen auf 90° zueinander in einer horizontalen Ebene die Korrelation zwischen der oberen und der unteren Antenne.

[0070] In Fig. 2 ist die koaxiale, in der Antenne liegende Speiseleitung gekrümmt, so dass sie am Speisepunkt **9**, d. h. dem Mittelpunkt des Metallrohrs **10**, positioniert ist. Wie in Fig. 1 gezeigt, kann sich die Speiseleitung jedoch gerade aufwärts erstrecken. Eine charakteristische Verschlechterung aufgrund der Exzentrizität, d. h. der Verschiebung der Speiseleitung aus dem Zentrum der Hülse, kommt kaum vor. Die obige Anordnung erleichtert die Herstellung und reduziert Produktvariationen und Kosten.

[0071] Im Folgenden wird eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben, die auf den PHS-Frequenzbereich von 1895 bis 1920 MHz angewendet wird.

Zweite Ausführungsform

[0072] Fig. 16 zeigt eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die mit nur einer Gruppe von Antennen ausgeführt ist. Die Ausführungsform ist angeordnet, so dass ihre Abmessungen wie in den Zeichnungen gezeigt bestimmt wird, wobei der Strahler einen Außendurchmesser von 3 mm und die PE einen Außendurchmesser von 0,3 mm haben. Der Antennenkörper ist 170,4 mm lang und 40,4 mm im Außendurchmesser, außer für Antennenhalter oder Ähnliches. Fig. 17(a) bis 17(d) zeigen die Charakteristiken der Ausführungsform, die mittels des Momentenverfahrens unter Verwendung von stückweise sinusförmigen Erweite-

rungsfunktionen und Testfunktionen berechnet wurden. Wenn die Einstellungen so gemacht werden, dass das Antennensystem nicht geneigt war, war der maximale Antennengewinn 2,67 dBd, war der durchschnittliche Antennengewinn 2,40 dBd und war die Bündelungsrippelung in horizontaler Ebene 0,47 dB Spitze-zu-Spitze bei $f_r = 1900$ MHz. Andere Parameter waren $Z_{in} = 29,6 + j9,1 \Omega$, und $SWR = 1,78$.

[0073] Unter Verwendung der Anordnung von **Fig. 16**, die grundsätzlich zwei PE mit unterschiedlichen Durchmessern hat, wurde eine Simulation jeweils für einen PE-Versatz von 0,251, 0,351 und 0,51 mittels des Momentenverfahrens durchgeführt. In den Simulationen wurde der Abstand zwischen den PE und dem Radiator als ein Parameter verwendet, und die PE-Länge wurde auf 1,011 gehalten, so dass der Strahlneigungswinkel Null war. Alle ermittelten Daten sind ausgedrückt unter Verwendung einer Wellenlänge von 1. **Fig. 21, 22 und 23** zeigen die Daten für einen PE-Versatz von 0,251, 0,351 bzw. 0,51.

[0074] **Fig. 21(a), 22(a) und 23(a)** zeigen die Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Antennengewinn in der x-y-Ebene (horizontalen Ebene) und dem PE-Durchmesser. Wenn der PE-Versatz 0,351 ist, kann ein angestrebter durchschnittlicher Antennengewinn von 2 dBd oder mehr über einen weiten Bereich des PE-Durchmessers erreicht werden. **Fig. 21(b), 22(b) und 23(b)** zeigen die Beziehung zwischen dem PE-Durchmesser und der Bündelungsrippelung. Diese Zeichnungen ergeben einen PE-Durchmesserbereich, in dem eine angestrebte Bündelungsrippelung von 0,5 dBd oder weniger unter jeder der Bedingungen erreicht werden kann. **Fig. 21(c), 22(c) und 23(c)** zeigen die Beziehung zwischen dem PE-Durchmesser und dem VSWR. Wenn der PE-Versatz 0,51 ist, kann ein angestrebtes VSWR von 3 oder weniger über den breitesten PE-Durchmesserbereich erreicht werden. Falls der PE-Durchmesserbereich ausgeweitet wird, um das Ziel herab zu stufen, ist es praktisch, in angemessener Weise einen PE-Durchmesser von 0,011 oder weniger, einen PE-Strahler-Abstand von 0,051 bis 0,21 und einen PE-Versatz von 0,251 bis 0,51 zu kombinieren. **Fig. 3** ergibt, dass ein praktikabler PE-Längenbereich, in dem ein Strahlneigungswinkel von $\pm 10^\circ$ erreicht werden kann, von 0,91 bis 1,11 liegt.

Dritte Ausführungsform

[0075] Simulationen unter Verwendung einer Gruppe von Antennen haben zu der zweiten Ausführungsform oben geführt. Eine dritte Ausführungsform, eine aus oberer und unterer Antenne bestehende Antenne, wurde auf einer Versuchsbasis gemacht, um Messungen durchzuführen. In der Antenne von **Fig. 18**, die auf dem System von **Fig. 1** basiert, ist eine Drossel **37** zwischen ersten oberen Antennen **35** und zweiten unteren Antennen **36** platziert, um die oberen Antennen von den unteren Antennen auf befriedigende Weise zu trennen, und die externen Leiter für die koaxialen Speiseleitungen der ersten oberen Antennen und der zweiten unteren Antennen wurden gemacht, um sich unter Verwendung eines Leiters **38** für den Abgleich der Eingangsimpedanz der zweiten unteren Antenne **36** gegenseitig kurz zu schließen. Messungen in einem PHS-Frequenzbereich von 1895 bis 1920 MHz zeigten, dass der maximale Antennengewinn 2,97 dBd beträgt, der durchschnittliche Antennengewinn 2,53 dBd beträgt und das VSWR 1,38 oder weniger ist. **Fig. 19(a)** zeigt die Bündelung in der horizontalen Ebene der oberen Antennen, und **Fig. 19(b) und 19(c)** zeigen die Bündelung in der vertikalen Ebene der oberen Antennen.

[0076] Messungen in einem PHS-Frequenzbereich von 1895 bis 1920 MHz zeigten, dass für die unteren Antennen der maximale Antennengewinn 2,77 dBd beträgt, der durchschnittliche Antennengewinn 2,16 dBd beträgt und das VSWR 1,50 oder weniger ist. **Fig. 20(a)** zeigt die Bündelung in der horizontalen Ebene der unteren Antennen, und **Fig. 20(b) und 20(c)** zeigen die Bündelung in der vertikalen Ebene der unteren Antennen.

[0077] Die dritte Ausführungsform, die aus zwei Gruppen von Antennen besteht, lieferte ähnliche Messungen wie die zweite Ausführungsform, die aus einer Gruppe von Antennen besteht.

[0078] Die obigen Ausführungsformen haben zwei passive Elemente, aber können mehr als zwei passive Elemente enthalten. Wenn eine Ausführungsform mehr als zwei passive Elemente enthält, wird das die Bündelung in der horizontalen Ebene repräsentierende Diagramm kreisförmiger, womit ermöglicht wird, dass die Ausführungsform in der Größe reduziert wird.

[0079] In den obigen Ausführungsformen sind zwei Gruppen von Antennen ebenfalls vertikal angeordnet. Die Anzahl der Gruppen von vertikal angeordneten Antennen ist jedoch nicht auf zwei begrenzt. Mehr als zwei Gruppen von Antennen können natürlich installiert werden.

[0080] Wie oben beschrieben, kann nach der vorliegenden Erfindung eine kleine Mobilfunkantenne angeordnet werden, die in einer horizontalen Ebene nicht gerichtet ist, und zulässt, dass der Neigungswinkel zu der

Antennenachse frei eingestellt wird zwischen $+10^\circ$ und -10° durch Anpassung der PE-Länge, wodurch der Bündelungsgewinn in der vertikalen Ebene vergrößert wird, ohne dass ein Bedarf für eine auf einer Linie liegenden Array-Konstruktion besteht.

[0081] Eine Antenne nach der vorliegenden Erfindung kann angeordnet werden, so dass mindestens zwei Kombinationen von vertikalen Dipolantennen und eine Vielzahl passiver Elemente in vertikaler Richtung übereinander angeordnet sind, wobei die obigen Vorteile beibehalten werden.

