

PCT

 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

 Internationales Büro

 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE

 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ :

H01Q 13/04, 25/04

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 98/27612**

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

25. Juni 1998 (25.06.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02914

(22) Internationales Anmeldedatum: 13. Dezember 1997
(13.12.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 52 595.0 18. Dezember 1996 (18.12.96) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): IBP
PIETZSCH GMBH [DE/DE]; Erzbergerstrasse 115/117,
D-76133 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMIDT, Dirk [DE/DE];
Schillerstrasse 105, D-76297 Stutensee (DE). CICHON,
Dieter [DE/DE]; Johannesweg 1, D-76327 Pfinztal (DE).
GÖBEL, Ewald [DE/DE]; Wingertgasse 20, D-76228 Karl-
ruhe (DE). WIESBECK, Werner [DE/DE]; Ettlinger Strasse
36, D-75210 Keltern (DE). DEMMERLE, Frank [DE/DE];
Eppinger Strasse 9, D-76131 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: GEITZ, Heinrich; Kaiserstrasse 156, D-76133 Karl-
ruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, CN, IL, JP, SG, US, eu-
ropäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

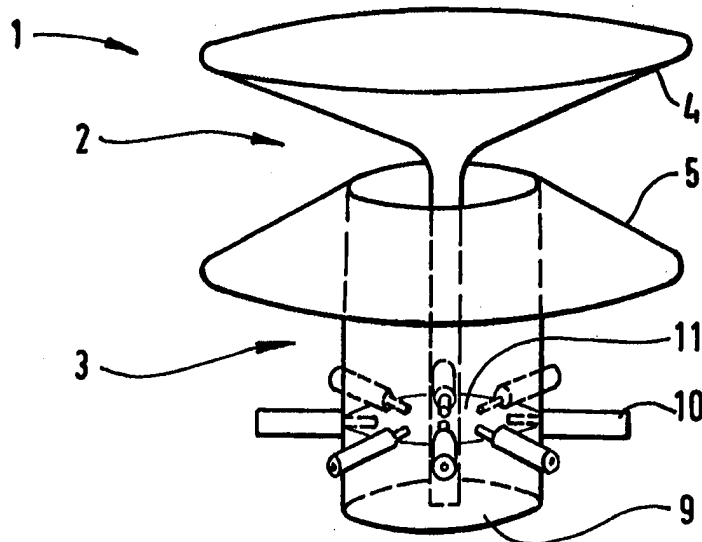
*Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.*

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DIRECTIONALLY SELECTIVE EMISSION OF ELECTROMAGNETIC WAVES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR RICHTUNGSSELEKTIVEN ABSTRAHLUNG ELEKTROMAGNETIS-
CHER WELLEN

(57) Abstract

The invention relates to a high-mode operating resonator, e.g. a coaxial waveguide, wherein various oscillation modes of an electromagnetic field are coupled in and superimposed on each other. The mixed mode thus arising from the excitation field is used to excite an antenna, preferably a biconical antenna. The azimuthal emission characteristic of the electromagnetic wave emitted by the antenna has the same dependency as the azimuthal field distribution in the resonator. The emission characteristic has in particular, in the case of an azimuthal and anisotropic excitation field, privileged directions in the azimuthal emission. A change of direction of the maximum emission of the electromagnetic wave occurs through an additional change of the phase or amplitude relationships between the coupled electromagnetic field modes.



(57) Zusammenfassung

In einem obermodig betreibbaren Resonator, etwa einen coaxialen Wellenleiter, werden verschiedene Schwingungsmoden eines elektromagnetischen Feldes eingekoppelt und miteinander überlagert. Mit dem so entstehenden Erregungsfeld gemischter Mode wird eine Antenne, vorzugsweise eine bikonische Antenne, angeregt. Die azimutale Strahlungscharakteristik der von der Antenne emittierten elektromagnetischen Welle weist die gleiche Abhängigkeit auf, wie die azimutale Feldverteilung im Resonator. Insbesondere weist die Strahlungscharakteristik bei einem azimutal anisotropen Erregungsfeld Vorzugsrichtungen in der azimutalen Abstrahlung auf. Durch eine zusätzliche Veränderung der Phasen- bzw. der Amplitudenbeziehungen zwischen den eingekoppelten elektromagnetischen Feldmoden wird eine Richtungsänderung der maximalen Abstrahlung der elektromagnetischen Welle bewirkt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

- 1 -

Verfahren und Vorrichtung zur richtungsselektiven
Abstrahlung elektromagnetischer Wellen

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum richtungsselektiven Abstrahlen elektromagnetischer Wellen, insbesondere für den Einsatz in der Funkkommunikation, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

- 5 Bedingt durch die Ausbreitungseigenschaften elektromagnetischer Wellen in der Atmosphäre steht für die terrestrische Funkkommunikation mit flächendeckenden Versorgungsgebieten nur ein Frequenzband zwischen 30 MHz und 3000 MHz zur Verfügung. Die zunehmende Bedeutung der
- 10 Funkkommunikation führt zu der Notwendigkeit, diesen begrenzt zur Verfügung stehenden Bereich möglichst effektiv zu nutzen. Bei bestehenden Funkkommunikationssystemen werden spezielle, sogenannte Multiplexverfahren zur verbesserten Ausnutzung des Zeit- bzw. Frequenzbereiches sowie im Bereich der Codierung eingesetzt bzw.
- 15 erprobt. Jedoch ist in diesen Bereichen nur noch eine beschränkte Erweiterung der Kapazität möglich. Einen Ausweg böte die richtungsselektive Abstrahlung der Informationen.
- 20 Es sind Antennen mit Richtwirkung bekannt, die aufgrund ihrer speziellen Geometrie eine azimuthal anisotrope Strahlungscharakteristik aufweisen (siehe z.B. Lueger: Lexikon der Technik, Elektrotechnik und Kerntechnik-Grundlagen, Reinbek bei Hamburg, 1972). Im obengenannten

Frequenzbereich werden als Richtstrahler vorwiegend sogenannte Aperturantennen oder Gruppenanordnungen mehrerer Einzelantennen verwendet, die mittels eines umfangreichen Speisenetzwerkes angesteuert werden. Soll die
5 Hauptstrahlrichtung einer Antennengruppe veränderlich sein, müssen im Speisenetzwerk elektronisch steuerbare Stellglieder für Amplitude und/oder Phase verwendet werden. Der Einsatz derartiger Stellglieder ist jedoch teuer und mit Leistungsverlusten verbunden. Aus diesem
10 Grunde wird die richtungsselektive Abstrahlung elektromagnetischer Wellen im Funkkommunikationsbereich bislang kaum zum Zwecke der Kapazitätserweiterung genutzt.

Ein hiervon abweichender Weg zur Erzeugung von Richtstrahlen wird in der US-4,947,178 beschrieben. Gegenstand dieser Druckschrift ist eine Antennenanordnung,
15 bei der mehrere kreisscheibenförmige Einzelantennen koaxial jedoch in vertikaler Hinsicht äquidistant voneinander beabstandet angeordnet sind, und die unabhängig voneinander durch separate Speiseleitungen angeregt werden. Die Einzelantennen weisen jeweils unterschiedliche
20 Durchmesser auf, die so gewählt sind, daß auf einer Einzelantenne jeweils eine vorbestimmte elektromagnetische Schwingungsmoden resonant eingekoppelt werden kann. Die von den angeregten Einzelantennen abgestrahlten Felder
25 überlagern sich zu einem Gesamtstrahlungsfeld, dessen Geometrie der Geometrie einer linearen Superposition der eingekoppelten Schwingungsmoden der Einzelantennen entspricht.

Die angestrebte Überlagerung vorbestimmter Schwingungsmoden ist bei diesem Gegenstand jedoch nur unvollkommen,
30 da von einer angeregten Einzelantenne Störfelder ausgehen, die die Modenentwicklung in benachbarten Einzelan-

tennen empfindlich beeinträchtigen. Da zudem jede der Einzelantennen mit einer eigenen Speiseleitung sowie mit Amplituden- und Phasenschiebern versehen sein muß, ist der bauliche Aufwand dieser Anordnung sehr hoch; zugleich ist die Gesamtzahl der Einzelantennen, die zur Antennenanordnung zusammengefügt werden können, begrenzt, mit der Folge, daß nur eine geringe Zahl unterschiedlicher Schwingungsmoden miteinander kombiniert werden können und somit die erreichbare Richtwirkung insgesamt recht unbefriedigend ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Möglichkeit zum richtungsselektiven Abstrahlen und/oder Empfangen elektromagnetischer Wellen zu schaffen, bei der die Richtcharakteristik auf eine gegenüber dem Stand der Technik vereinfachte Weise gewählt und beeinflußt werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Im Gegensatz zu den Richtstrahlern nach dem Stande der Technik, bei der die Richtungsselektivität der Abstrahlung durch eine spezielle Geometrie der Antenne oder der Antennenanordnung erzielt wird, wird bei der Erfindung eine Richtungsselektion bereits in dem der Anregung der Antenne dienenden Erregungsfeld in der Speiseleitung geschaffen. Erreicht wird dies durch eine Überlagerung elektromagnetischer Schwingungsmoden, die in einem obermodig betreibbaren Resonator als dessen Eigenmoden erzeugt werden. Jede elektromagnetische Schwingungsmode bewirkt eine charakteristische Ortsabhängigkeit der elektrischen bzw. magnetischen Feldvektoren. Durch die lineare Superposition geeigneter Schwingungsmoden kann eine fast beliebige Abhängigkeit vom azimuthalen Winkel des

resultierenden Feldes erreicht werden. Wird ein solches Feld zur Anregung einer Antenne eingesetzt, kann auch die Abstrahlung von der Antenne nur mit einer azimuthalen Richtcharakteristik erfolgen, die der Richtungsabhängigkeit des Erregungsfeldes entspricht. Ein solches Verfahren ermöglicht bei der Richtstrahlung den Einsatz von Antennen ohne eigene richtungsselektive Strahlungscharakteristik. Im Unterschied zum Gegenstand der US-4,947,178 ist also eine bestimmte, die Ausbildung einzelner elektromagnetischer Feldmoden begünstigende Antennengeometrie nicht erforderlich. Durch eine Änderung in der Ansteuerung des Resonators ist die Geometrie des Erregerfeldes und damit auch die Strahlungscharakteristik des abgestrahlten elektromagnetischen Feldes sehr umfassend und rasch veränderbar. Auf diese Weise wird eine überaus leistungsstarke Möglichkeit zur richtungsselektiven Abstrahlung geschaffen.

