



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 43 18 869 C 2

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 Q 1/32  
H 01 Q 3/24  
H 01 Q 3/26  
H 01 Q 21/29  
H 01 Q 9/30  
H 01 Q 1/40  
H 04 B 7/04  
B 60 J 1/20

21 Aktenzeichen: P 43 18 869.9-35  
22 Anmeldetag: 7. 6. 93  
43 Offenlegungstag: 8. 12. 94  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 16. 1. 97

DE 43 18 869 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 82152 Planegg, DE

72 Erfinder:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 82152 Planegg, DE; Hopf, Jochen, Dr.-Ing., 85540 Haar, DE; Reiter, Leopold, Dr.-Ing., 82205 Gilching, DE; Kronberger, Rainer, Dipl.-Ing., 85521 Ottobrunn, DE

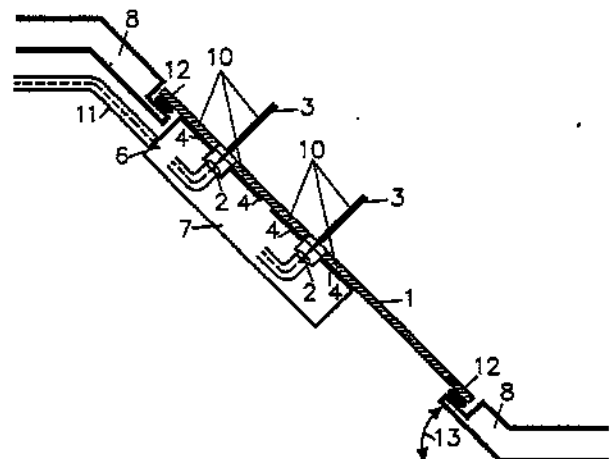
66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 14 424 A1  
GB 21 72 148 A  
US 49 92 800  
US 47 64 773

54 Funkantennen-Anordnung auf der Fensterscheibe eines Kraftfahrzeugs und Verfahren zur Ermittlung ihrer Beschaltung

57 Funkantennen-Anordnung für Funkverbindungen mit terrestrischen Funkstellen für Dezimeter- und/oder Zentimeterwellen, mit einem auf einer geneigten Fensterscheibe in einer elektrisch leitenden Fahrzeugkarosserie angebrachten Strahler, der aus einem auf der Außenseite der Fensterscheibe (1) angebrachten, von dieser abragenden Antennenelement (3) und einem auf der Fensterscheibe angebrachten Antennengegengewicht (4) besteht, und mit einer Strahleranschlußstelle (2), dadurch gekennzeichnet,  
— daß mindestens ein weiterer ebenfalls aus einem auf der Außenseite der Fensterscheibe (1) und von dieser abragend angebrachten Antennenelement (3) und einem auf der Fensterscheibe (1) angebrachten Antennengegengewicht (4) bestehender Strahler (10) vorhanden ist,  
— daß eine hinsichtlich des gewünschten Strahlungsdiagramms nicht vernachlässigbare Strahlungsverkopplung der Strahler mit benachbarten Teilen der leitenden Fahrzeugkarosserie gegeben ist, so daß diese Teile als Teil der Antennenanordnung wirksam wird,  
— daß jeder weitere Strahler (10) entweder eine Strahleranschlußstelle (2) aufweist (primärer Strahler) oder aber nur durch Strahlungsverkopplung mit mindestens einem eine Strahleranschlußstelle (2) aufweisenden Strahler (10) verkopplett ist (sekundärer Strahler),  
— daß die Gesamtheit der Strahler (10) eine Gruppenantenne bildet, deren primärer Strahler bzw. deren primäre Strahler mit einer Antennenanschlußstelle (6) in Verbindung stehen,  
— daß, wenn die Gruppenantenne mehr als einen primären Strahler enthält, ein Netzwerk (7) vorhanden ist, das die Antennenanschlußstelle (6) und die vorhandenen Strahleranschlußstellen (2) enthält und die Antennenanschlußstelle (6) mit der bzw. den Strahleranschlußstellen (2) verbindet,  
— daß das Netzwerk (7) so gestaltet ist und/oder in die Antennenelemente Blindwiderstände (14) derart eingefügt sind, daß bei vorgegebener Positionierung der Strahler auf der Fensterscheibe (1) spezifische Stromverteilungen nach

Betrag und Phase auf den Antennenelementen (3) erzeugt werden, so daß unter Einbeziehung der Strahlungsverkopplung mit der Fahrzeugkarosserie im Mittel eine erhöhte Bündelung der Strahlung in vertikaler Richtung zugunsten kleiner Elevationswinkel sich ergibt und dabei möglichst geringe Einzüge des horizontalen Strahlungsdiagramms auftreten.



DE 43 18 869 C 2

Die Erfindung betrifft eine Funkantennen-Anordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Ermittlung ihrer Beschaltung. Eine derartige Funkantennen-Anordnung kann vorteilhaft eingesetzt werden, z. B. für die Funksysteme der Mobilkommunikation (Autotelefon im C-, D- oder E-Netz oder für Bündelfunksysteme).