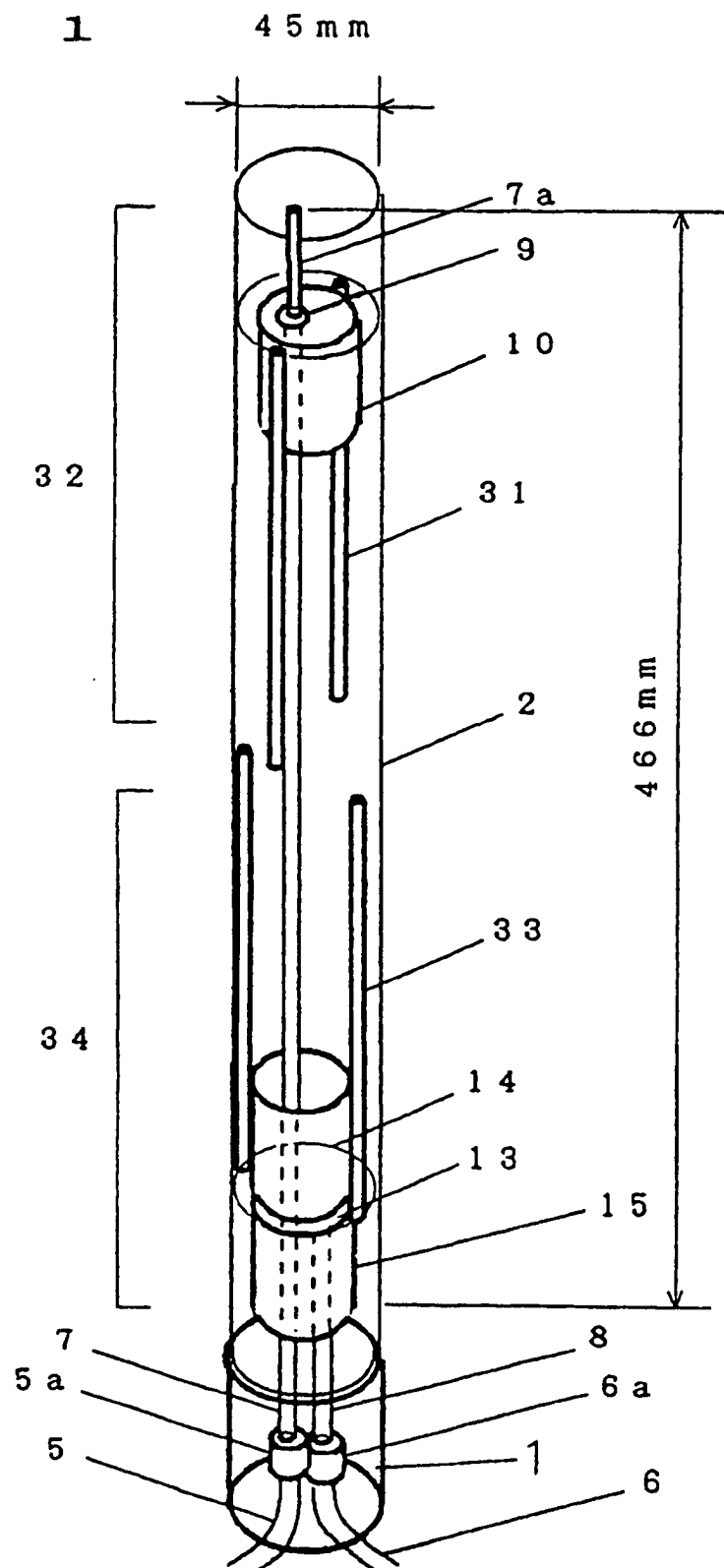
Patentansprüche

1. Mobilfunkantenne **(32)**, die umfasst:
 - eine vertikale Dipolantenne **(7a, 10)** mit einem Speisepunkt **(9)**;
 - eine Vielzahl passiver Elemente **(31)**; und
 - eine Trägereinrichtung **(2)**, die isolierend wirkt und die Dipolantenne und die Vielzahl der passiven Elemente trägt, so dass jedes der Vielzahl passiver Elemente im Wesentlichen parallel zu der vertikalen Dipolantenne liegt und der Mittelpunkt eines jeden der Vielzahl passiver Elemente in der Höhe von dem Speisepunkt um einen vorbestimmten Abstand versetzt ist**dadurch gekennzeichnet**, dass
 - jedes der Vielzahl von passiven Elementen ein Linien- oder Streifenleiter mit einer elektrischen Länge innerhalb von $\pm 10\%$ der verwendeten Wellenlänge ist.
2. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1, wobei die vertikale Dipolantenne unter der Vielzahl von passiven Elementen ist, der horizontale Abstand zwischen jedem der Vielzahl passiver Elemente und der vertikalen Dipolantenne gleich $1/_{20}$ bis $1/_{15}$ der verwendeten Wellenlänge ist und der vorbestimmte Abstand gleich $1/4$ bis $1/2$ der verwendeten Wellenlänge ist.
3. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Vielzahl von Kombinationen **(32, 34; 35, 36)** der vertikalen Dipolantenne, der Vielzahl von passiven Elementen und der Trägereinrichtung jeweils vertikal angeordnet ist.
4. Mobilfunkantenne nach Anspruch 3, wobei der Mittelpunkt eines jeden der Vielzahl passiver Elemente, die oben in der Vielzahl von Kombinationen liegt, um den vorbestimmten Abstand unterhalb des Speisepunkts liegt, der in der oberen Kombination **(32; 35)** vorliegt, und der Mittelpunkt eines jeden der Vielzahl passiver Elemente, die unten in der Vielzahl von Kombinationen liegt, um den vorbestimmten Abstand oberhalb des Speisepunkts liegt, der in der unteren Kombination **(34; 36)** vorliegt.
5. Mobilfunkantenne nach Anspruch 3 oder 4, wobei der Strahlneigungswinkel einer jeden der Vielzahl von Kombinationen abwärts eingestellt ist.
6. Mobilfunkantenne nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die horizontale Anordnung der Vielzahl passiver Elemente, die in der Vielzahl von Kombinationen vorliegen, von Kombination zu Kombination unterschiedlich ist.
7. Mobilfunkantenne nach Anspruch 3, wobei die externen Leiter der coaxialen Speiseleitungen **(7, 8)** für die vertikale Dipolantenne, die zu jeder der Vielzahl von Kombinationen gehören, sich einander kurzschließen.
8. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1, wobei die Trägereinrichtung einen Schutzabschnitt parallel zu der vertikalen Dipolantenne hat, und jedes der Vielzahl passiver Elemente auf der Oberfläche des Schutzabschnitts angebracht ist.
9. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1, wobei die Trägereinrichtung einen Schutzabschnitt parallel zu der vertikalen Dipolantenne hat, und jedes der Vielzahl passiver Elemente innerhalb des Schutzabschnitts ausgebildet ist.
10. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1, wobei die Trägereinrichtung einen Schutzabschnitt parallel zu der vertikalen Dipolantenne hat, und jedes der Vielzahl passiver Elemente auf dem Schutzabschnitt durch Aufdrucken ausgebildet ist.
11. Mobilfunkantenne nach Anspruch 1, wobei die Trägereinrichtung eine Vielzahl von Schutzabschnitten hat, die in regelmäßigen Abständen parallel zu der vertikalen Dipolantenne angeordnet sind, wobei jedes der

Vielzahl passiver Elemente ein Leiter ist, der durch Aufdrucken oder Plattieren auf isolierendem Film ausgebildet ist, und in jeden der Vielzahl von Schutzabschnitten eingefügt oder darauf angebracht ist.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