Um eine vorbestimmte Richtcharakteristik zu erzielen, werden die einzelnen Schwingungsmoden mit einem vorgegebenen Amplituden- und/oder Phasenverhältnis in den Resonator eingekoppelt. Auch ist durch eine Änderung der Resonatorlänge die Richtcharakteristik in vorbestimmter Weise veränderbar.

Die Strahlungsrichtung kann auch in vorteilhafter Weise dadurch geändert werden, daß die Schwingungsmoden aus einer vorbestimmten, jedoch veränderbaren azimuthalen Richtung in den Resonator eingekoppelt werden.

Zweckmäßigerweise wird im Resonator neben der transversal-elektromagnetischen Grundmode, der sogenannten TEM-Mode, eine oder mehrere höhere Moden des Typs TE_{mn} erzeugt und mit der Grundmode zur Überlagerung gebracht.

Insbesondere wird durch die Überlagerung der TEM-Mode mit der TE_{11} -Mode ein Erregungsfeld geschaffen, das die Ausbildung einer einseitigen Strahlungscharakteristik an der Antenne bewirkt. Wird eine höhere Schwingungsmode mit
5 der TEM-Grundmode in einem vorbestimmten Amplituden- und Phasenverhältnis zur Überlagerung gebracht, wird verfahrensgemäß eine anisotrope Richtcharakteristik mit einer vorbestimmten Hauptstrahlungsrichtung der abgestrahlten elektromagnetischen Welle bewirkt. Durch eine gezielte
10 Veränderung des Phasenverhältnisses zwischen der höheren Schwingungsmode und der TEM-Grundmode erfolgt eine den jeweiligen Erfordernissen angepaßte Änderung der Vorzugsrichtung der Abstrahlung.

In einer abermals vorteilhaften Weiterbildung wird an
15 der Antenne eine Richtcharakteristik erzeugt, die wenigstens zwei unterschiedliche Hauptstrahlungsrichtungen aufweist. Damit ist eine sogenannte "Point-to-Multipoint"-Anwendung möglich, daß heißt die Kommunikation der Antenne mit mehreren anderen Sende- und/oder Empfangsantennen.

20 Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 gelöst.

Dieses Verfahren unterscheidet sich von dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 dadurch, daß die Antenne als Empfangsantenne eingesetzt wird, wobei in regelmäßigen
25 Abständen die Hauptstrahlungsrichtung einer mit der Empfangsantenne kommunizierenden Sendeantenne bestimmt wird und die Richtcharakteristik der Empfangsantenne entsprechend der Richtung maximaler Empfangsleistung eingestellt wird. Die Variation der Hauptstrahlungsrichtung
30 bei der Detektion der Richtung maximaler Empfangsleistung und bei der Neueinstellung der Hauptstrahlungsrichtung

erfolgt in überaus einfacher Weise durch eine entsprechende Änderung des Amplituden- und/oder des Phasenverhältnisses und/oder der Richtung der azimuthalen Einkopplung der Schwingungsmoden in den mit der Empfangsantenne
5 wirkverbundenen Resonator. Die Hauptstrahlungsrichtung ist also jeweils durch elektronische Maßnahmen verstellbar und kann somit überaus rasch durchgeführt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Patentanspruch 6 eignet sich somit besonders für den Einsatz in mobilen
10 Funkkommunikationsanlagen.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 gelöst.

Dabei ist ein Resonator mit wenigstens einem Kopplungsanschluß zum Einkoppeln eines elektromagnetischen Feldes
15 versehen. Der Resonator muß dabei obermodig betreibbar sein, d.h. daß neben der TEM-Mode auch höhere elektromagnetische Schwingungsmoden erzeugt werden können. Bei geeigneter Erregung bildet sich ein aus einem Modengemisch
20 bestehendes elektrisches Feld im Resonator aus, das zur Anregung einer Antenne verwendet wird. Die von der Antenne abgestrahlte elektromagnetische Welle weist eine Richtcharakteristik entsprechend des im Resonator erzeugten Modengemisches auf.

25 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung dient als Antenne eine einfach-konische oder bi-konische Antenne. Derartige Antennen sind beispielsweise aus der US-4,851,859 bekannt und zeichnen sich durch eine azimuthal über 360° Grad gleichmäßige Sendungs- bzw. Empfangsbereitschaft
30 aus. Sie wurden bislang für die Rundumstrahlung eingesetzt. Durch die Anregung einer solchen Antenne mit einem

richtungsselektiven Erregungsfeld erfolgt auch die Abstrahlung mit einer entsprechenden richtungsselektiven Strahlungscharakteristik.

- Der Einsatz einer solchen Antenne ist vor allem deshalb
5 vorteilhaft, weil sie eine Abstrahlung in fast beliebiger azimuthaler Richtung lediglich in Abhängigkeit von der durch einfache elektronische Maßnahmen veränderbaren Geometrie des Erregerfeldes ermöglicht, ohne daß die Antennenanordnung dabei in irgendeiner Weise verändert
10 werden müßte. Die beiden Hälften der einfach-konischen oder bi-konischen Antenne können dabei auch einen unterschiedlichen Radialdurchmesser aufweisen oder es können die Innenwinkel der beiden konischen Hälften unterschiedlich sein.
- 15 Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung ist der Resonator, in dem die elektromagnetischen Schwingungsmoden erzeugt werden, etwa durch die Veränderung seiner Länge verstimmbar ausgebildet. Dadurch ist das Verhältnis, in dem sich die einzelnen Schwingungsmoden im Resonator
20 zueinander ausbilden, variierbar.

Ein besonders einfacher und insbesondere im Zusammenwirken mit einer einfach-konischen oder bi-konischen Antenne vorteilhafter Resonator ist durch einen koaxialen Wellenleiter gegeben, der zur Erzeugung höherer elektromagnetischer Schwingungsmoden obermodig betreibbar ist.
25 Innen- bzw. Außenleiter eines koaxialen Wellenleiters lassen überdies sich problemlos mit den beiden Konen einer bi-konischen Antenne verbinden.

Zur Ausbildung wohldefinierter elektromagnetischer
30 Schwingungsmoden ist es notwendig, daß der koaxiale Wellen-

lenleiter an seinem dem Anschluß zur Antenne entgegengesetzten Ende einen Abschluß aufweist. Dieser Abschluß kann entweder in einem Kurzschluß bestehen, etwa in Form einer beide Leiter elektrisch verbindenden metallischen
5 Platte oder aber der Abschluß wird durch eine vollkommen reflexionsfreie Anordnung hergestellt.

Die Einkopplung des elektromagnetischen Feldes erfolgt vorteilhafterweise über wenigstens einen Kopplungsanschluß, der radialaußenseitig am koaxialen Wellenleiter
10 angeordnet ist. Auf die Weise wird eine zuverlässige Einkopplung der elektromagnetischen Moden in den Resonator erzielt. Besonders vorteilhaft ist die Anordnung mehrerer Kopplungsanschlüsse, die in Umfangsrichtung des koaxialen Wellenleiters mit gleichen Winkelabständen an-
15 geordnet sind. Bei dieser Anordnung lassen sich Strahlungscharakteristiken mit jeweils unterschiedlichen Hauptstrahlungsrichtungen in einfacher Weise ohne eine Veränderung der Resonatoranordnung dadurch erzielen, daß, je nach gewünschter Abstrahlrichtung, verschiedene Kopplungs-
20 anschlüsse angesprochen werden.

Alternativ zur lateralen Einkopplung der vorhergehenden Ansprüche des elektromagnetischen Feldes in den Resonator erfolgt die Einkopplung nach Anspruch 14 durch einen Kopplungsanschluß, der an dem zur Verbindung zur Antenne ent-
25 gegengesetzten Ende des Resonators angeordnet ist. Auf diese Weise wird eine axiale Einkopplung bewirkt.

Als zuverlässige und strahlungsarme Kopplungsanschlüsse bieten sich koaxiale Buchsen an.