Funkantennen-Anordnungen dieser Art sind bekannt aus GB 21 72 148 A sowie aus US-PS 49 92 800 und US-PS 47 64 773.

Wenn kein Montageloch in der Fahrzeugkarosserie angebracht werden soll, wird häufig eine stabförmige Antenne im oberen Bereich der Fahrzeugheckscheibe aufgebracht, wobei das Antennenelement dann außen auf die Glasscheibe befestigt wird und das Antennengewicht ebenfalls z. B. auf der Fensterscheibe angebracht ist, oder z. B. durch das koaxiale Speisekabel gebildet ist, das vollständig im Fahrzeuginneren verlegt werden kann und die kapazitive Einkopplung der Antennensignale durch die Scheibe hindurch erfolgen kann.

Nachteilig bei einer derartigen Antenne nach dem Stand der Technik ist, daß infolge der Neigung der Heckscheibe der Fußpunkt des Antennenelements deutlich unterhalb der Dachkante des Fahrzeugs angeordnet ist. Dies hat zur Folge, daß das Antennenelement zumindest im unteren Bereich zwangsweise durch die Karosserie in Richtung nach vorne abgeschattet ist. Außerdem ergibt sich aufgrund der Nähe der leitenden Karosserieteile immer eine starke Strahlungsverkopplung mit der Karosserie, die auf dieser starke Ströme hervorruft, welche ihrerseits eine Abstrahlung bewirken, so daß das Richtdiagramm stark beeinflußt wird.

Die für Kraftfahrzeugfunkantennen angestrebte Charakteristik der Horizontaldiagramme mit einer möglichst gleichmäßigen Abstrahlung in alle Raumrichtungen wird in der Praxis deshalb nur durch rotationssymmetrische Antennenelemente in der Mitte des Daches angenähert erreicht. Mit außermittig angebrachten Antennen oder mit den auf die Fahrzeugscheibe aufgeklebten Antennen ergeben sich durch die Strahlungsverkopplung mit der Fahrzeugkarosserie unerwünschte und teilweise nicht mehr tolerierbare Verformungen des Horizontaldiagramms, das sind insbesondere Strahlungskompensation, welche starke Einzüge im Horizontaldiagramm bewirken. Hierbei wird in der Regel speziell die Abstrahlung im Raumwinkelbereich nach vorne unzulässig reduziert. Außerdem tritt mit höher werdender Frequenz eine ausgeprägte Aufzipfelung des Diagramms ein. Dies führt insbesondere in den Minima der Horizontalstrahlung bei vorgegebener Strahlungsleistung im Sendebetrieb häufig zu unerwünscht kleinen Strahlungsdichten am Empfangsort, d. h. zu unerwünscht großer Funkfelddämpfung.

Für die Praxis ist bei Funkantennen wichtig, daß bei vorgegebener Senderleistung in keiner Horizontalrichtung die Strahlungsdichte unter einen minimal geforderten Wert absinkt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Funkantennen-Anordnung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 anzugeben, bei der trotz vorhandener Strahlungsverkopplung mit der Fahrzeugkarosserie die im Horizontaldiagramm geringste auftretende Flachstrahlungsdichte möglichst groß ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Funkantennen-Anordnung durch die kennzeichnenden

Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere in der Möglichkeit, ohne Funktionseinbußen kurze und optisch unscheinbare Antennen zu ermöglichen, also bei einer hohen Leistungsfähigkeit des Antennensystems eine optisch und unter fahrzeugspezifischen Aspekten äußerst attraktive Lösung realisieren zu können.

Die Verwendung mehrerer Antennenelemente erlaubt bei vorgegebener geeigneter Positionierung auf der Fensterscheibe eines bestimmten Kraftfahrzeugs eine hierfür spezifische Erzeugung von Stromverteilungen auf den Antennenelementen der Strahlergruppe nach Betrag und Phase derart, daß unter Einbeziehung der Strahlungsverkopplung mit dieser Fahrzeugkarosserie

- im Mittel eine erhöhte Bündelung der Strahlung in vertikaler Richtung zugunsten kleiner Elevationswinkel entsteht und
- dabei möglichst geringe Einzüge des horizontalen Strahlungsdiagramms auftreten,

wodurch bewirkt wird, daß die geringste, im gesamten Horizontalbereich auftretende Flachstrahlungsdichte so groß wie möglich ist.