F i g . 1



F i g . 2

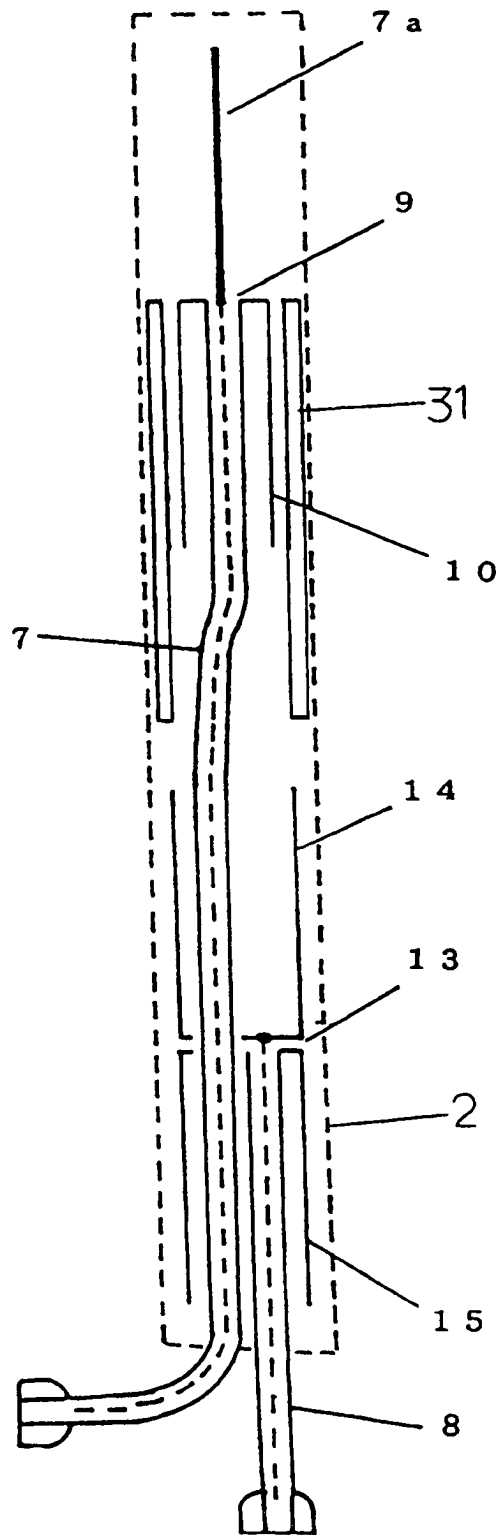


Fig. 3

Durch die Länge der passiven Elemente verursachte Strahneigungswinkelveränderung

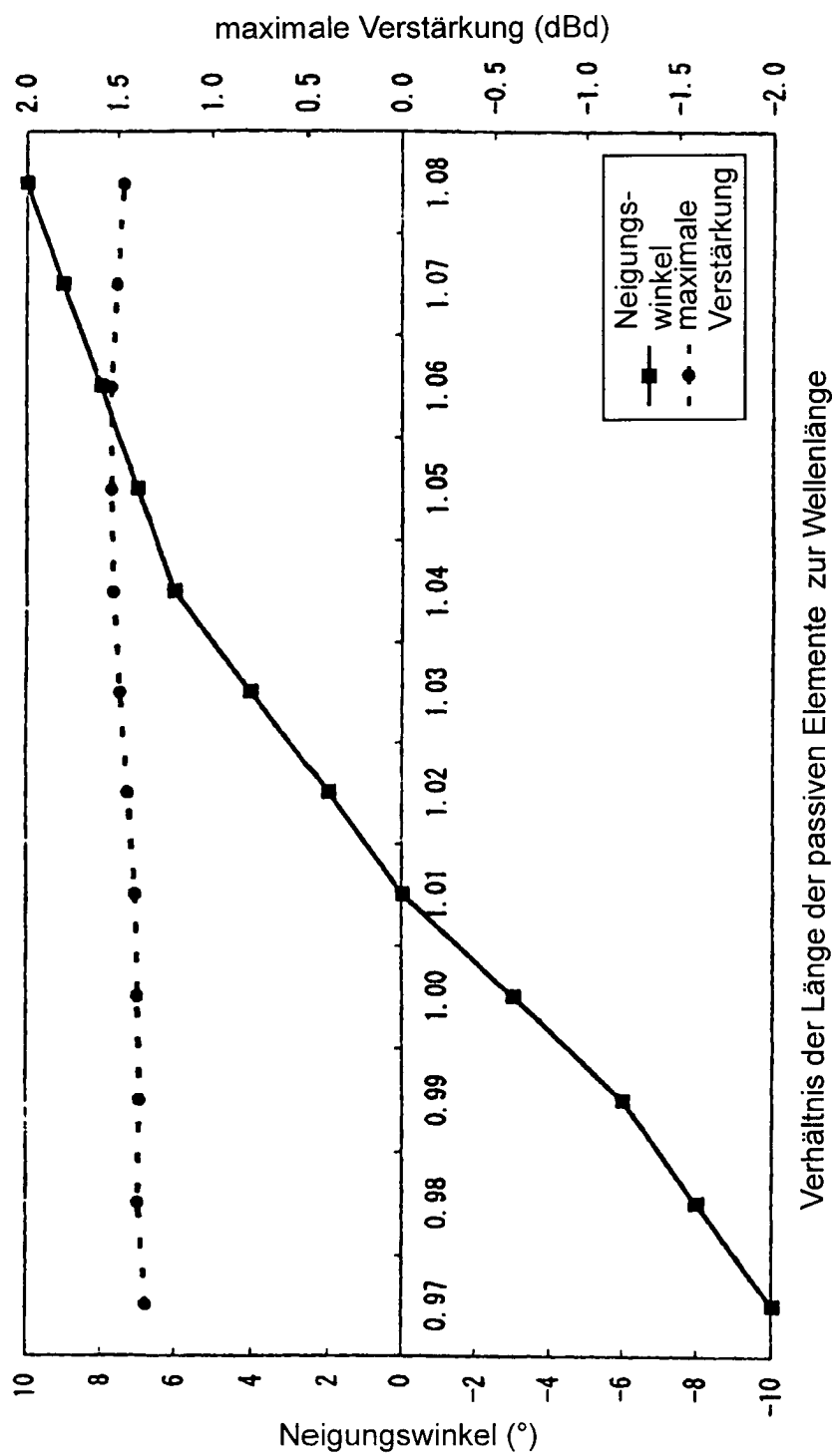


Fig. 4(a) Stromverteilungen für unterschiedliche PE-Durchmesser

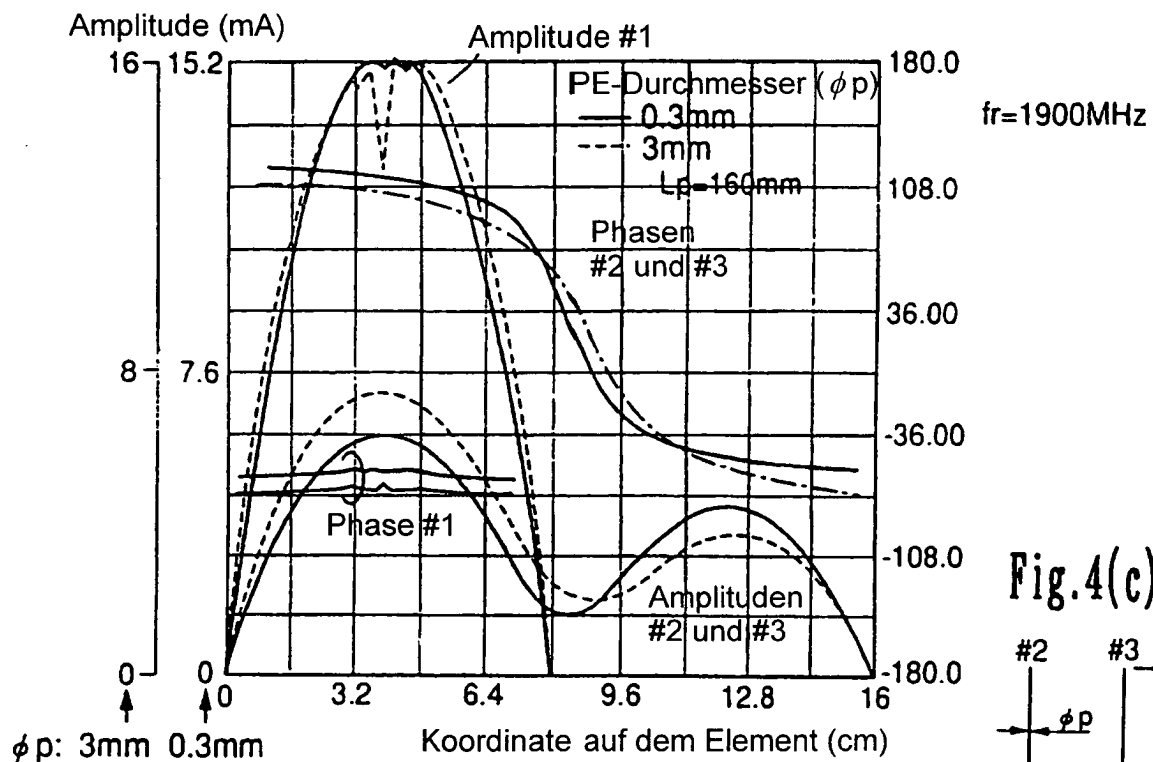


Fig. 4(b) Stromverteilungen für unterschiedliche PE-Längen

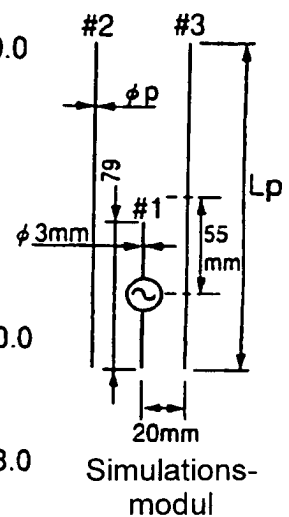
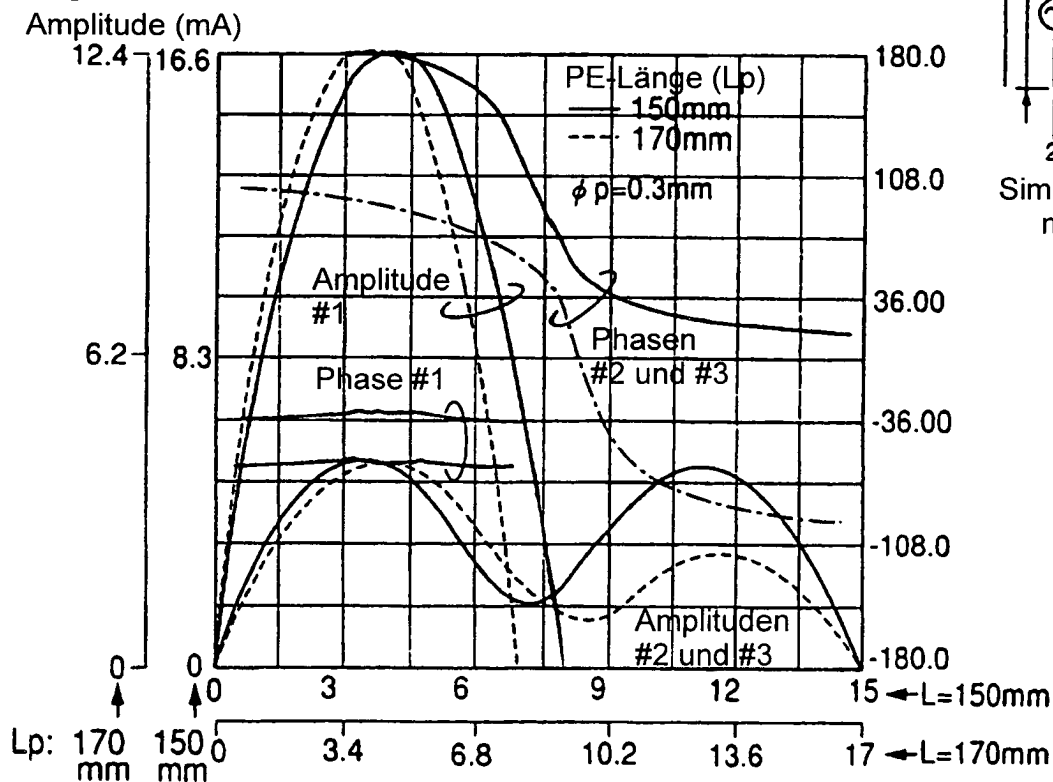
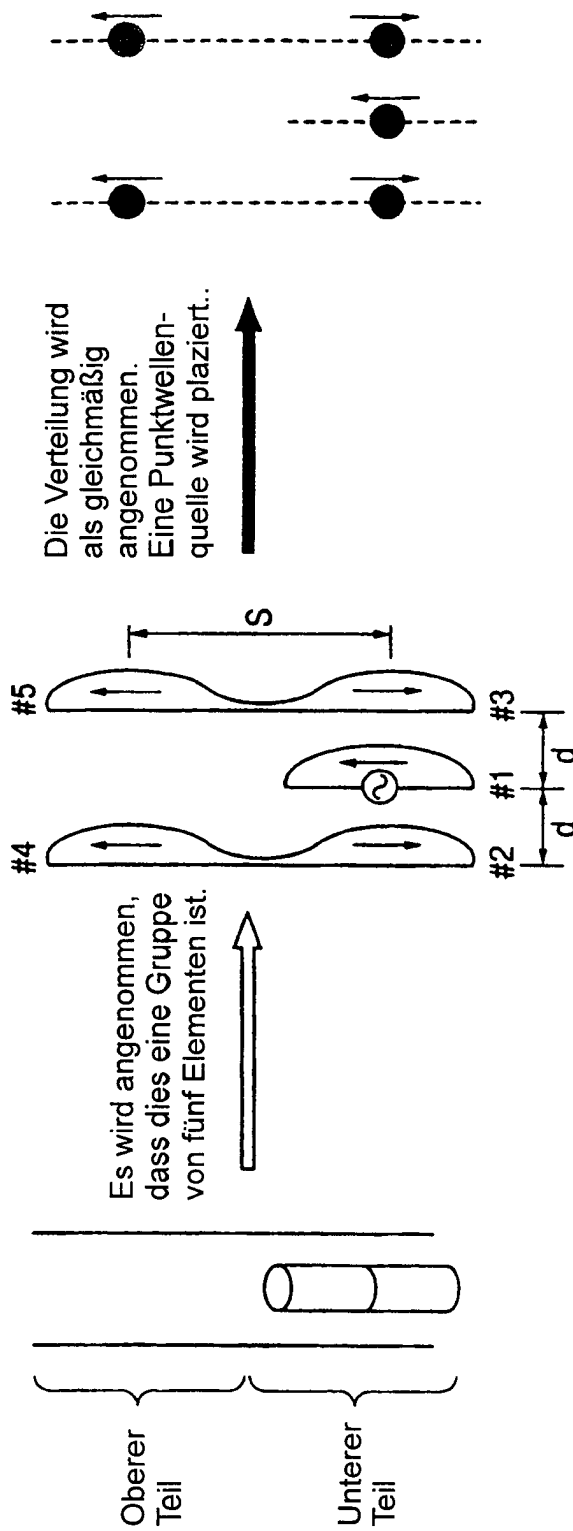