Die Einkopplung des elektromagnetischen Feldes erfolgt
30 nach Anspruch 16 über kapazitive und/oder induktive Kopp-

lungselemente. Als kapazitive Kopplungselemente kommen dabei Koppelstifte oder Stichleitungen, als induktive Kopplungselemente Koppelschleifen oder Spulen in Frage. Besonders vorteilhaft sind diese Kopplungselemente als
5 Leiterbahnen auf einer Leiterplatte aufgeätzt oder in sonstiger Weise aufgebracht, wobei die Leiterplatte im Resonator in geeigneter Weise angeordnet ist.

Alternativ oder ergänzend zur Einkopplung der elektromagnetischen Welle in den Resonator mittels kapazitiver
10 und/oder induktiver Kopplungselemente erfolgt nach Patentanspruch 18 die Einkopplung des elektromagnetischen Feldes mittels eines oder mehrerer Hohlleiter, die an Koppelschlitzen und/oder Koppellöchern mit dem Resonator verbunden sind.

15 Zweckmäßigerweise sind die zur Einkopplung der elektromagnetischen Welle in den Resonator vorgesehenen Kopplungsanschlüsse mit einem Speisenetzwerk verbunden, mittels dessen auch die Ansteuerung der Amplituden und/oder Phasen der eingekoppelten Schwingungsmoden möglich ist. Dies ist
20 besonders vorteilhaft, da die Feldverteilung der durch die Überlagerung der Schwingungsmoden entstehenden Mischmode und damit die Richtcharakteristik der infolge der Anregung durch ein Feld dieser Mischmode von der Antenne abgestrahlten elektromagnetischen Welle besonders
25 empfindlich vom Amplituden- bzw. dem Phasenverhältnis der zugrundeliegenden Schwingungsmoden abhängig ist. Durch die separate Ansteuerbarkeit der Amplituden bzw. Phasen der eingekoppelten Stimmungsmoden steht somit eine große Variationsbreite einstellbarer Richtcharakteristiken zur
30 Verfügung.

Besonders vorteilhaft ist die Ausführungsform nach Anspruch 20. Dabei ist eine einfach-konische und/oder

bi-konische Antenne mit einem coaxialen Wellenleiter verbunden, der sowohl radialaußenseitig sowie an seinem dem Anschluß zur Antenne entgegengesetzten Ende Kopplungsanschlüsse zum Einkoppeln elektromagnetischer Schwingungsmoden aufweist. Die Kopplungsanschlüsse sind mit einem Speisenetzwerk verbunden, mittels dessen die eingekoppelten Schwingungsmoden jeweils unabhängig voneinander in Amplitude und/oder Phase variierbar sind. Vorzugsweise dient dabei ein dem Antennenanschluß entgegengesetzt angeordneter Kopplungsanschluß der Einkopplung einer TEM-Grundmode, die anderen Kopplungsanschlüsse der Einkopplung höherer, azimuthal-anisotroper Schwingungsmoden. Die Überlagerung der azimuthal-anisotropen Schwingungsmoden führt zu einer Richtcharakteristik des abgestrahlten elektromagnetischen Feldes, das eine oder mehrere wohldefinierte Hauptstrahlungsrichtungen aufweist. Insbesondere durch eine Veränderung der Phasenbeziehung zwischen den azimuthal-anisotropen Schwingungsmoden und der TEM-Grundmode ist die Hauptstrahlungsrichtung variabel einstellbar.

Die aus Antenne und Resonator bestehende Anordnung ist nicht zur Abstrahlung, sondern auch zum Empfang elektromagnetischer Wellen geeignet.

In einer vorteilhaften Weiterbildung steht der Resonator sowie die Antenne mit einer Steuerungselektronik in Wirkverbindung, mittels der eine Richtung maximaler azimuthaler Empfangsleistung bestimmbar und sodann durch eine geeignete Variation der Amplituden- und/oder Phasenverhältnisse und/oder der Richtung der azimuthalen Ankopplung der Schwingungsmoden die Hauptstrahlungsrichtung der Richtcharakteristik der maximalen Empfangsleistung ent-

sprechend einstellbar ist. Die Feststellung der Richtung maximaler Empfangsleistung kann dabei etwa derart erfolgen, daß in vorbestimmten zeitlichen Abständen die Hauptstrahlungsrichtung der Richtcharakteristik der Antenne variiert und die empfangenen Leistungen verschiedener amimutaler Richtungen verglichen werden. Dadurch, daß die Einstellung der Hauptstrahlungsrichtung lediglich durch elektronische Maßnahmen vorgenommen werden kann, ist eine sehr rasche Neueinstellung der Hauptstrahlungsrichtung möglich, die insbesondere beim Einsatz in mobilen oder teilmobilen Funkkommunikationseinrichtungen von Vorteil ist.

In einer abermals vorteilhaften Weiterbildung ist die Steuerungselektronik, mittels der die Richtung maximaler azimuthaler Empfangsleistung festgestellt wird, mit einer Anzeigevorrichtung wirkverbunden, mittels der die azimuthale Richtungsabhängigkeit der Empfangsleistung akustisch oder visuell darstellbar ist. Eine solche Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Funkortung.

In besonders vorteilhafter Weise eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung als Relaisstelle in einem Funkkommunikationsnetzwerk. Durch eine geeignete Einstellung verschiedener Hauptstrahlungsrichtungen der Richtcharakteristik gelingt der gleichzeitige Empfang von Signalen eines Senders als auch die Abstrahlung von Signalen an einem - vom Sender verschiedenen - Empfänger. Sender und Empfänger brauchen dabei keinesfalls ortsfest zu sein; die rasche elektronische Einstellbarkeit der Hauptstrahlungsrichtung der Relaisstelle ermöglicht vielmehr auch den Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem aus mobilen Einheiten bestehenden Funkkommunikationsnetzwerk.

In einer abermaligen Weiterbildung wird die erfindungsgemäße Vorrichtung in einem Diversitätssystem zum Empfang insbesondere schwacher oder stark gestörter Signale eingesetzt. Die Diversität besteht dabei zum einen in einer
5 räumlichen Trennung sowie in einer individuell veränderbaren Richtcharakteristik zweier Antennen. Die Korellation der beiden Empfangssignale hängt einerseits von der örtlichen Trennung als auch zusätzlich von der unterschiedlichen Richtcharakteristik ab. Durch geeignete
10 elektronische Kombination der Empfangssignale beider Antennen wird die Empfangsleistung der Anordnung insgesamt erhöht.

Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe gelingt auch in einem Funkkommunikationssystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 28.
15

Das Funkkommunikationssystem besteht aus wenigstens zwei Sende- und Empfangseinheiten, die jeweils einen mit wenigstens einem Kopplungsanschluß zum Einkoppeln eines elektromagnetischen Feldes versehenen Resonator aufweisen,
20 der mit einer Antenne in Wirkverbindung steht. Von der Antenne werden bei bestimmungsgemäßem Gebrauch elektromagnetische Wellen mit einer Richtcharakteristik ausgestrahlt, die der Feldabhängigkeit der im Resonator linear superponierten elektromagnetischen Schwingungsmoden
25 entspricht und die zugleich eine vorbestimmte Hauptstrahlungsrichtung aufweist. Eine Steuerelektronik richtet die Hauptstrahlungsrichtungen einer Sende- und Empfangseinheit auf die Hauptstrahlungsrichtung jeweils mit dieser in Funkverbindung stehenden Sende- und Empfangseinheiten
30 aus.

In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Funkkommunikationssystem wenigstens drei Sende- und Empfangseinheiten auf, von denen zumindest eine zugleich als Relaisstelle einsetzbar ist. Wegen der raschen elektronischen Einstellbarkeit der jeweiligen Hauptstrahlungsrichtungen eignet sich das Funkkommunikationssystem in besonders hohem Maße für den Einsatz bei der Funkkommunikation zwischen mobilen Teilnehmern untereinander oder zwischen ortsfesten Teilnehmern einerseits und mobilen Teilnehmern andererseits. So kann die Relaisstation beispielsweise in einem Fahrzeug oder in einem Hubschrauber angeordnet sein.

In einer besonders vorteilhaften Anwendung wird das Funkkommunikationssystem in einem mobilen Funkkommunikationsnetz, etwa einem mobilen Telefonnetz eingesetzt. Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Funkkommunikationssystems liegt dabei darin, daß durch die effiziente räumliche Bündelung mittels der elektronischen Einstellung der Hauptstrahlungsrichtungen der beteiligten Sende- und Empfangseinheiten sowohl die benötigte Sendeleistung verringert als auch die Abhörsicherheit verbessert ist.