Durch die nach der Erfindung getroffenen Maßnahmen wird die an sich unerwünschte Abstrahlung der durch Strahlungskopplung angeregten Fahrzeugkarosserie nicht unterbunden. Durch geeignete Stromverteilungen auf den Antennenelementen der Strahlergruppe nach Betrag und Phase wird vielmehr durch die Vielzahl der Strahler ein Wellenfeld überlagert, welches in der Summe Strahlungseigenschaften gemäß der Aufgabe der Erfindung ergibt. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Fig. 1 bis 10 dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigt

Fig. 1 erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit zwei übereinander angeordneten stabförmigen Antennenelementen und mit einem Netzwerk mit Antennenanschlußstelle,

Fig. 2a erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit zwei übereinander angeordneten stabförmigen Antennenelementen und mit einem Streifenleitungs-Netzwerk,

Fig. 2b Beispiel eines Streifenleitungs-Netzwerks mit einer retardierten und in der Amplitude reduzierten Speisung des oberen Antennenelements. Das Streifenleitungs-Netzwerk dient gleichzeitig als Antennengewicht,

Fig. 3 erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit zwei übereinander angeordneten und durch eine Verlängerungsspule und eine Dachkapazität elektrisch verlängerten Antennenelementen,

Fig. 4 erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit drei Antennenelementen und mit radial und ringförmig angebrachten drahtförmigen Leitern zur Vergrößerung der Massefläche,

Fig. 5a erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit für die Funkfrequenz niederohmiger Ankopplung einer weiteren Antenne und für die Funkfrequenz niederohmiger Ankopplung der Heizleiter, die ihrerseits miteinander über weitere senkrechte Leiter galvanisch verbunden sind,

Fig. 5b Detailzeichnung einer für die Funkfrequenz niederohmigen Ankopplung einer weiteren Antenne und eines Heizleiters nach Fig. 5a,

Fig. 6a erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit zwei übereinander angeordneten Antennenelementen,

Fig. 6b erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit Antennenelementen, die horizontal gegeneinander versetzt sind,

Fig. 7a erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit drei Antennenelementen, die in einem auf der Basis stehenden Dreieck angeordnet sind,

Fig. 7b erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit drei Antennenelementen, die in einem auf der Spitze stehenden Dreieck angeordnet sind,

Fig. 8 erfindungsgemäße Funkantennen-Anordnung mit mehr als drei Antennenelementen,

Fig. 9 erfindungsgemäßes Antennenelement mit zwei Anschlußsternen,

Fig. 10a bis c horizontale Richtdiagramme der Einzelstrahler nach Fig. 7b (Antenne 1 oben links; Antenne 2 oben rechts; Antenne 3 unten mittig),

Fig. 10d horizontales Richtdiagramm der erfindungsgemäßen Funkantennen-Anordnung nach Fig. 7b.

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer erfindungsgemäßen Funkantennen-Anordnung, die als Gruppenantenne mit zwei Antennenelementen 3 auf einer Fensterscheibe 1 eines Kraftfahrzeugs, in der Regel ist dies eine Heckscheibe, ausgebildet ist. Die beiden stabförmigen Antennenelemente 3 sind außen angebracht, z. B. in herkömmlicher Technik aufgeklebt. Besonders gute Strahlungseigenschaften im Sinne der Lösung der Aufgabe der Erfindung werden bei solchen Fahrzeugen erreicht, wenn der Neigungswinkel 13 der Fensterscheibe gegenüber der Horizontalen nicht größer ist als 60 Grad.

Im Beispiel der Fig. 1 sind die Antennenelemente 3 übereinander angeordnet. Insbesondere bei symmetrischen Fahrzeugformen ist häufig der Anbringungsort auf der Symmetrieachse des Fahrzeugs in Längsrichtung vorteilhaft. Als Antennengegewicht 4 sind auf der Fensterfläche leitende Flächen um die Antennenelemente 3 aufgebracht. Die metallische Karosserie des Fahrzeugs ist mit 8 gekennzeichnet.

Der Frequenzbereich, in dem erfindungsgemäße Antennenanordnungen eingesetzt werden, ist der Wellenlängenbereich der Dezimeterwellen (Freiraumwellenlängen zwischen 1 m und 10 cm) oder noch kürzeren Wellen (unter 10 cm Freiraumwellenlänge). In diesen Frequenzbereichen werden moderne Funkssysteme wie das C-, D- und E-Netz-Mobiltelefon oder andere Dienste, wie z. B. Bündelfunkdienste, betrieben.

Im Interesse eines möglichst zuverlässigen Funkbetriebs ist es wichtig, daß sich bei der Abstrahlung der Funkwellen kein Winkelbereich mit deutlich reduzierter Strahlungsintensität ergibt. Die minimal sich in einen Winkelbereich ergebende Strahlungsintensität pro abgestrahlter Sendeleistung ist daher ein entscheidendes Kriterium für die Leistungsfähigkeit einer Gruppenantenne.

Im Falle einer auf oder in einer Fahrzeugscheibe nach dem Stand der Technik angebrachten Funkantenne ist es jedoch unvermeidbar, daß in bestimmte Raumrichtungen vergleichsweise wenig Strahlungsintensität abgestrahlt wird. Dies resultiert zum einen aus der zum Fahrzeugheck abfallenden Scheibe, wodurch eine auf der Scheibe angebrachte Funkantenne in einer Abschattungszone der Karosserie liegt, wenn die Strahlung nach vorne betrachtet wird. Zum anderen ist immer eine starke Strahlungsverkopplung mit der leitenden Fahrzeugkarosserie gegeben, wodurch sich im betrachteten

Frequenzbereich der Dezimeterwellen oder oberhalb wegen der im Vergleich zur Betriebswellenlänge großen Abmessung der Fahrzeuge mit den einhergehenden Resonanzströmen in der Karosserie eine unerwünschte Aufzupfelung des Horizontaldiagramms ergibt.