Fig. 5 Modell-Antenne



F i g . 6

Punktwellenquelle mit Bezug auf die
Bündelung in der horizontalen Ebene

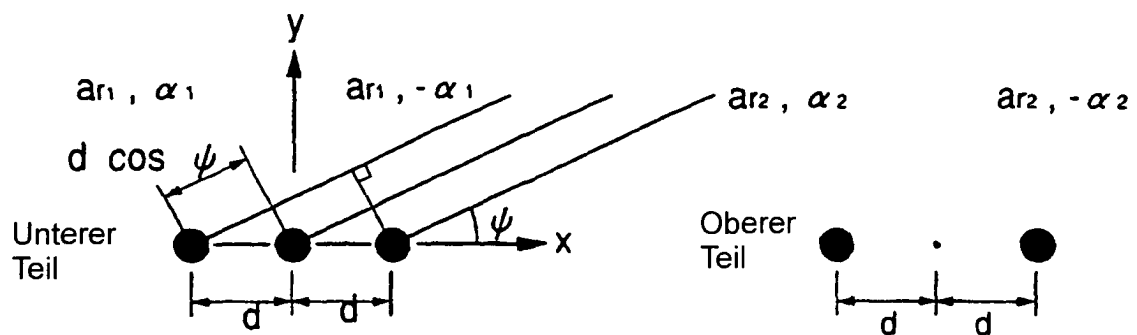
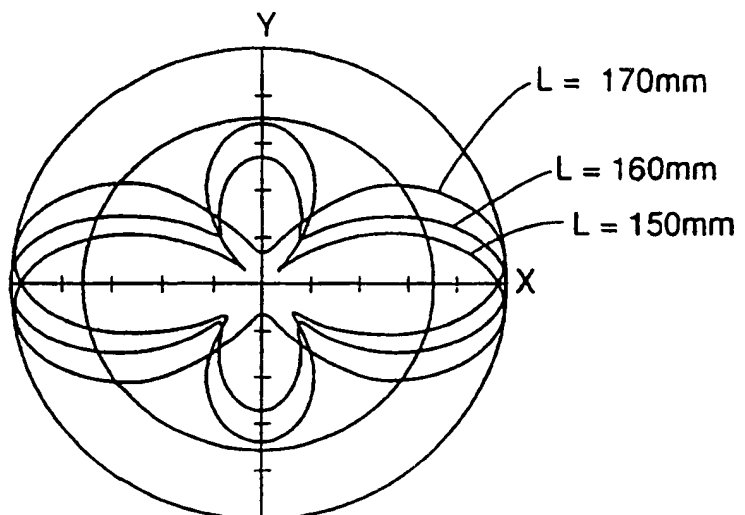
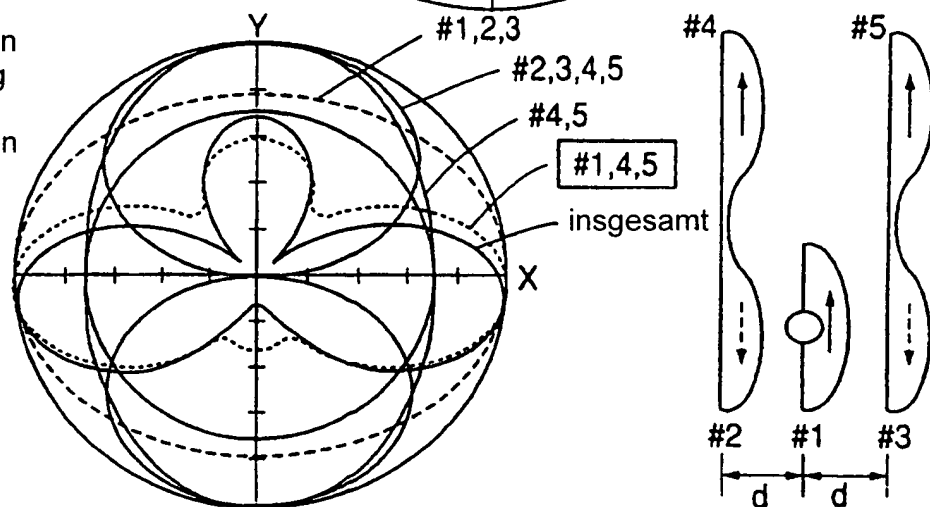
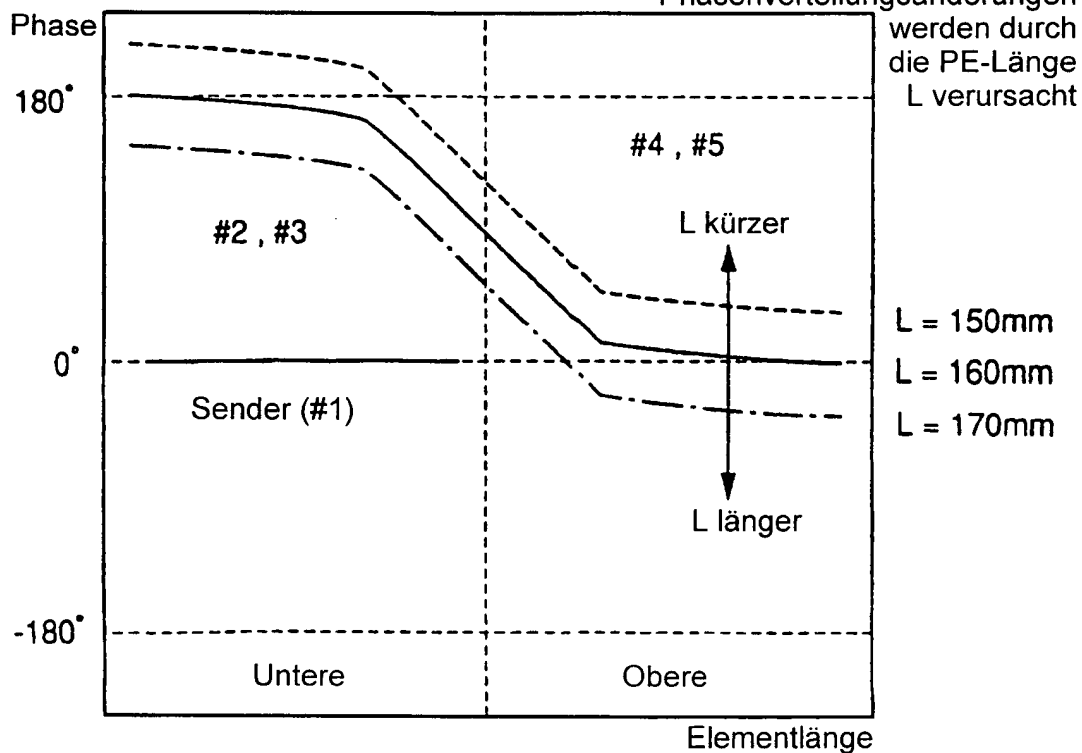


Fig. 10

Array-Faktor
(vertikale Ebene)

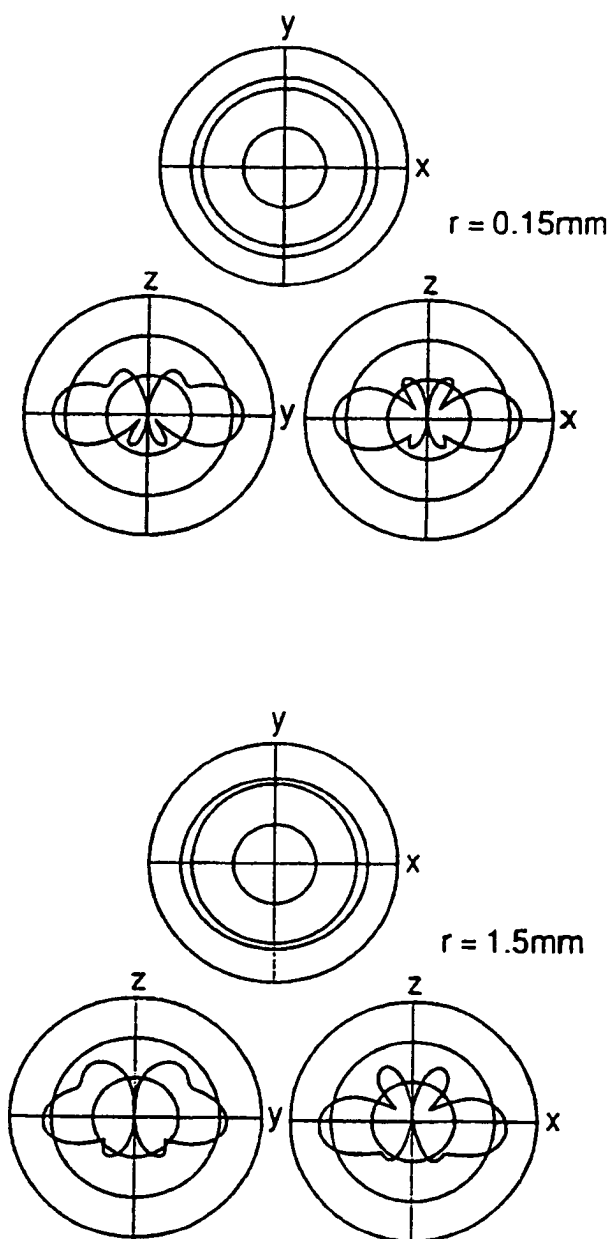
**Fig. 11**

Veränderungen
der Bündelung
werden durch
die Kombination
der Quellen
der Wellen
verursacht