Anhand der beigefügten Zeichnung soll die Erfindung nachstehend näher erläutert werden. In schematischen Ansichten zeigen:

25 Fig. 1 eine mit einem koaxialen Wellenleiter verbundene bi-konische Antenne,

Fig. 2 ein Mittellängsschnitt durch die Anordnung aus Fig. 1,

- Fig. 3 eine Prinzipskizze des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand von Feldlinienbildern und Richtcharakteristiken,
- 5 Fig. 4 eine bi-konische Antenne mit angeschlossenem koaxialen Wellenleiter in einer anderen Ausführungsform, und
- 10 Fig. 5 eine Prinzipskizze der Ermittlung einer Richtung maximaler Empfangsleistung bei der Funkkommunikation zwischen zwei Sende- und Empfangseinheiten,
- Fig. 6 eine Prinzipskizze der Funkkommunikation zwischen zwei Sende- und Empfangseinheiten unter Zwischenschaltung einer Relaisstelle,
- 15 Fig. 7 eine Prinzipskizze der Funkkommunikation zwischen einer Sende- und mehreren Empfangseinheiten und
- Fig. 8 eine Prinzipskizze zur Erläuterung des Einsatzes der erfindungsgemäßen Vorrichtungen in einem Orts-/Winkel-Diversitätssystem.
- 20 Bei der in Fig. 1 und 2 gezeigten Anordnung 1 ist eine bi-konische Antenne 2 auf einen koaxialen Wellenleiter 3 aufgesetzt. Die beiden Hälften 4, 5 der bi-konischen Antenne 2 sind, mit ihren konischen Aufweitungen einander-gegenüberliegend, radialsymmetrisch zueinander und zum
- 25 koaxialen Wellenleiter 3 angeordnet und mit dem koaxialen Wellenleiter 3 in der im folgenden beschriebenen Weise verbunden.

Die dem koaxialen Wellenleiter 3 unmittelbar benachbarte untere Hälfte 5 der bi-konischen Antenne 2 hat die ungefähre Form eines kreisförmigen Kegelstumpfs, dessen Höhe so gewählt ist, daß sein kleinster Radius etwa dem Radius des Außenleiters 7 des koaxialen Wellenleiters 3 entspricht. Die Fläche der unteren Hälfte 5 der bi-konischen Antenne 2 ist an dem Ende mit der kleinsten Radialerstreckung innen- seitig umbogen und geht in einen zylinderförmigen Innenabschnitt 8 über, dessen Radius dem des Außenleiters 7 entspricht, und ist mit diesem elektrisch verbunden. Die von dem koaxialen Wellenleiter 3 entferntere obere Hälfte 4 der bi-konischen Antenne 2 geht nach der Art eines Trichters in den rohrförmig ausgebildeten Innenleiter 6 des koaxialen Wellenleiters 3 über. An dem der bi-konischen Antenne 2 entgegengesetzten Ende des koaxialen Wellenleiters 3 mündet der Außenleiter 7 in eine elektrisch leitfähige, kreisförmige Abschlußplatte 9, die auch mit dem Innenleiter 6 elektrisch verbunden ist.

Der auf diese Weise zwischen dem Innenleiter 6 und dem Außenleiter 7 bestehende Kurzschluß ermöglicht die Ausbildung vorgegebener Schwingungsmoden im koaxialen Wellenleiter 3. Bei dieser Anordnung werden die im koaxialen Wellenleiter zwischen dem Innenleiter 6 und dem Außenleiter 7 in radialer Richtung schwingenden elektrischen Feldvektoren durch die konischen Aufweitungen der beiden Antennenhälften 4,5 in einen zum konischen Wellenleiter 3 achsenparallelen Schwingungsmodus überführt, ohne daß eine etwaig vorhandene azimutale Feldabhängigkeit dabei verloren geht. Somit weist die von der bi-konischen Antenne 2 abgestrahlte elektromagnetische Welle eine azimutale Abhängigkeit auf, die der azimutalen Richtungsabhängigkeit des elektrischen Feldes im koaxialen Wellenleiter 3 entspricht.

Zur Einkopplung elektromagnetischer Felder in den koaxialen Wellenleiter 3 sind radialaußenseitig am Außenleiter 7 - im Ausführungsbeispiel insgesamt acht - untereinander gleichartige Anschlußbuchsen 10 in jeweils gleichen
5 Winkelabständen angeordnet. Zwischen den Anschlußbuchsen 10 erstreckt sich radial durch den gesamten koaxialen Wellenleiter 3 hindurch eine - selbst nicht leitende - Leiterplatte 11, auf der - in der Zeichnung nicht gezeigte - kapazitive und/oder induktive Kopplungselemente in
10 Form von eingetätzten Leiterbahnen angeordnet sind.

Mittels der auf der Leiterplatte 11 angeordneten Kopplungselemente wird eine elektromagnetische Welle im koaxialen Wellenleiter 3 induziert. Der koaxiale Wellenleiter 3 wird dabei obermodig betrieben: Zusätzlich zur
15 TEM-Grundmode werden weitere, höhere elektromagnetische Schwingungszustände erzeugt. Die verschiedenen Schwingungsmoden des koaxialen Wellenleiters 3 führen zu entsprechenden Schwingungsmoden in der elektrisch mit diesen verbundenen bi-konischen Antenne 2 und führen
20 dort zur Abstrahlung entsprechender elektromagnetischer Wellen.

Anhand der Fig. 3 wird im folgenden am Beispiel der Überlagerung zweier elektromagnetischer Schwingungsmoden, der TEM-Grundmode und der TE_{11} -Mode erläutert, wie bei
25 einer Anordnung nach Fig. 1 oder 2 eine richtungsselektive Abstrahlung von der Antenne bewirkt wird.

Die elektrische Feldverteilung im koaxialen Wellenleiter 3 ist im Falle der TEM-Grundmode radialsymmetrisch. Die dieser Schwingungsform entsprechende azimuthale Strahlungs-
30 charakteristik 20 zeigt dementsprechend einen isotropen

Verlauf. Demgegenüber führt die Anregung einer TE_{11} -Mode zu einer anisotropen azimuthalen Abhängigkeit 21 im koaxialen Wellenleiter 3 sowie zu einer anisotropen azimuthalen Strahlungscharakteristik 22, die durch eine Achse maximaler radialer elektrischer Feldstärkenverteilung im koaxialen Wellenleiter 3 und eine Hauptstrahlungsrichtung in der Strahlungscharakteristik 22 - in diesem Beispiel entlang der Linie $90^\circ - 270^\circ$ - gekennzeichnet ist. Längs dieser Achse schwingen die elektrischen Feldvektoren im koaxialen Wellenleiter zu beiden Seiten des Innenleiters 6 dabei gegenphasig.

Bei der linearen Superposition einer TEM-Mode mit einer TE_{11} -Mode wird daher der mit der TEM-Mode gleichphasig schwingende Teil des elektrischen Feldes der TE_{11} -Mode im koaxialen Wellenleiter 3 verstärkt, der gegenphasige Teil dagegen abgeschwächt, wie die Feldverteilung 23 der TEM- TE_{11} -Mischmode zeigt. Die dieser Mischmode entsprechende Strahlungscharakteristik 24 weist eine einzelne Vorzugsrichtung maximaler Abstrahlung auf, im Beispiel in Richtung 270° .

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der Anordnung 1 wird auf diese Weise eine Abstrahlung in eine vorbestimmte Richtung erreicht. Durch eine gezielte Ansprache eines der Anschlüsse 10 kann die Richtung dabei in azimuthalen Winkeln, der Winkelabständen der einzelnen Anschlüsse 10 entspricht, variiert werden. Dabei führt jede Ansprache eines der Anschlüsse 10 zu einer gleichartigen Überlagerung der Schwingungsmoden - wie vorher beschrieben - jedoch mit einer jeweils anderen Vorzugsrichtung. Im Falle der acht Anschlüsse der Anordnung 1 lassen sich auf diese Weise acht unterschiedliche Vorzugsrichtungen in der Abstrahlung der elektromagnetischen Welle an der Antenne 2 erzielen.

Die in Fig. 4 gezeigte Anordnung 30 weist einen gegenüber der Anordnung 1 modifizierten Aufbau auf. Die bi-konische Antenne 2 und der koaxiale Wellenleiter 3 sind in gleicher Weise aufgebaut wie bei der Anordnung 1. Anstelle der acht lateralen Anschlüsse 10 weist die Anordnung 30 jedoch nur zwei radiale, im Winkel von 90° zueinander angeordnete Anschlüsse 31, 32, die radialaußenseitig am Außenleiter 7 angeordnet sind, sowie einen axialen Anschluß 33 an dem der Antenne gegenüberliegenden Ende des koaxialen Wellenleiters 3 auf. Die Anschlüsse 31, 32, 33 sind mit einem Speisenetzwerk 35 verbunden, das die zur Einkopplung vorbestimmter elektro-magnetischer Schwingungsmoden notwendige elektrische Energie liefert. Im Speisenetzwerk 35 sind Stellglieder 36, 37 für die Ansteuerung der Amplituden der an den lateralen Anschlüssen 31, 32 eingekoppelten elektromagnetischen Feldmoden sowie ein Stellglied 38 zur Variierbarkeit der Phase der über den axialen Anschluß 33 eingekoppelten Feldmoden integriert.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der Anordnung 30 werden über die lateralen Anschlüsse 31, 32 jeweils eine elektromagnetische Welle der Mode TE_{11} eingekoppelt. Die azimuthale Richtcharakteristik der zugehörigen Mischmode vom Typ TE_{11x}/TE_{11y} hat ungefähr die Form einer "Acht" und weist eine Vorzugsachse längs einer der Winkelhalbierenden zwischen den Anschlüssen 31 und 32 entsprechenden Linie auf, längs der maximale Abstrahlung besteht. Am axialen Anschluß 33 wird zusätzlich die TEM-Grundmode eingespeist, die mit den von den lateralen Anschlüssen 31, 32 eingekoppelten Feldmoden zu einer $TEM-TE_{11}/TE_{11x}/TE_{11y}$ -Mischmode überlagert ist. Bei gleichem Phasenverhältnis zwischen den TE_{11} -Feldmoden, die an den Anschlüssen