Die horizontale Richtcharakteristik jeder der beiden Einzelantennenelemente 3 weist daher auch bei erfindungsgemäßen Gruppenantennen unerwünschte Abweichungen von der idealen Abstrahlcharakteristik auf. Außerdem sind die Einzeldiagramme der Einzelantennen untereinander nicht gleich, da wegen der unterschiedlichen Montagepunkte die Abschattung durch die Karosserie und die Verkopplung mit ihr nicht gleich sind.

Je größer der Neigungswinkel 13 der Fensterscheibe 1 ist, um so vorteilhafter ist es, die Strahler in der Nähe der oberen Berandung der Fensterscheibe anzuordnen. Bei nicht zu steilen Neigungswinkeln können auch die Antennenelemente 3 entsprechend kurz ausgeführt werden. Hierbei ergibt sich eine untere Grenze von etwa  $1/10$  der Wellenlänge ( $\lambda/10$ ). Bei starken Neigungswinkeln der Scheibe sind längere Antennenelemente 3, z. B.  $\lambda/2$ -Elemente vorzuziehen.

Bei erfindungsgemäßen Gruppenantennen erfolgt die Speisung der Antennen im Sendefall über ein verlustarmes Netzwerk 7, das im Beispiel der Fig. 2a stellvertretend als Streifenleitungsnetzwerk dargestellt ist.

Das Netzwerk 7 ist dabei derart ausgeführt, daß eine definierte und fest eingestellte Phasen- und Amplitudenbeziehung der Fußpunkts-Speiseströme der beiden Antennenelemente 3 vorliegt. Über diese definierte Phasen- und Amplitudenbeziehung wird das Horizontaldiagramm der erfindungsgemäßen Antennenanordnung in der gewünschten vorteilhaften Art beeinflußt und gegenüber der Abstrahlcharakteristik jeder der Einzelantennen verbessert.

An der Antennenanschlußstelle 6 der Gruppenantenne ist in der Regel für das jeweilige Nutzfrequenzband ein Stehwellenverhältnis erforderlich, wie es von HF-Schnittstellen anderer Funksysteme bekannt ist. An dieser Antennenanschlußstelle 6 ist dann in der Regel eine Koaxialleitung 11 angeschlossen, die zum Funkgerät führt.

In Fig. 1 ist die Anschlußstelle 2 des Antennenelements 3 über eine galvanische Verbindung mit dem Netzwerk 7, welches auf der Innenseite der Fensterscheibe 1 angebracht ist, verbunden. Im Netzwerk 7 selbst werden die Signale der Antennenelemente verknüpft und mit der Antennenanschlußstelle 6 verbunden. Im gezeichneten Beispiel erfolgt die Verbindung zwischen Antennenelement 3 und dem Netzwerk 7 über eine Bohrung durch das Glas. Zur Vermeidung einer derartigen ungünstig zu realisieren Bohrung wird in Fig. 2a das Antennenelement 3 über eine kapazitiv gestaltete hochfrequente Verbindung 16 an das Netzwerk 7 angeschlossen. Letzteres ist zur Erstellung der notwendigen Phasen- und Amplitudenbeziehungen sehr vorteilhaft als eine Streifenleitungsschaltung realisierbar. Diese Ausgestaltung ermöglicht bei Serienherstellung eine kostengünstige Reproduzierung der notwendigen Phasen- und Amplitudenbeziehungen zwischen den elektrischen Größen an den Antennenelementen. In diesem Fall kann die kapazitive Verbindung 16 technologisch kostengünstig in die Streifenleitungsschaltung einbezogen werden, wie es in Fig. 2b dargestellt ist. Die Anschlußstelle 2 des Antennenelements 23 ist dabei als Kreisfläche ausgeführt.

Die Antennenelemente 3 sind untereinander strahl-

lungsverkoppelt und werden über das Netzwerk 7 zusätzlich miteinander elektrisch verknüpft, so daß sich bezüglich der Antennenanschlußstelle 6 die resultierende Strahlungscharakteristik unter Einbeziehung der Strahlungsverkopplung mit der Karosserie des Fahrzeugs ergibt. In einer einfachsten Ausführungsform dieses Netzwerks 7 kann auch eine Gruppenantenne gestaltet werden, in welcher die Verkopplung zwischen den Strahlen ausschließlich durch die Strahlungsverkopplung der Antennenelemente 3 erfolgt. In diesem Fall ist nur einer der vorhandenen Strahler mit der Antennenanschlußstelle 6 am Netzwerk 7 über eine Hochfrequenzleitung verbunden. Die Strahlungscharakteristik der Gesamtanordnung wird jedoch wesentlich durch die Gesamtheit der miteinander strahlungsverkoppelten Antennenelemente 3 unter Einbeziehung der Wirkung der Fahrzeugkarosserie gestaltet.