**Fig. 12**

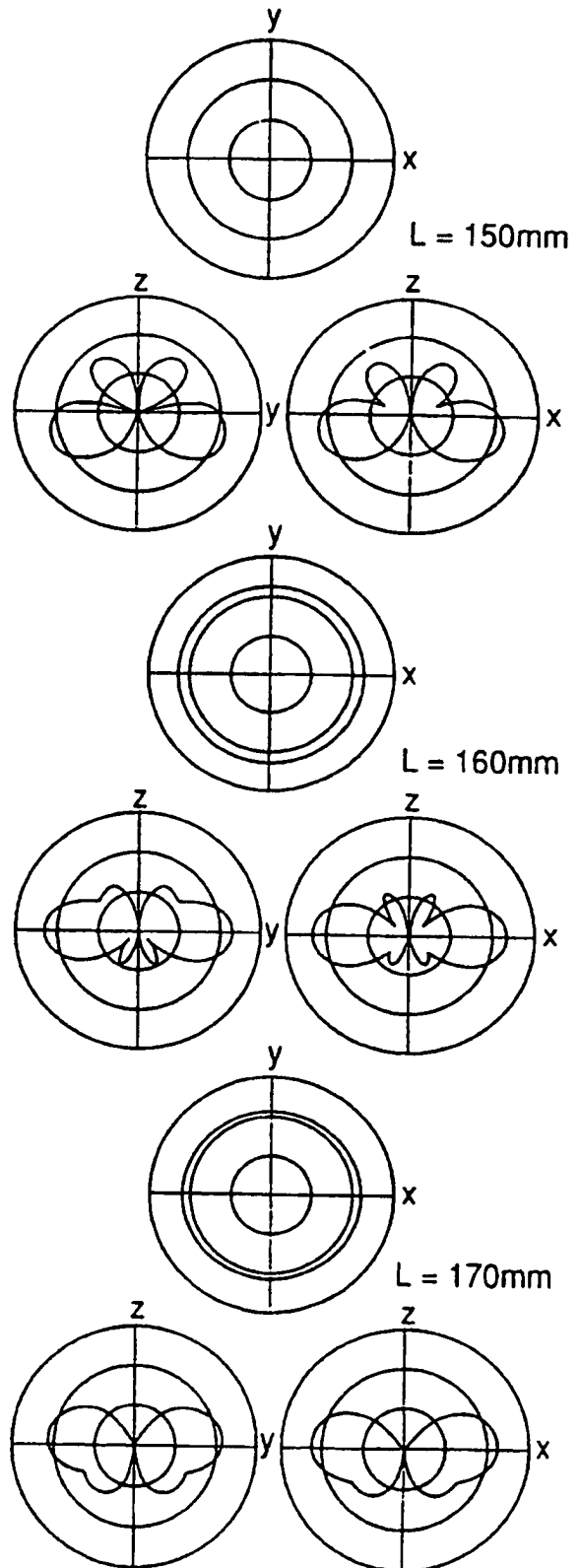
F i g . 1 3

Bündelung in horizontaler Ebene
verändert sich mit PE-Durchmesser



F i g . 1 4

Strahlneigungswinkel verändert
sich mit PE-Länge



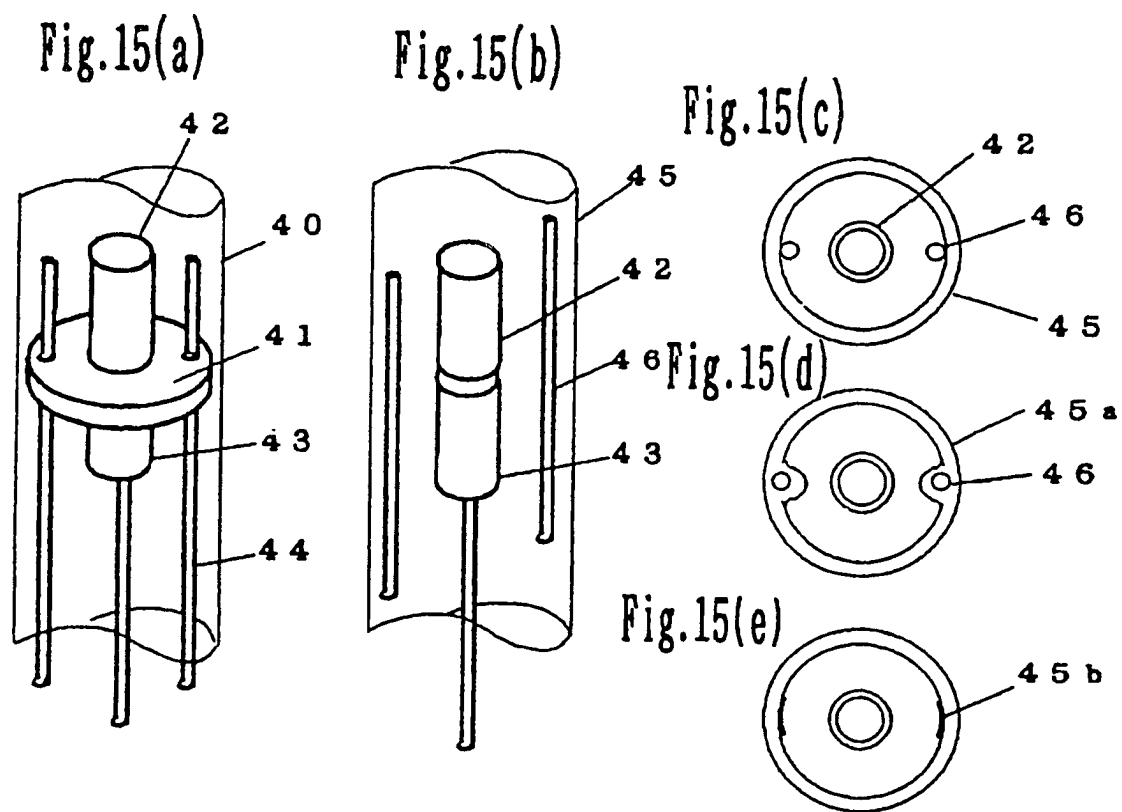


Fig.15(f)

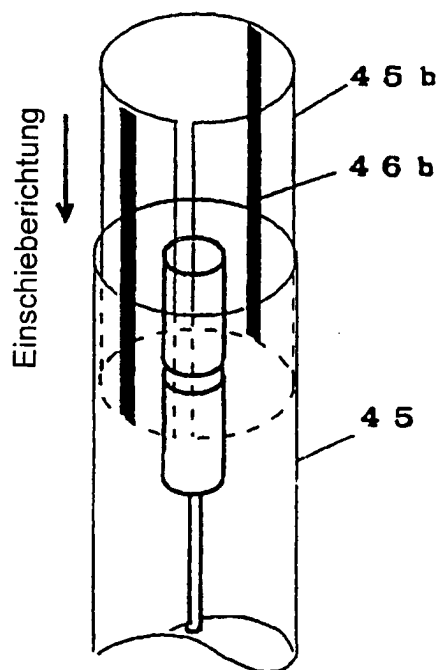
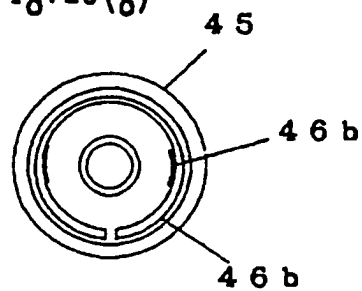


Fig.15(g)



F i g . 1 6

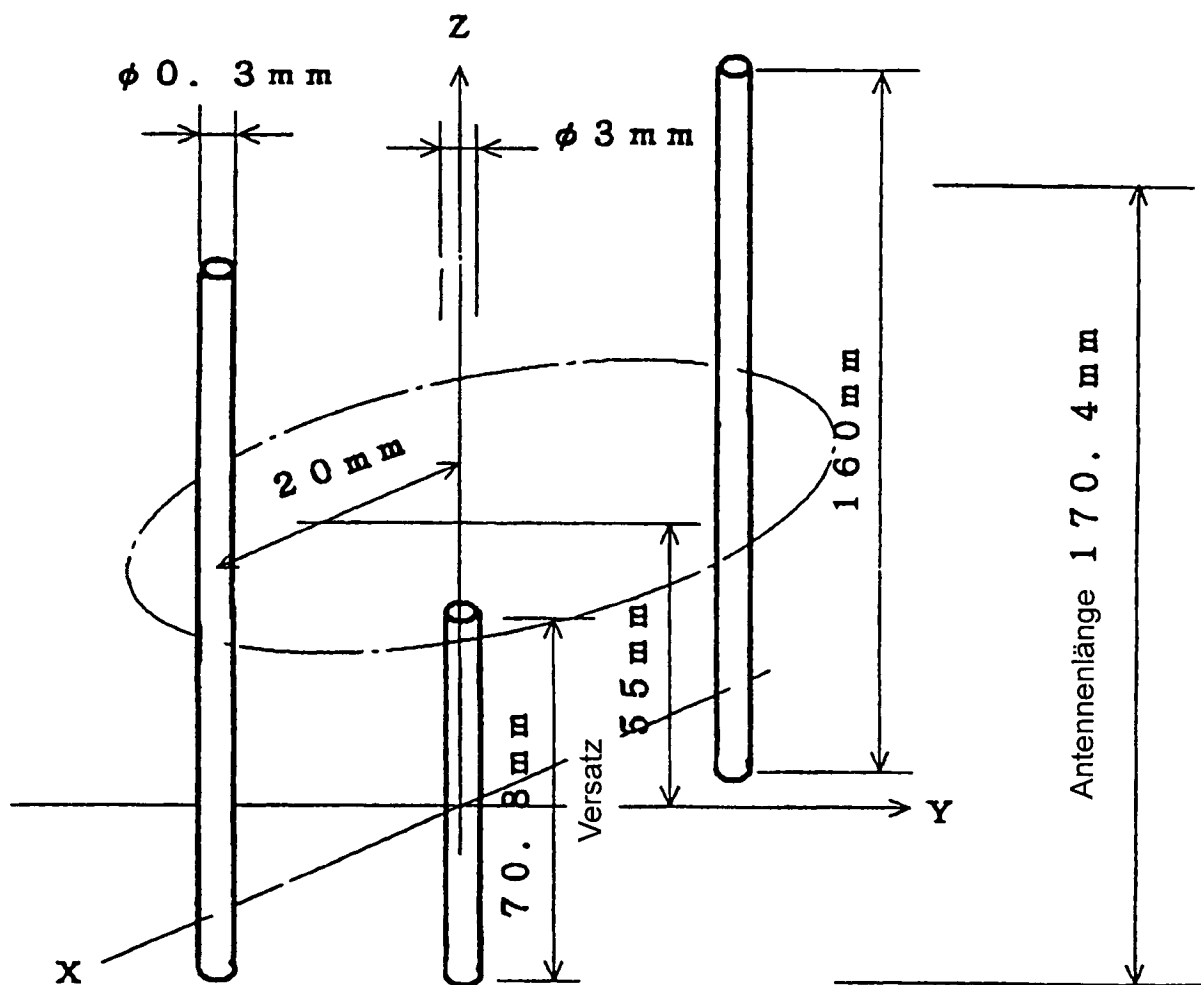


Fig.17(a)

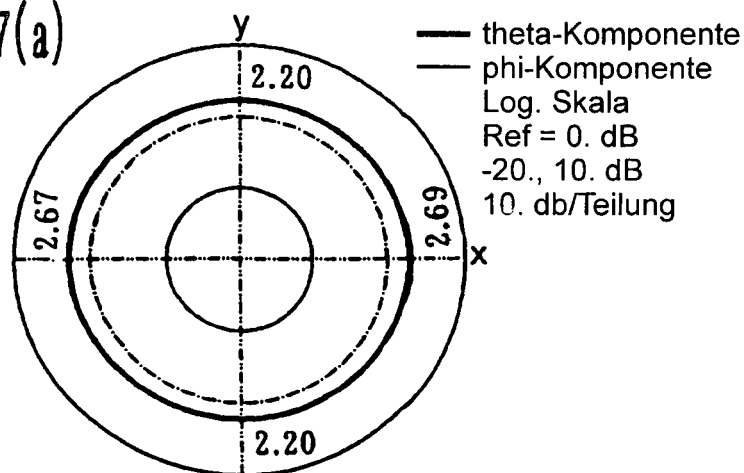


Fig.17(b)