- sen 31, 32 eingekoppelt werden, und der TEM-Grundmode, die am Anschluß 33 eingekoppelt wird, weist diese Mischmode die gleiche Vorzugsachse maximaler Feldverteilung bzw. maximaler Abstrahlung wie die vorgenannte
- 5 TE_{11x}/TE_{11y} -Mode auf. Mittels des Phasenstellglieds 38 im Speisenetzwerk 35 ist das Phasenverhältnis an den Anschlüssen 31, 32 sowie am axialen Anschluß 33 gegeneinander verstellbar. Die Änderung dieses Phasenverhältnisses führt auch zu einer Änderung der Vorzugsachse
- 10 maximaler Feldverteilung bzw. maximaler Abstrahlung. Auf diese Weise wird bei der Anordnung 30 ein elektronisch gesteuertes Verschwenken der Hauptstrahlungsrichtung der von der Antenne 2 abgestrahlten elektromagnetischen Welle in eine beliebige azimutale Richtung bewirkt.
- 15 Die in Fig. 5 gezeigte Sende- und Empfangseinheit 40 besteht in der vorher beschriebenen Weise aus einer bikonischen Antenne 2 sowie einem mit dieser wirkverbundenen Resonator 3, an dem in Umfangsrichtung mehrere Kopplungsanschlüsse zum Einspeisen elektromagnetischer
- 20 Schwingungsmoden angeordnet sind. Die Sende- und Empfangseinheit 40 ist zusätzlich mit einer elektronischen Steuereinheit 41 versehen. Die - im Ausführungsbeispiel ortsfeste - Sende- und Empfangseinheit 40 steht mit einer mobilen Sende- und Empfangseinheit 43 in Funkverbindung.
- 25 Mit Hilfe der elektronischen Steuereinheit 41 erfolgt eine Anpassung der Richtcharakteristik der Antenne 2 der Sende- und Empfangseinheit 40 an die Richtung maximaler Empfangsleistung, im Ausführungsbeispiel an die Hauptstrahlungsrichtung 44 der mobilen Sende- und Empfangsein-
- 30 heit 43.

Hierzu wird die Hauptstrahlungsrichtung 46 der Richtcharakteristik der Antenne 2 der Sende- und Empfangseinheit 40 in vorbestimmten zeitlichen Abständen über den gesamten Azimutbereich von 360° verschwenkt, wie durch die Pfeile 47 angedeutet. Dies gelingt dadurch, daß entweder die Kopplungsanschlüsse 10 nacheinander in einer vorbestimmten Umlaufrichtung zur Einspeisung der Schwingungsmoden eingesetzt werden, oder durch eine geeignete Ansprache der Kopplungsanschlüsse 10, die zu einer Änderung der Amplituden- und/oder Phasenverhältnisse der in dem Resonator 3 eingekoppelten elektromagnetischen Schwingungsmoden führt. Die Empfangsleistung wird dabei in vorbestimmten azimutalen Winkelabständen gemessen und hieraus die azimutale Abhängigkeit der Empfangsleistung bestimmt, aus der wiederum die Richtung maximaler Empfangsleistung berechnet wird. Durch eine geeignete Einstellung der Amplituden- und/oder Phasenverhältnisse der in den Resonator 3 der Sende- und Empfangseinheit 40 eingekoppelten Schwingungsmoden, bzw. durch eine Änderung der Richtung der Einkopplung der Schwingungsmoden in den Resonator wird anschließend die Hauptstrahlungsrichtung 46 in Richtung der maximalen Empfangsleistung eingestellt.

Mit diesem Verfahren kann die Hauptstrahlungsrichtung 46 problemlos der Hauptstrahlungsrichtung 44 einer sich bewegenden Sende- und Empfangseinheit 43 nachgeführt und somit ein gleichbleibend guter Empfang gewährleistet werden.

Die Steuerungselektronik 41 ist im Ausführungsbeispiel mit einer Anzeigeelektronik 49 zur akustischen oder optischen Darstellung der azimutalen Abhängigkeit der Empfangsleistung verbunden. Damit eignet sich die Sende- und Empfangseinrichtung 40 insbesondere zur Funkortung.

Fig. 7 zeigt den Einsatz der Sende- und Empfangseinheit 40 in einer sogenannten "Point-to-Multipoint"-Verbindung, bei der die Sende- und Empfangseinheit 40 zugleich mit mehreren Sende- und Empfangseinheiten 43 in Funkverbindung tritt. Hierzu müssen lediglich solche Schwingungsmoden zum Einkoppeln in den Resonator gewählt werden, deren lineare Superposition zu einer Richtcharakteristik mit drei Hauptstrahlungsrichtungen führt.

Im Mobilfunk-Bereich werden nach dem Stande der Technik oftmals Sektor-Basisstations-Antennen verwendet, um den Funkversorgungsbereich gezielter definieren zu können. Die nach dem Stande der Technik gewählten Sektoren 53, 53', 53'', 53''' sind vorbestimmt durch die Basisstations-Antennenkonfiguration und können nicht schnell und beliebig verändert werden. Nach der Erfindung wird jedoch ein Funksektor durch jeweils eine vorbestimmte Hauptstrahlungsrichtung 54, 54', 54'' definiert. Diese Hauptstrahlungsrichtungen 54, 54', 54'' können beliebig über den gesamten Azimutbereich verändert und so an das aktuelle Funkverkehrsaufkommen und deren räumliche Verteilung optimal adaptiert werden.

In Fig. 8 ist schließlich der Einsatz zweier bi-konischen Antennen zur Realisierung eines kombinierten Orts-/Winkel-Diversitätssystems gezeigt.

Die beiden Sende- und Empfangseinheiten 40, 40' sind beabstandet voneinander angeordnet und stehen mit einer elektronischen Steuerung 54 in Wirkverbindung. Mittels der elektronischen Steuerung 54 sind die beiden Sende- und Empfangseinheiten unabhängig voneinander steuerbar.

Die Sende- und Empfangseinheiten 40, 40' werden von der elektronischen Steuerung derart angesteuert, daß sich an beiden Sende- und Empfangseinheiten 40, 40' jeweils unterschiedliche Richtcharakteristika 56, 56' ausbilden.

5 Im Ausführungsbeispiel weisen beide Richtcharakteristika 56, 56' jeweils zwei gleiche Hauptstrahlungsrichtungen 57, 57' auf. Dabei ist jedoch die Richtcharakteristik 56 in der Hauptstrahlungsrichtung 57' stärker ausgebildet als in der Hauptstrahlungsrichtung 57 wohingegen die
10 Richtcharakteristik 56' in der Hauptstrahlungsrichtung 57 stärker ausgebildet ist als in der Hauptstrahlungsrichtung 57'. Die Empfangssignale beider Sende- und Empfangseinheiten 40, 40' werden von der elektronischen Steuerung 54 erfaßt und miteinander korreliert. Sowohl
15 die räumliche Trennung der Sende- und Empfangseinheit 40 als auch die jeweils unterschiedliche Richtcharakteristik führt zu unterschiedlichen Empfangssignalen, deren Korrelation insbesondere bei schwachen Signalen zu einem wesentlich verbesserten Empfang führen.

20 Anstelle der in Fig. 8 gezeigten zwei Sende- und Empfangseinheiten 40 kann eine einzige bi-konische Antenne 2 verwendet werden, um eine Winkeldiversität über alle Azimutrichtungen zu erzielen, indem zwei Empfangskanäle mit jeweils unterschiedlichen Antennen Richtcharakteri-
25 stika realisiert werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum richtungsselektiven Abstrahlen elektromagnetischer Wellen, insbesondere für den Einsatz in der Funkkommunikation, bei dem