Die Strahlungsverkopplung zwischen den Antennenelementen wird wesentlich von deren Länge und ihrem Abstand voneinander bestimmt. Hierbei zeigt sich, daß bei zu großen Abständen zwischen den Strahlern die Strahlungsrichtdiagramme die Tendenz besitzen, starke Einzüge zu bilden. Bei bevorzugten Antennenanordnungen werden deshalb auch im Interesse einer einfachen Gestaltung des Netzwerks 7 die Abstände zwischen den am weitesten voneinander entfernten Antennenelementen nicht größer als etwa die 2fache Wellenlänge gewählt. Die zur Lösung der Aufgabe der Erfindung zu fordernden Phasen- und Amplitudenzustände der elektrischen Größen auf den Antennenelementen sind somit wesentlich von deren Gestalt und Position zueinander sowie der Strahlungsverkopplung mit der leitenden Fahrzeugkarosserie abhängig. Es gibt somit für jedes Fahrzeug eine Vielzahl günstiger Anordnungen von Antennengruppen nach der Erfindung, welche jeweils durch hierfür spezifische Optimierung des Netzwerks 7 vorteilhafte Strahlungseigenschaften ergeben. Die hierfür verwendeten Strahlerformen können innerhalb bestimmter Grenzen frei gewählt werden. Anstelle einfacher stabförmiger Antennenelemente können z. B., wie in Fig. 3, Antennenelemente mit einer kapazitiven Last 15 verwendet werden und im Interesse einer weiteren Verkürzung z. B. mit Blindelementen 14 beschaltet werden. Auch bei länger gewählten Antennenelementen mit einer Länge von  $\lambda/2$ , können die Strombelegungen auf den Antennenelementen geeignet beeinflusst werden.

Eine besonders einfache Gestaltung einer Gruppenantenne ergibt sich bei Verwendung von zwei Strahlern gemäß Fig. 6a. Insbesondere bei Anbringung auf geneigten Fensterscheiben z. B. im Heck eines Fahrzeugs wird die Strahlung nach vorne abgeschattet. In diesem Fall ist es zweckmäßig, einen ersten Strahler direkt am oberen Fensterrand anzubringen und zur Auffüllung der Abschattung den zweiten Strahler in kleinem Abstand unterhalb des ersten Strahlers anzubringen und entsprechend phasenrichtig anzusteuern. Eine besonders vorteilhafte Anordnung auf geneigten Fensterscheiben ist die Dreiecksanordnung in Fig. 7b. Dort werden zur Maximierung der Gesamtstrahlung zwei Strahler am oberen Rand des Fensters vorzugsweise symmetrisch zur Mitte angebracht und zur Auffüllung der Abschattung nach vorne ein weiterer Strahler vorzugsweise in der vertikalen Symmetrielinie 24 in einem günstigen Abstand 28 darunter plaziert. Durch Ansteuerung mit einem für diese Konfiguration optimierten Netzwerk 7 lassen sich sehr gute Runddiagramme mit entsprechend kleinen Einzügen bewirken.

Die mit der Erfindung erreichte Wirkung geht eindrucksvoll aus den Bildern 10a bis 10d hervor. In den dargestellten Horizontaldiagrammen der Bilder 10a bis 10c sind die Strahlungseigenschaften der Einzelstrahler in Fig. 7b dargestellt. Jedes der Diagramme besitzt starke untolerierbare Einzüge bzw. Abschattungsbereiche. Obgleich die verwendeten Antennenelemente aus rotations-symmetrischen Gebilden von der in Fig. 3 dargestellten Form sind, ergeben sich in Folge der Strahlungsverkopplung mit der leitenden Fahrzeugkarosserie die dargestellten Unrundheiten der Diagramme. Durch Beschaltung mit einem geeigneten Netzwerk 7, welches die Antennenelemente phasen- und amplitudenrichtig speist und dessen Charakteristika durch Anwendung mathematischer Optimierungsverfahren speziell für die auf dem bestimmten Fahrzeug vermessenen Antennenelemente berechnet wurden, wird das in Fig. 10d dargestellte Richtdiagramm erreicht, welches wesentlich geringere Einzüge besitzt.

Für die erfindungsgemäße Gestaltung der Gruppenantenne ist für jedes Antennenelement ein zeitlich invariantes Antennengegewicht notwendig. Dieses wird vorteilhaft als hochfrequent leitende Fläche auf der Fensterscheibe, wie in Fig. 4 dargestellt, ausgebildet. Im Interesse der Transparenz dieser Fläche wird diese als strahlenförmige Struktur ausgeführt, welche aus radial vom Netzwerk 7 ausgehenden, drahtförmigen Leitern 20 besteht. Das Netzwerk 7 selbst wird vorteilhaft mit einer leitenden Außenfläche ausgestattet, welches im Zentrum der Gruppenantenne einen Teil des Antennengegewichts für die Antennenelemente bildet. Die strahlenförmigen Leiter werden hochfrequent mit dieser leitenden Außenfläche verbunden. Diese Strahlen können durch ringförmig um die Gruppenantenne angebrachte Leiter zu einem hochfrequent leitenden Maschennetz ergänzt werden. Bei Funkantennen auf der Heckscheibe von Fahrzeugen treten naturgemäß in der unmittelbaren Nähe der Sendeantenne große Feldstärken auf, welche Personen im Fahrgastraum gefährden könnten. Die Ausbildung des Antennengegewichts als hochfrequent leitende Fläche wirkt sehr vorteilhaft abschirmend gegen elektromagnetische Felder, welche andernfalls in den Fahrgastraum drängen. Die Forderung nach einem definierten Antennengegewicht läßt sich somit vorteilhaft verbinden mit der Forderung nach einer Feldabschwächung der gefährdenden elektromagnetischen Strahlung.