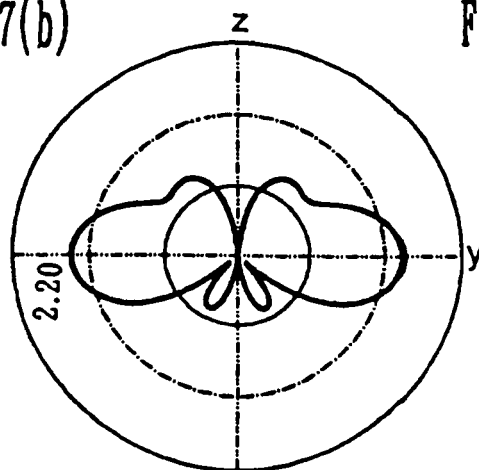


Fig.17(c)

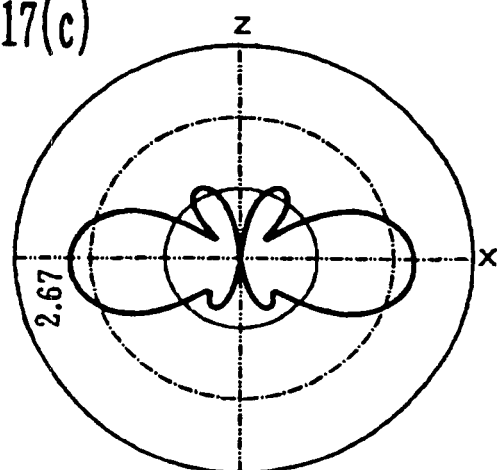
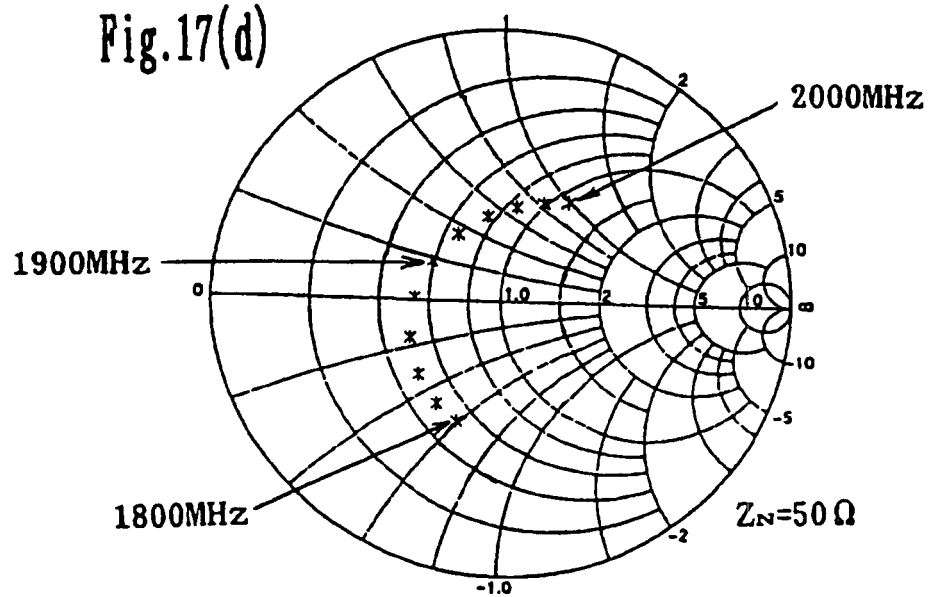


Fig.17(d)



F i g . 1 8

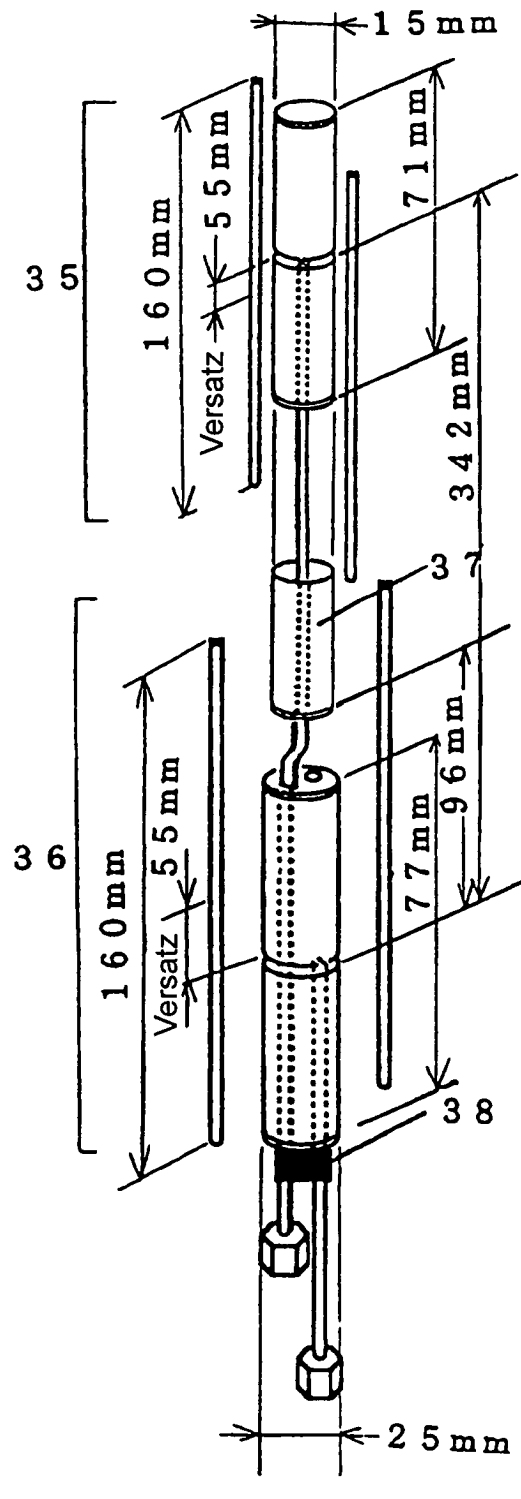


Fig.19(a)

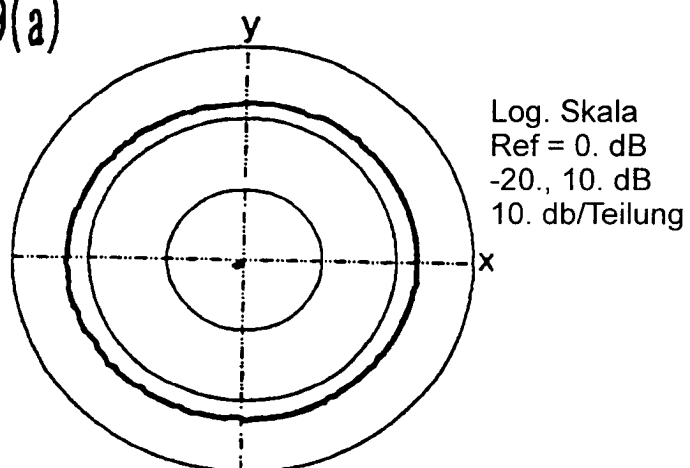


Fig.19(b)

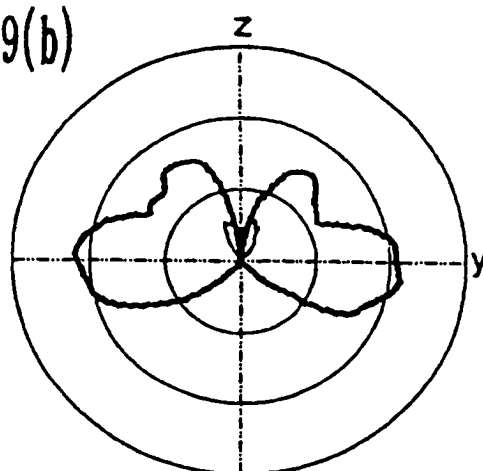


Fig.19(c)

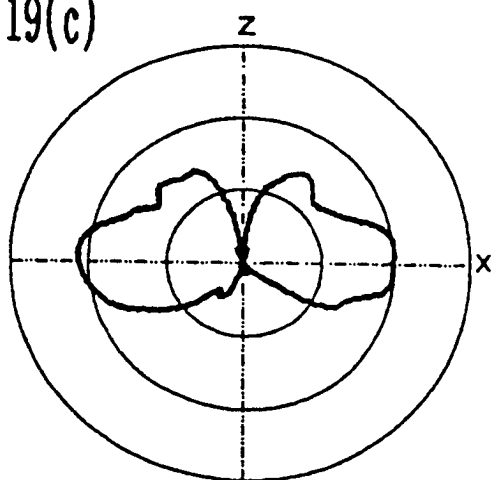
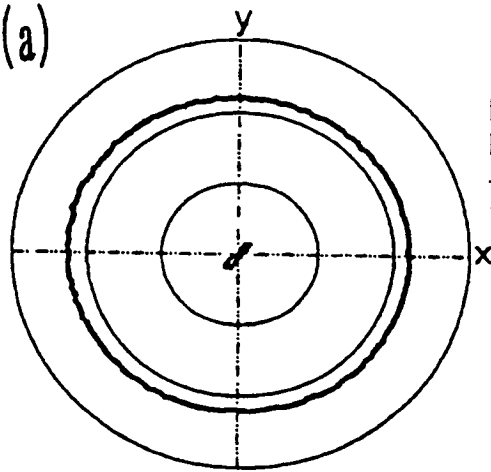


Fig.20(a)



Log. Skala
Ref = 0. dB
-20., 10. dB
10. db/Teilung

Fig.20(b)