- in einen obermodig betreibbaren Resonator (3) wenigstens zwei
5 Schwingungsmoden eines elektromagnetischen Feldes, die vorbestimmte Eigenmoden des Resonators (3) sind, in vorbestimmter Amplituden- und Phasenlage eingekoppelt und zu einem Erregerfeld einer gemischten Mode linear superponiert werden,
- mit dem Erregerfeld eine mit dem Resonator wirkverbundene Antenne (2) angeregt wird und von dieser elektromagnetische Wellen
10 mit einer der Feldabhängigkeit der superponierten Schwingungsmoden entsprechenden Richtcharakteristik (24,56,56') abgestrahlt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch
15 eine Veränderung der Resonatorlänge und/oder durch eine Ansteuerung der Amplituden- und/oder der Phasenverhältnisse der Schwingungsmoden zueinander eine vorbestimmte Richtcharakteristik (24,56,56') der abgestrahlten elektromagnetischen Wellen bewirkt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsmoden aus einer vorbestimmten, jedoch veränderbaren azimutalen Richtung in den Resonator (3) eingekoppelt werden.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Resonator (3) neben einer TEM-Grundmode wenigstens eine höhere Schwingungsmode erzeugt und diese mit der TEM-Grundmode überlagert wird/werden.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß an der Antenne (2) eine Richtcharakteristik (56,56') mit wenigstens zwei Hauptstrahlungsrichtungen (57,57') erzeugt wird.
- 15 6. Verfahren zum richtungsselektiven Empfangen elektromagnetischer Wellen, insbesondere für den Einsatz in der Funkkommunikation, bei dem
- in einen obermodig betreibbaren Resonator (3) wenigstens zwei Schwingungsmoden eines elektromagnetischen Feldes, die vorbestimmte Eigenmoden des Resonators (3) sind, in vorbestimmter Amplituden- und Phasenlage eingekoppelt und zu einem Erregerfeld
 - 20 einer gemischten Mode linear superponiert werden,
 - mit dem Erregerfeld eine mit dem Resonator wirkverbundene Empfangsantenne (2) mit einer der Feldabhängigkeit der superponierten Schwingungsmoden entsprechenden Richtcharakteristik (24,56,56') angeregt wird,
 - 25 - in vorbestimmten Zeitabständen durch Variation der Amplituden und/oder der Phasenverhältnisse und/oder der Richtung der azimutalen Einkopplung der Schwingungsmoden eine Hauptstrahlungsrichtung (46,54,54',54'',57,57') der Richtcharakteristik (56,56') der Empfangsantenne verändert wird,

- aus der azimuthalen Abhängigkeit der Empfangsleistung die Richtung maximaler Empfangsleistung bestimmt wird,
- durch Variation der Amplituden und/oder der Phasenverhältnisse und/oder der Richtung der azimuthalen Einkopplung der Schwingungsmoden die Hauptstrahlungsrichtung (46,54,54', 54",57,57') der Richtcharakteristik (56,56') entsprechend der Richtung maximaler Empfangsleistung eingestellt wird.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem
10 ein mit wenigstens einem Kopplungsanschluß (10,31,32,33) zum Einkoppeln eines elektromagnetischen Feldes versehener obermodig betreibbarer Resonator (3) mit einer Antenne (2) in Wirkverbindung steht, von der aus bei bestimmungsgemäßem Gebrauch eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen mit einer Richtcharakteristik (24,56,56') entsprechend der Feldabhängigkeit von im Resonator (3) linear superponierten elektromagnetischer Schwingungsmoden erfolgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Antenne (2) eine einfach konische oder eine bi-konische Antenne
20 vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator (3) zur Erzielung eines vorgegebenen Schwingungsmodenverhältnisses verstimmbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Resonator (3) ein obermodig betreibbarer
25 koaxialer Wellenleiter vorgesehen ist.

- 5 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der koaxiale Wellenleiter (3) an seinem der Wirkverbindung zur Antenne (2) entgegengesetzten Ende kurzgeschlossen oder reflexionsfrei abgeschlossen ist.
- 10 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Kopplungsanschluß (10,31,32) radial außenseitig am koaxialen Wellenleiter (3) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Kopplungsanschlüsse (10,31,32) mit in Umfangs-
15 richtung gleichen Abständen am koaxialen Wellenleiter (3) angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Kopplungsanschluß (33) an dem der Wirkverbindung zur Antenne (2) entgegengesetzten Ende des
20 Resonators (3) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß als Kopplungsanschluß (10,31,32,33) eine koaxiale Buchse vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einkopplung des elektromagnetischen Feldes in den Resonator (3) mittels eines kapazitiven und/oder induktiven Kopplungselements erfolgt, das mit dem Kopplungs-
25 schluß (10,31,32,33) wirkverbunden ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß
30 das Kopplungselement als Leiterbahn auf einer im Resonator (3) angeordneten Leiterplatte (11) ausgebildet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß als wenigstens ein Kopplungsanschluß (10,31,32,33) ein Hohlleiter vorgesehen ist, der an Koppelschlitten und/oder Koppellöchern mit dem Resonator (3) verbunden ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopplungsanschluß/die Kopplungsanschlüsse (10,31,32,33) mit einem Speisenetzwerk (35) wirkverbunden sind, mittels dessen die Amplituden und/oder die Phasen der eingekoppelten Schwingungsmoden separat ansteuerbar sind.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 19, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- an einem koaxialen Wellenleiter (3) sind radial außenseitig sowie an seinem dem Anschluß an eine Antenne entgegengesetzten Ende Kopplungsanschlüsse (31,32,33) zum Einkoppeln elektromagnetischer Schwingungsmoden angeordnet,
- die Kopplungsanschlüsse sind mit einem Speisenetzwerk (35) mit integrierten Stellgliedern (36,37,38) verbunden, mittels derer die eingekoppelten Schwingungsmoden jeweils unabhängig voneinander in Amplitude und/oder Phase variierbar sind,
- als Antenne (2) dient eine mit dem koaxialen Wellenleiter (3) verbundene einfach-konische und/oder bi-konische Antenne, die bei bestimmungsgemäßem Gebrauch durch die Schwingungsmoden zur Abstrahlung einer elektromagnetischen Welle mit einer diesen entsprechenden Richtcharakteristik (24) angeregt wird.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Antenne (2) als Empfangsantenne betreibbar ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch eine mit dem Resonator (3) sowie mit der Empfangsantenne (2) wirkverbundenen Steuerungselektronik (41), mittels der die Richtung maximaler Empfangsleistung bestimmbar und durch Variation der Amplituden- und/oder Phasenverhältnisse und/oder der Richtung der azimuthalen Einkopplung der Schwingungsmoden die Hauptstrahlungsrichtung (46,54,54',54'',57,57') der Richtcharakteristik (56,56') entsprechend einer Richtung maximaler azimuthaler Empfangsleistung einstellbar ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungselektronik (41) mit einer elektronischen Anzeigevorrichtung (49) wirkverbunden ist, mittels der die azimuthale Richtungsabhängigkeit der Empfangsleistung akustisch oder visuell darstellbar ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Antenne (2) mit einer mehrere Hauptstrahlungsrichtungen aufweisende Richtcharakteristik betreibbar und zum Einsatz als Relaisstelle in einem Funkkommunikationsnetzwerk (50) als Sende- und als Empfangsantenne einsetzbar ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei mit jeweils unterschiedlichen Richtcharakteristiken (56,56') betreibbare Antennen mit einer zentralen elektronischen Ansteuereinheit (54) wirkverbunden und zu einem Diversitätssystem gekoppelt sind.

26. Funkkommunikationssystem mit wenigstens zwei Sende- und Empfangseinheiten, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- die Sende- und Empfangseinheiten (40,40',40'') weisen jeweils einen mit wenigstens einem Kopplungsanschluß (10,31,32,33) zum Einkoppeln eines elektromagnetischen Feldes versehenen obermodig betreibbaren Resonator (3) auf, der mit einer Antenne (2) in Wirkverbindung steht, von der aus bei bestimmungsgemäßem Gebrauch eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen mit einer Richtcharakteristik (24,56,56') entsprechend der Feldabhängigkeit von im Resonator (3) linear superponierten elektromagnetischer Schwingungsmoden erfolgt, wobei die Richtcharakteristik (24,56,56') wenigstens eine vorbestimmte Hauptstrahlungsrichtung (46,54,54',54'',57,57') aufweist,
- mit dem Resonator (3) sowie mit der Antenne (2) einer jeden Sende- und Empfangseinheit (40,40',40'') ist eine Steuerelektronik (41) wirkverbunden, mittels der durch Variation der Amplituden- und/oder der Phasenverhältnisse und/oder der Richtung der azimuthalen Einkopplung der Schwingungsmoden die Hauptstrahlungsrichtung (46,54,54',54'',57,57') der jeweiligen Antenne (2) in Richtung maximaler Empfangsleistung in bezug auf die Signale wenigstens einer anderen Sende- und Empfangseinheit (40,40',40'') ausrichtbar ist.

27. Funkkommunikationssystem nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch wenigstens drei Sende- und Empfangseinheiten (40,40',40''), von denen zumindest eine zugleich als Relaisstelle (40') für eine Funkverbindung zwischen jeweils zwei anderen Sende- und Empfangseinheiten (40,40'') einsetzbar ist.

28. Funkkommunikationssystem nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet durch die Verwendung des Systems in einem mobilen Funkkommunikationsnetz (50), etwa einem mobilen Telefonnetz.