Auf der Heckscheibe sind häufig horizontal angebrachte Heizleiter 23 vorhanden (Fig. 5a). Punkte gleichen Gleichspannungspotentials können miteinander galvanisch verbunden werden, ohne den Heizstromfluß zu beeinflussen, wie dies im Prinzip aus DE 39 14 424 A1 bekannt ist. Durch Einführung von verbindenden Leitungsstegen, wie in Fig. 5a, kann auch das Heizfeld 23 zu einer hochfrequent weitgehend abschirmenden Fläche gestaltet werden und als erweitertes Antennengegewicht mitwirken. Um hochfrequente Ströme zwischen der Massefläche bei der Gruppenantenne über das Heizfeld 23 zu ermöglichen, ohne die Heizströme zu beeinflussen, ist eine gleichstromundurchlässige, frequenzselektive Verbindung 21 in den drahtförmigen Leitern 20 vorteilhaft. Solche frequenzselektive Verbindungen sind auch notwendig, wenn Teile des Antennengegewichts als Antennenteile für andere Funkdienste, welche ebenfalls auf der Fensterscheibe angebracht sind, verwendet sind. Ein Beispiel hierfür ist in Fig. 5a für die Antenne 22 gegeben, welche z. B. als AM-FM-Antenne wirken könnte. Als frequenzselektive Verbindungen

dungselemente 21 kommen in der Hauptsache kapazitive Strukturen zur Anwendung. Sehr vorteilhaft ist auch eine koplanare Leitungsstruktur von etwa  $\lambda/4$ -Länge für die Funkfrequenz, wie dies in Fig. 5b detailliert am Beispiel der AM-FM-Antenne und der Heizleiterankopplung gezeigt ist.

Soll die Gruppenantenne für mehrere Funksysteme, wie z. B. das D-Netz und das E-Netz gleichermaßen ausgelegt werden, so können die Antennenelemente so gestaltet werden, daß sie in beiden Frequenzbereichen funktionstüchtig sind. Wird hierbei das Netzwerk 7 derart gestaltet, daß es in den beiden Frequenzbereichen, die hierfür jeweils geforderten Phasen- und Amplitudenbedingungen für die einzelnen Strahler sicherstellt, so ist die Gruppenantenne in beiden Frequenzbereichen anwendbar. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, für beide Frequenzbereiche zumindest teilweise gesonderte Antennenelemente einzusetzen.

Um die bestmögliche Verknüpfung der Signale im Netzwerk 7 sicherzustellen, ist ein gewisser meßtechnischer Aufwand notwendig, um die Antenneneigenschaften der Strahler am Fahrzeug festzustellen. Dies geschieht dadurch, daß, wie in Fig. 9 gezeigt, die Anschlußstellen 2 als Anschlußstore 27 eines Strahlernetzwerks betrachtet werden. Mit Hilfe moderner Netzwerkanalysatoren können die Wellenparameter dieses Strahlernetzwerks ermittelt werden. Zusätzlich können bei Einfall einer Welle aus einer bestimmten Richtung die Erregungen an den Anschlußstoren 27 nach Betrag und Phase gemessen werden. Bei Kenntnis der Eigenschaften des Strahlernetzwerks und dessen Erregung durch die einfallende Welle an den verschiedenen Anschlußstoren 27 kann mit Hilfe moderner Rechenanlagen unter Anwendung geeigneter Optimierungsstrategien ein hierfür optimales Netzwerk 7 gestaltet werden.

Für den Sendefall soll die Funkantenne gemäß der Aufgabe der Erfindung arbeiten. Im Empfangsfall jedoch ist aufgrund der Rayleigh-Streuung der empfangenen Wellen im allgemeinen ein Antennendiversitybetrieb vorzuziehen. Das Netzwerk kann so gestaltet werden, daß mit Hilfe von Schaltdioden unterschiedliche Signalkombinationen der von den Strahlen empfangenen Einzelsignale an der Antennenanschlußstelle 6 gebildet werden. Mit Hilfe einer Antennendiversityeinrichtung können die Schaltdioden derart angesteuert werden, daß in jedem Augenblick die Signalkombination an der Antennenanschlußstelle erscheint, welche den bestmöglichen Empfang bewirkt. Die Ausführung der Funkantenne als Gruppenantenne bietet somit den Vorzug der gleichzeitigen Verwendbarkeit als Diversityantenne.