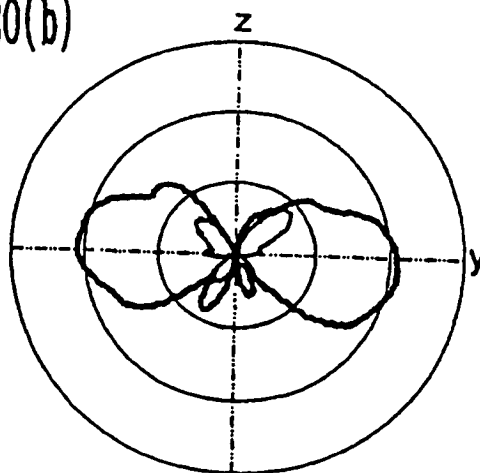
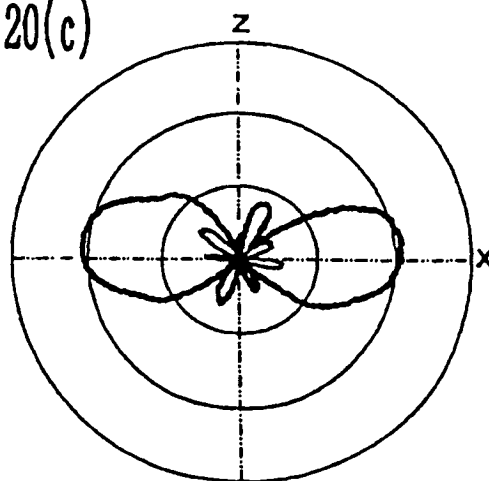


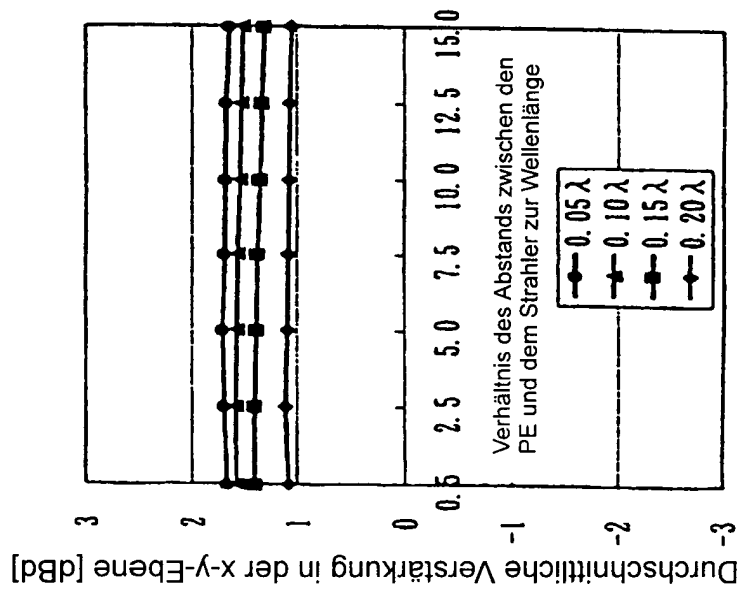
Fig.20(c)



PE-Versatz $0,25 \lambda$

Fig.21(a)

Verhältnis von durchschnittlicher Verstärkung zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird

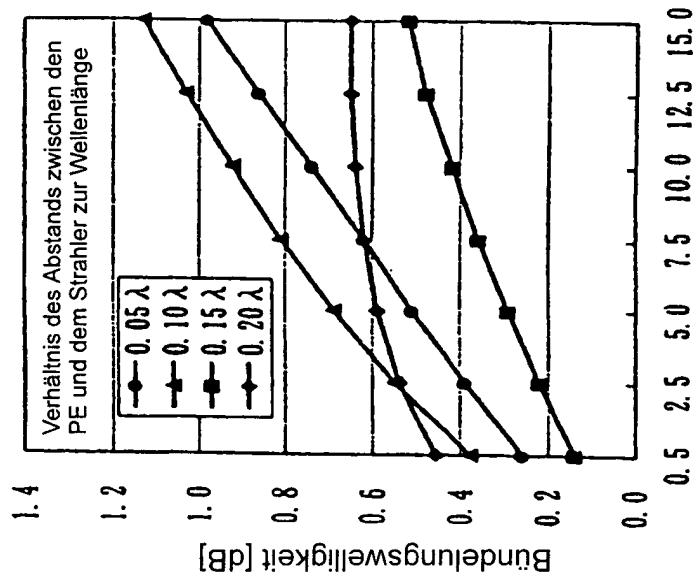


PE-Durchmesser [10E-3λ]

PE-Länge $1,01 \lambda$

Fig.21(b)

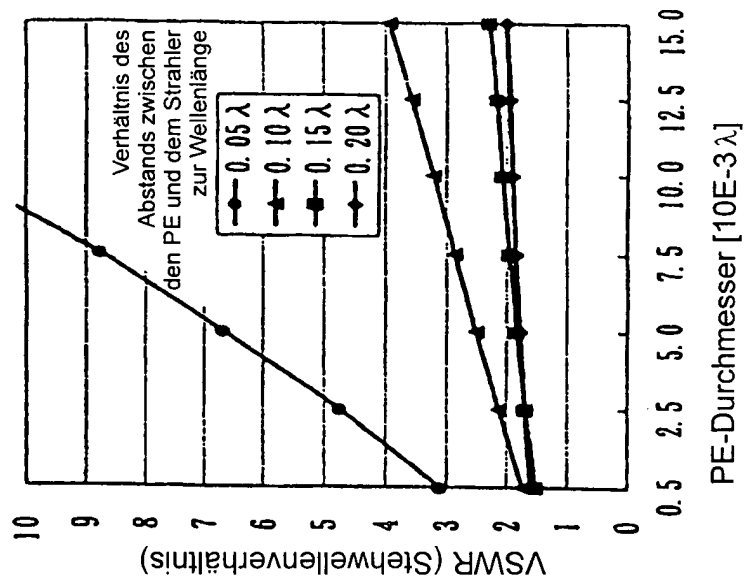
Verhältnis von Bündelungswelligkeit zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird



PE-Durchmesser [10E-3λ]

Fig.21(c)

Verhältnis von VSWR (Stehwellenverhältnis) zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird



PE-Durchmesser [10E-3λ]

PE-Versatz 0,35 λ

PE-Länge 1,01 λ

Fig.22(a)

Verhältnis von durchschnittlicher Verstärkung zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird

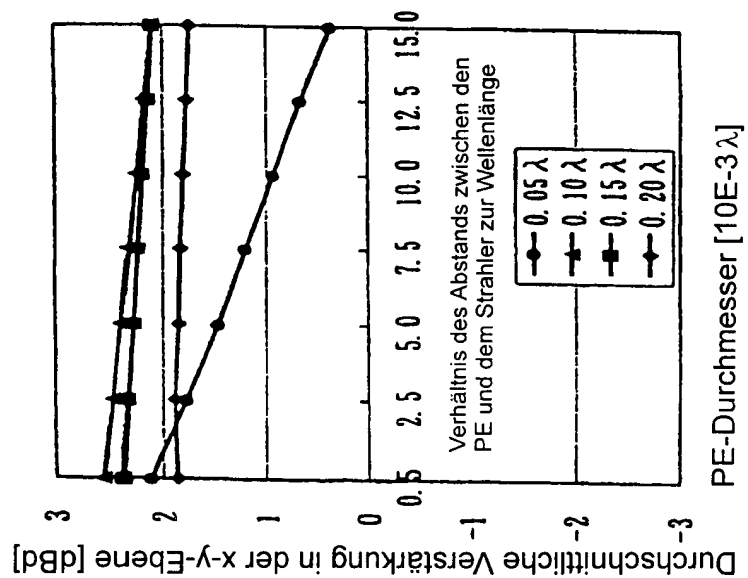


Fig.22(b)

Verhältnis von Bündelungswelligkeit zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird

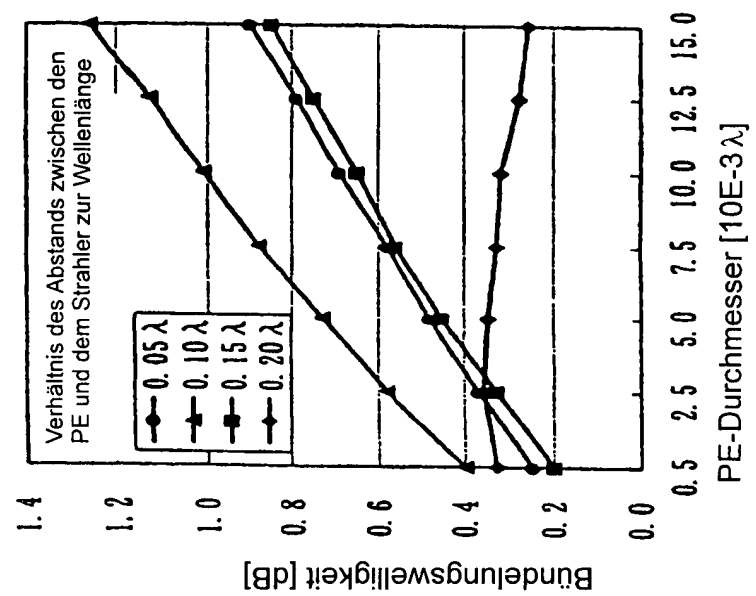
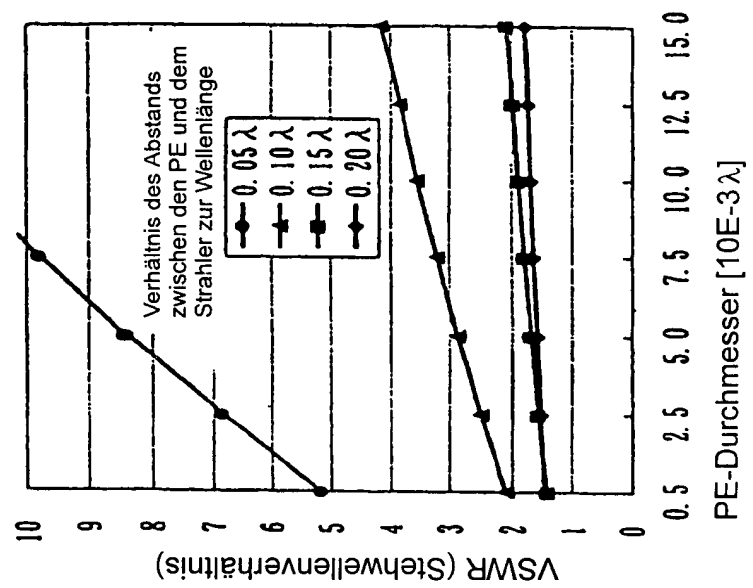


Fig.22(c)