1 / 4

FIG.1

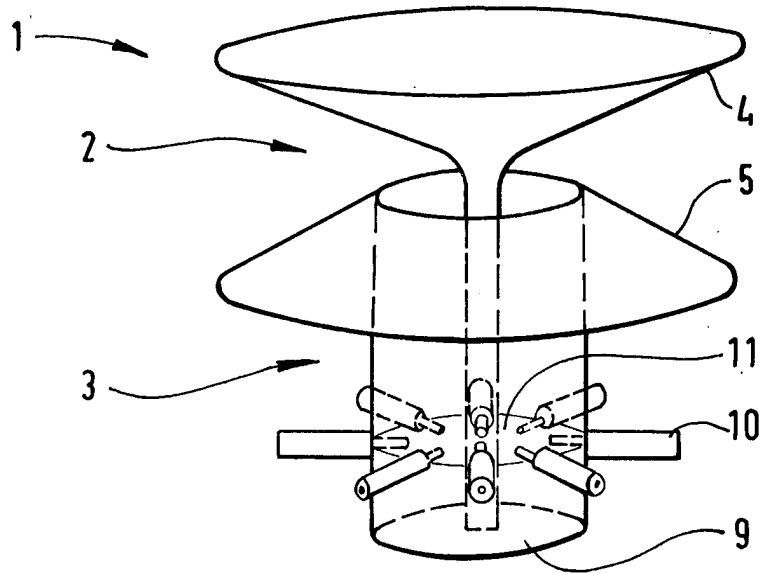
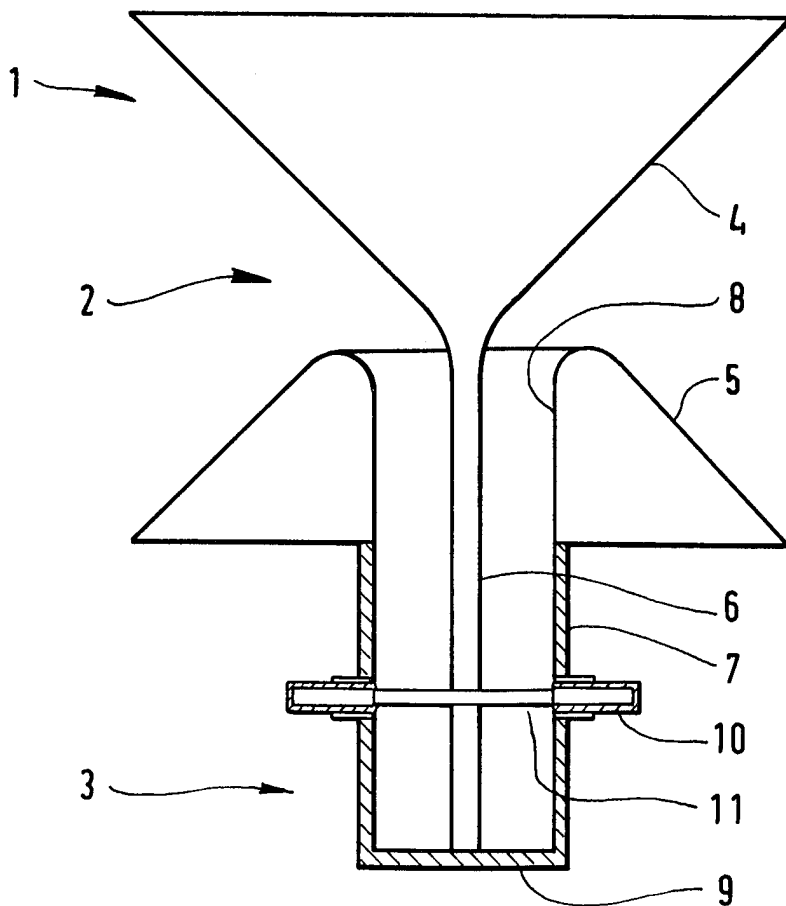


FIG.2



2 / 4

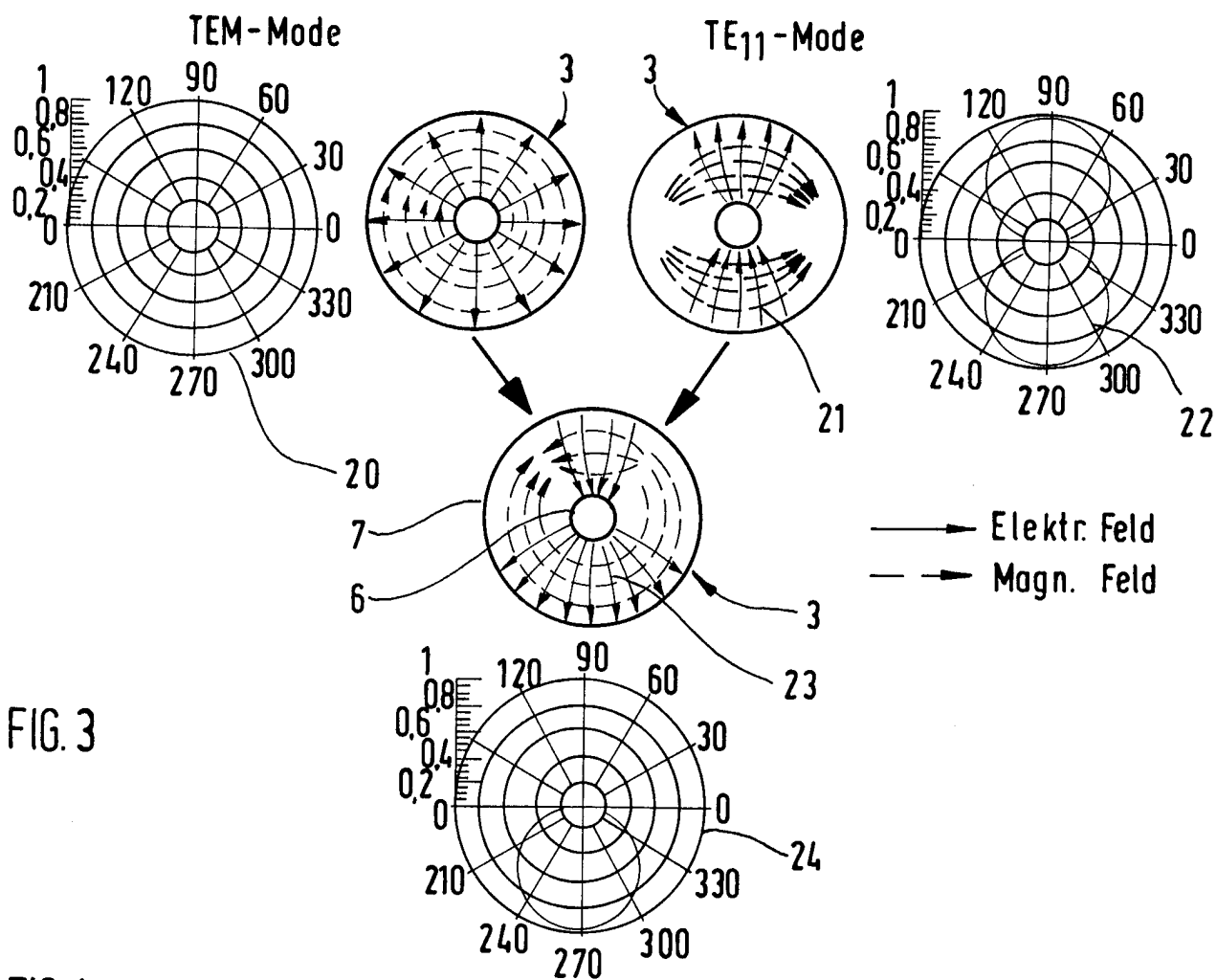
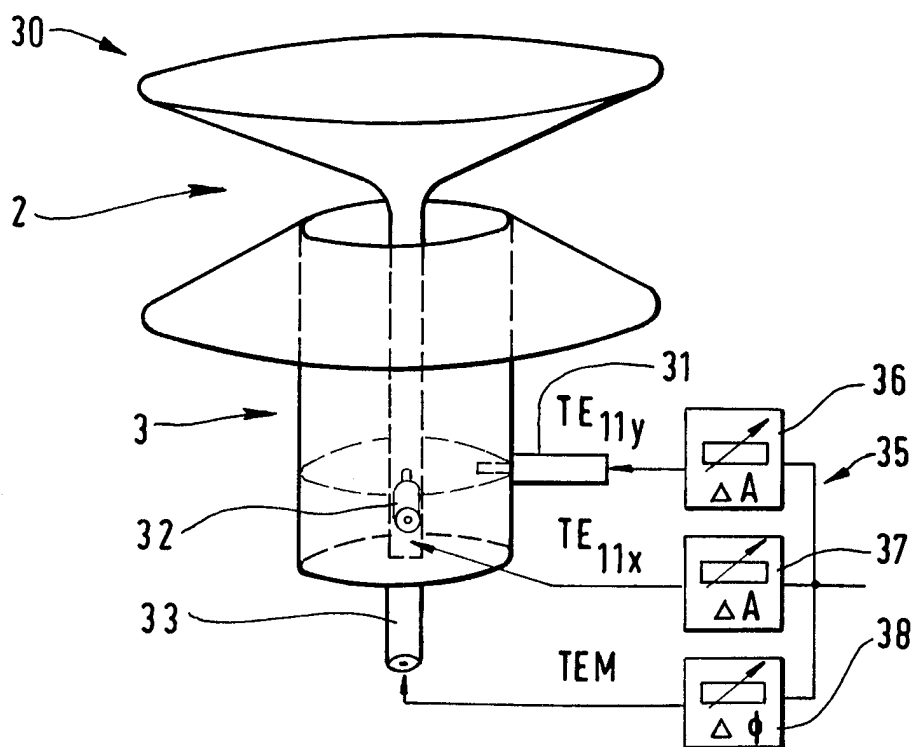