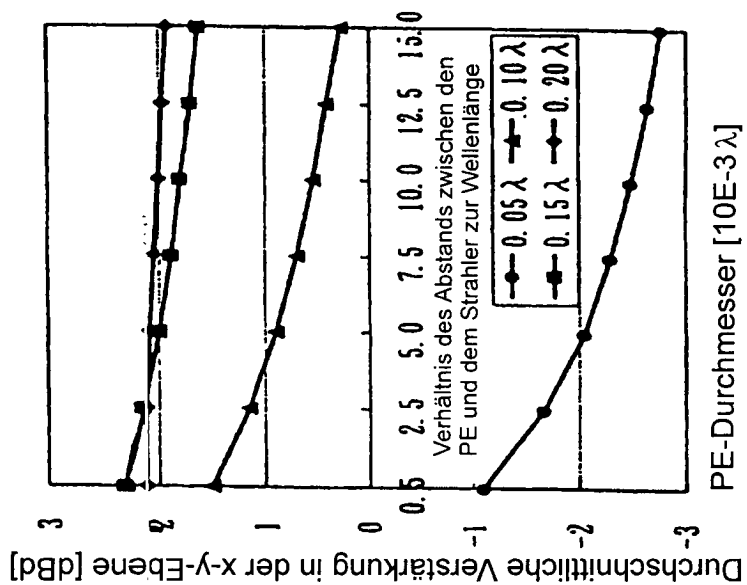
Verhältnis von VSWR (Stehwellenverhältnis) zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird



PE-Versatz $0,5 \lambda$

Fig.23(a)

Verhältnis von durchschnittlicher Verstärkung zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird



PE-Länge $1,01 \lambda$

Fig.23(b)

Verhältnis von Bündelungswelligkeit zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird

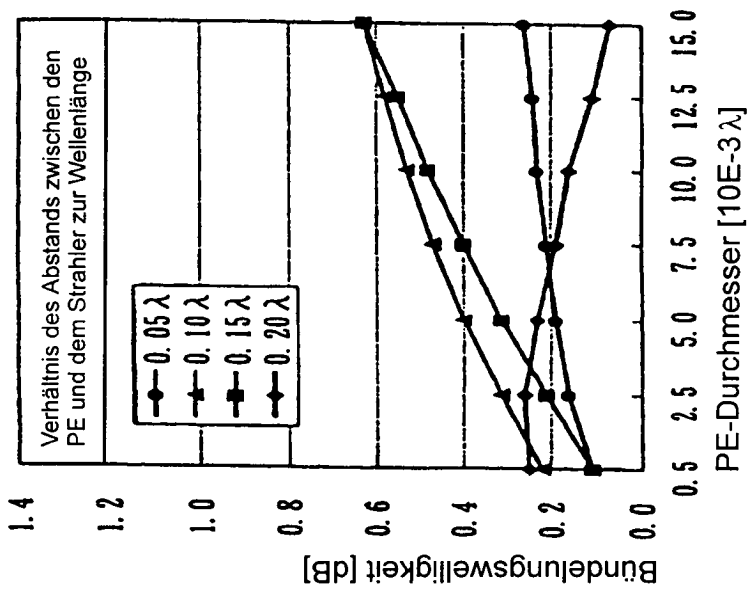
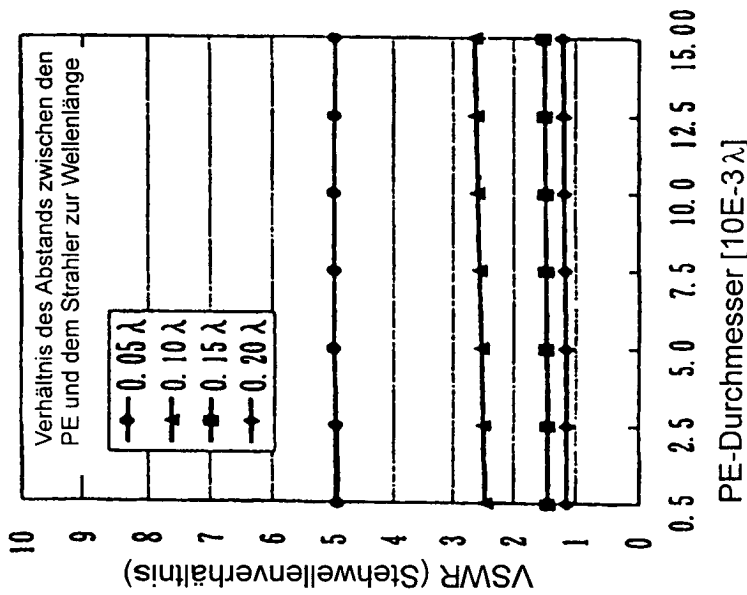
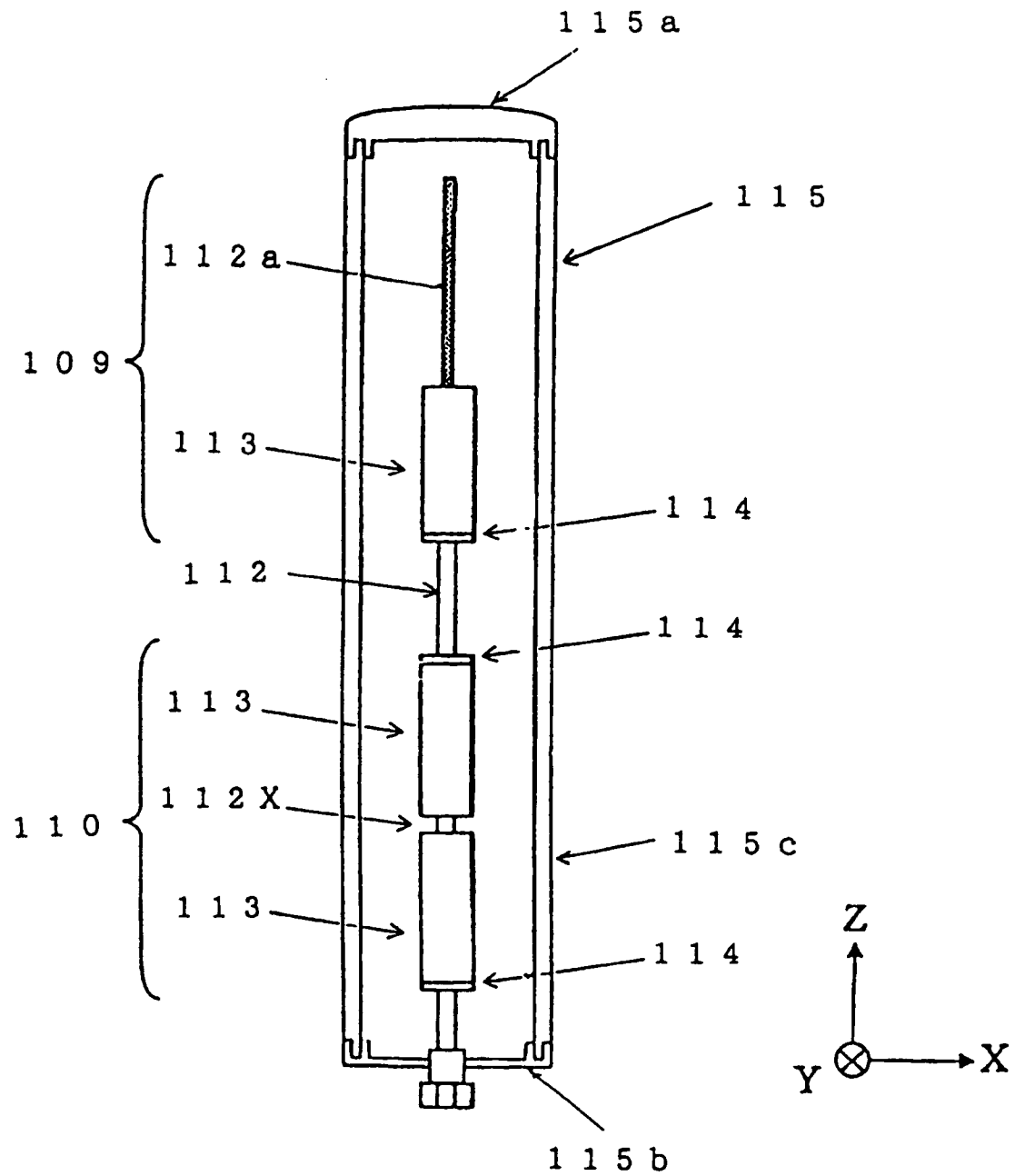


Fig.23(c)

Verhältnis von VSWR (Stehwellenverhältnis) zum PE-Durchmesser beobachtet wenn der Abstand zwischen den PE und dem Strahler als Parameter verwendet wird



F i g . 2 4



$d = 1\text{cm}$, $L = 6\text{cm}$, $S = 2\text{cm}$
 Frequenz = 1.9GHz

Fig.25(a)

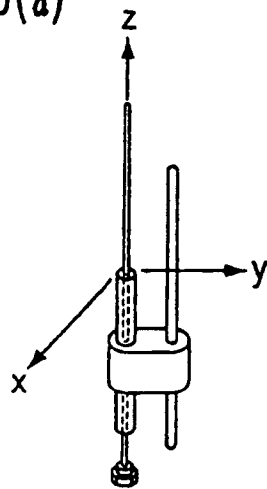


Fig.25(b)

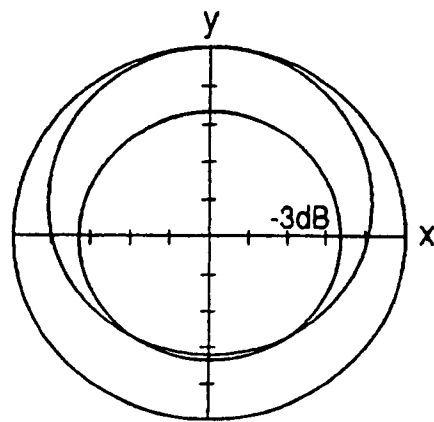


Fig.25(c)

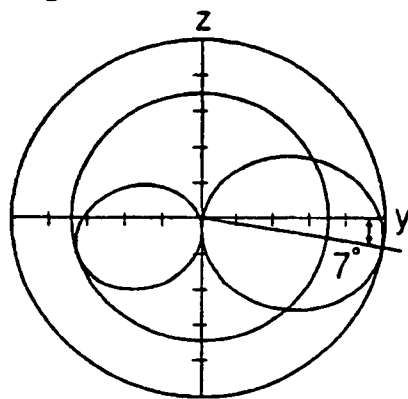


Fig.25(d)