FIG. 4



3 / 4

FIG. 5

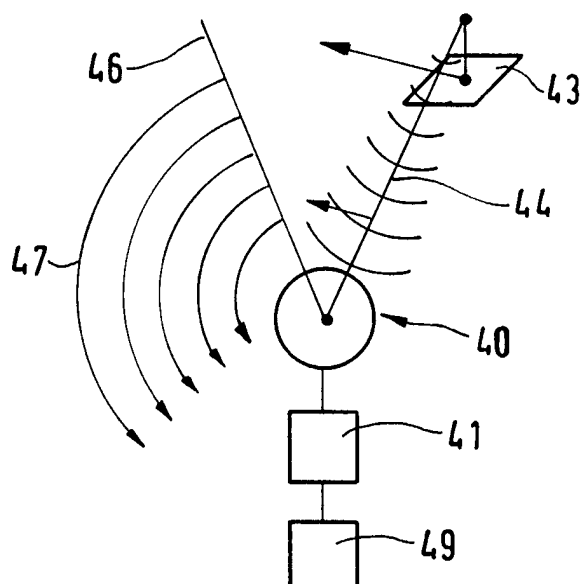
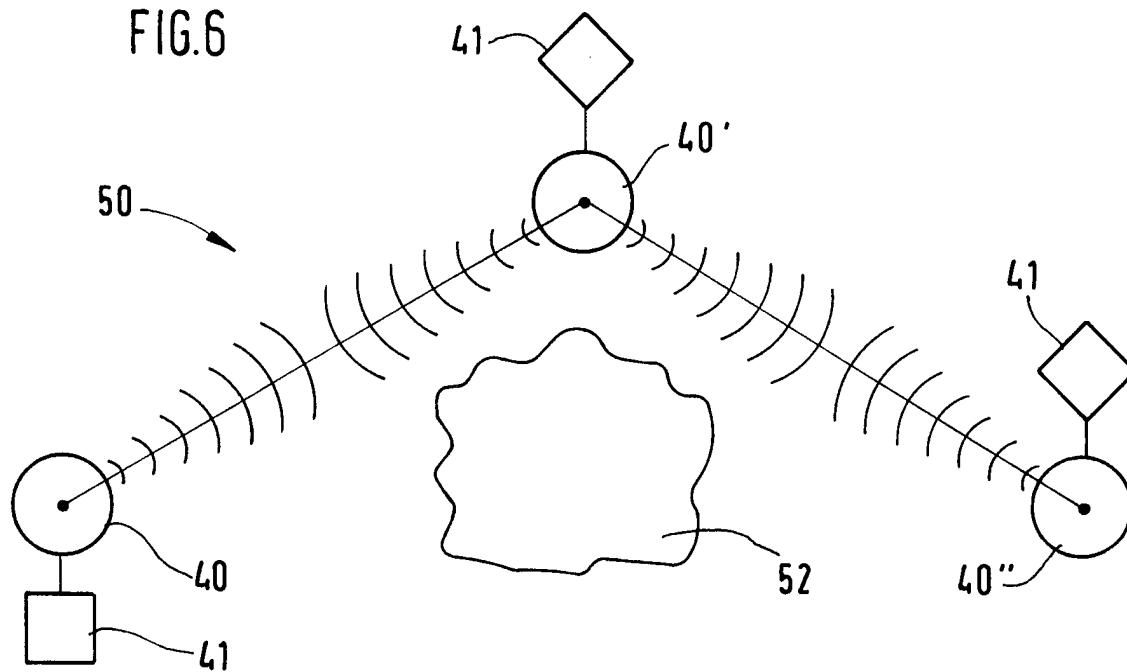


FIG. 6



4 / 4

FIG. 7

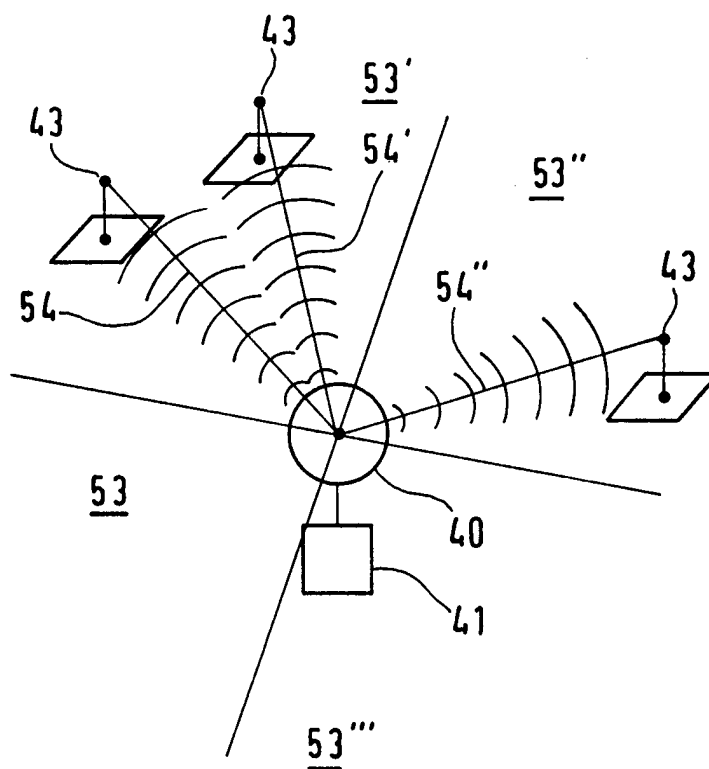
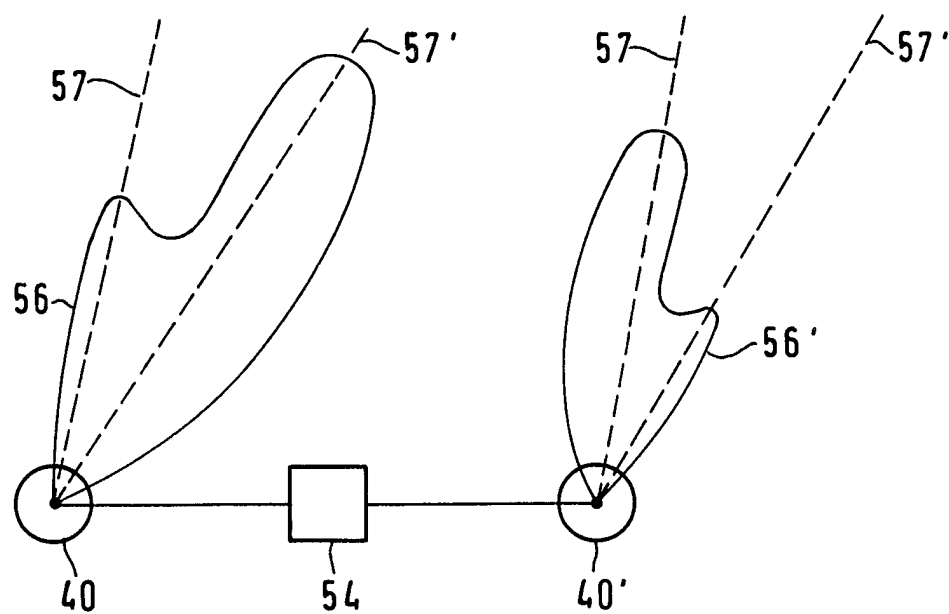


FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/02914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01Q13/04 H01Q25/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 005 379 A (LERNER) 25 January 1977 see abstract; figure 2 see column 2, line 22 - line 45 see column 2, line 64 - column 3, line 7 ---	2,6
A	GB 889 611 A (ANTENNA SYSTEMS, INC.) 21 February 1962 see claim 1; figures 1-3 ---	20
A	US 2 954 558 A (HONEY ET AL.) 27 September 1960 see figure 2 see column 2, line 4 - line 24 ---	23
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 April 1998

Date of mailing of the international search report

17.04.98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Danielidis, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/DE 97/02914

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 1 189 463 A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 29 April 1970 see figures 1,4,5 see page 5, line 7 - line 18 see page 5, line 29 - line 43 -----	26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/02914

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4005379 A	25-01-77	NONE	
GB 889611 A		NONE	
US 2954558 A	27-09-60	NONE	
GB 1189463 A	29-04-70	DE 1591162 A FR 1530292 A US 3453621 A	16-03-72 24-10-68 01-07-69

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 97/02914

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01Q13/04 H01Q25/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 005 379 A (LERNER) 25. Januar 1977 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 siehe Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 45 siehe Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 7 ---	2,6
A	GB 889 611 A (ANTENNA SYSTEMS, INC.) 21. Februar 1962 siehe Anspruch 1; Abbildungen 1-3 ---	20
A	US 2 954 558 A (HONEY ET AL.) 27. September 1960 siehe Abbildung 2 siehe Spalte 2, Zeile 4 - Zeile 24 ---	23
	--- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. April 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17.04.98

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Danielidis, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/DE 97/02914

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 1 189 463 A (HUGHES AIRCRAFT COMPANY) 29.April 1970 siehe Abbildungen 1,4,5 siehe Seite 5, Zeile 7 - Zeile 18 siehe Seite 5, Zeile 29 - Zeile 43 -----	26

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 97/02914

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4005379 A	25-01-77	KEINE	
GB 889611 A		KEINE	
US 2954558 A	27-09-60	KEINE	
GB 1189463 A	29-04-70	DE 1591162 A	16-03-72
		FR 1530292 A	24-10-68
		US 3453621 A	01-07-69