#### Patentansprüche

1. Funkantennen-Anordnung für Funkverbindungen mit terrestrischen Funkstellen für Dezimeter- und/oder Zentimeterwellen, mit einem auf einer geneigten Fensterscheibe in einer elektrisch leitenden Fahrzeugkarosserie angebrachten Strahler, der aus einem auf der Außenseite der Fensterscheibe (1) angebrachten, von dieser abragenden Antennenelement (3) und einem auf der Fensterscheibe angebrachten Antennengegegengewicht (4) besteht, und mit einer Strahleranschlußstelle (2), dadurch gekennzeichnet,
  - daß mindestens ein weiterer ebenfalls aus einem auf der Außenseite der Fensterscheibe (1) und von dieser abragend angebrachten An-

tennenelement (3) und einem auf der Fensterscheibe (1) angebrachten Antennengegegengewicht (4) bestehender Strahler (10) vorhanden ist,

- daß eine hinsichtlich des gewünschten Strahlungsdiagramms nicht vernachlässigbare Strahlungsverkopplung der Strahler mit benachbarten Teilen der leitenden Fahrzeugkarosserie gegeben ist, so daß diese Teile als Teil der Antennenanordnung wirksam wird,

- daß jeder weitere Strahler (10) entweder eine Strahleranschlußstelle (2) aufweist (primärer Strahler) oder aber nur durch Strahlungsverkopplung mit mindestens einem eine Strahleranschlußstelle (2) aufweisenden Strahler (10) verkoppelt ist (sekundärer Strahler),

- daß die Gesamtheit der Strahler (10) eine Gruppenantenne bildet, deren primärer Strahler bzw. deren primäre Strahler mit einer Antennenanschlußstelle (6) in Verbindung stehen,

- daß, wenn die Gruppenantenne mehr als einen primären Strahler enthält, ein Netzwerk (7) vorhanden ist, das die Antennenanschlußstelle (6) und die vorhandenen Strahleranschlußstellen (2) enthält und die Antennenanschlußstelle (6) mit der bzw. den Strahleranschlußstellen (2) verbindet,

- daß das Netzwerk (7) so gestaltet ist und/oder in die Antennenelemente Blindwiderstände (14) derart eingefügt sind, daß bei vorgegebener Positionierung der Strahler auf der Fensterscheibe (1) spezifische Stromverteilungen nach Betrag und Phase auf den Antennenelementen (3) erzeugt werden, so daß unter Einbeziehung der Strahlungsverkopplung mit der Fahrzeugkarosserie im Mittel eine erhöhte Bündelung der Strahlung in vertikaler Richtung zugunsten kleiner Elevationswinkel sich ergibt und dabei möglichst geringe Einzüge des horizontalen Strahlungsdiagramms auftreten.

2. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (9) zwischen den am weitesten voneinander entfernten Antennenelementen (3) nicht größer ist als die zweifache Wellenlänge.

3. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung der Strombelegungen nach Betrag und Phase Blindelemente (14) in die Antennenelemente (3) eingebracht sind.

4. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahler (10) Monopolcharakter besitzen und die Antennenelemente (3) stabförmig ohne oder mit Dachkapazität ausgebildet sind und jeweils eine hochfrequent leitende Fläche (5) als Antennengegegengewicht (4) besitzen, die in der Scheibenebene (1) angebracht ist.

5. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Netzwerk (7) im Fahrzeuginneren angeordnet ist und die hochfrequente Verbindung (16) zwischen dem Netzwerk (7) und den über ihre Anschlußstellen (2) angeschlossenen Strahlern (10) jeweils kapazitiv durch die Scheibe hindurch erfolgt (Fig. 2a).

6. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das

Netzwerk (7) teilweise auf der Fensterscheibe (1) außerhalb des Fahrzeugs angeordnet ist und die hochfrequente Verbindung (17) zur Antennenanschlußstelle (6) innerhalb des Netzwerks (7) kapazitiv durch die Fensterscheibe (1) erfolgt (Fig. 3).

7. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Netzwerk (7) im wesentlichen als Streifenleitungsschaltung (19) realisiert ist und die geforderten Amplituden- und Phasenzustände der Ströme und Spannungen auf den Antennenelementen (3) durch Leitungselemente (18) erzeugt sind (Fig. 2b).

8. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennengegengewichte (4) als Massefläche (5) ausgebildet sind.

9. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Massefläche durch eine leitende Fläche (5) auf der Oberfläche des Netzwerks (7) gebildet ist (Fig. 2a).

10. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Vergrößerung der Massefläche (5) ausgehend vom Netzwerk (7) drahtförmige Leiter (20) radial verlegt sind, oder zusätzlich solche Leiter ringförmig um das Netzwerk (7) herum angebracht sind (Fig. 4).

11. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die drahtförmigen Leiter (20) frequenzselektive Trennglieder (21) enthalten, welche so gestaltet sind, daß sie bei der Funkfrequenz hochfrequenzmäßig niederohmige Verbindungen darstellen (Fig. 5b).

12. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Fensterscheibe (1) eine Heckscheibe ist und auf dieser parallel zueinander verlaufende Heizleiter (23) vorhanden sind und Punkte gleichen Gleichspannungspotentials durch zu den Heizleitern senkrecht orientierte Leitungsstege miteinander galvanisch verbunden sind, wodurch das Heizfeld eine hochfrequenz leitende Fläche bildet und zur Ermöglichung hochfrequenter Ströme zwischen dieser Fläche und der Massefläche (5) ausgehend vom Netzwerk (7) in den drahtförmigen Leitern (20) gleichstromundurchlässige frequenzselektive Trennglieder enthalten sind (Fig. 5a).

13. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 10 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß Teile der drahtförmigen Leiter (20) als Teile weiterer Antennen (22), welche für weitere Funkdienste auf der Fensterscheibe angebracht sind, mitverwendet sind (Fig. 5a).

14. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Strahler (10) auf der Fensterscheibe (1) horizontal nebeneinander oder auf einer vertikalen Linie auf der Fensterscheibe (1) übereinander angeordnet sind (Fig. 6a, Fig. 6b).

15. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß drei Strahler (10) in einer Dreiecksanordnung auf der Fensterscheibe (1) angeordnet sind (Fig. 7a, Fig. 7b).

16. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennenelemente (3) stabförmig ausgebildet sind und etwa ein bis drei  $\lambda/10$  lang sind und zwei der Antennen-

elemente (3) in einer horizontalen Linie (25) in der Nähe der oberen Berandung symmetrisch zur vertikalen Symmetrielinie (24) des Fahrzeugs angebracht sind und das dritte Antennenelement (3) auf dieser Symmetrielinie jedoch unterhalb der genannten horizontalen Linie (25) angebracht ist, so daß die Seitenlängen des Dreiecks ca. ein bis drei  $\lambda/10$  betragen (Fig. 7b).

17. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß mehr als drei Strahler (10) vorhanden sind, deren Antennenelemente (3) auf Kreuzungspunkten von horizontalen Zeilen mit vertikalen Spalten einer Gitterstruktur mit Rasterabständen von ca. ein bis drei  $\lambda/10$  angebracht sind, und die Antennenelemente (3) im oberen Bereich der Fensterscheibe angebracht sind (Fig. 8).

18. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Gruppenantenne für mehrere Funkssysteme mit relativ schmalbandigen Frequenzbereichen unterschiedlicher Frequenzen ausgelegt ist und die Strahler (10) sowie das Netzwerk (7) und die übrigen frequenzabhängigen Teile der Gruppenantenne mehrfrequent gestaltet sind.

19. Funkantennen-Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abdeckung der verschiedenen Frequenzbereiche auch gesonderte Strahler (10) verwendet sind.

20. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Gruppenantenne für mehrere Funkssysteme mit relativ schmalbandigen Frequenzbereichen unterschiedlicher Frequenzen ausgelegt ist und für jeden Frequenzbereich gesonderte Strahler (10) verwendet sind.

21. Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Netzwerk (7) derart gestaltet ist, daß mit Hilfe darin befindlicher elektronischer Schalter, welche durch eine Antennendiversityeinrichtung angesteuert sind, die Signale der Strahler (10) in unterschiedlicher Kombination für die Bildung von Antennendiversitysignalen zur Weiterleitung zum Empfänger verwendet sind.

22. Verfahren zur Ermittlung der Beschaltung des bei einer Funkantennen-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 21 vorhandenen Netzwerkes (7) und/oder der in die Antennenelemente (3) einzufügenden Blindwiderstände (14), dadurch gekennzeichnet,

a) daß in den Antennenelementen (3) Anschlußtore 2(27) gebildet werden,

b) daß bei in die Fahrzeugkarosserie eingesetzter Fensterscheibe mit einer die Blindwiderstände (14) und das Netzwerk (7) noch nicht enthaltenden Funkantennen-Anordnung diese Anschlußtore (27) als Tore eines Strahlernetzwerkes angesehen und durch einen Netzwerkanalysator die komplexe Gesamtmatrix zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen den elektrischen Größen an diesen Toren nach Betrag und Phase ermittelt werden (Strahlernetzwerk-Wellenparameter-Matrix),

c) daß durch den Netzwerkanalysator bei Einfall einer Welle in der horizontalen Ebene die Erregungen an den Anschlußtoren (27) nach Betrag und Phase für alle Azimutwinkel ge-



messen werden (Erregungs-Matrix für alle Azimutwinkel),

d) daß durch Variationsrechnung unter Zugrundelegung der ermittelten Matrizen-Werte die im Sinne der Lösung der Erfindungsaufgabe optimalen Amplituden- und Phasenwerte an den einzelnen Toren ermittelt werden,

e) daß diese ermittelten Werte durch eine entsprechende Beschaltung des Netzwerkes (7) und/oder durch eine Beschaltung der Anschlußstore (27) mit Blindwiderständen (14) realisiert werden.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

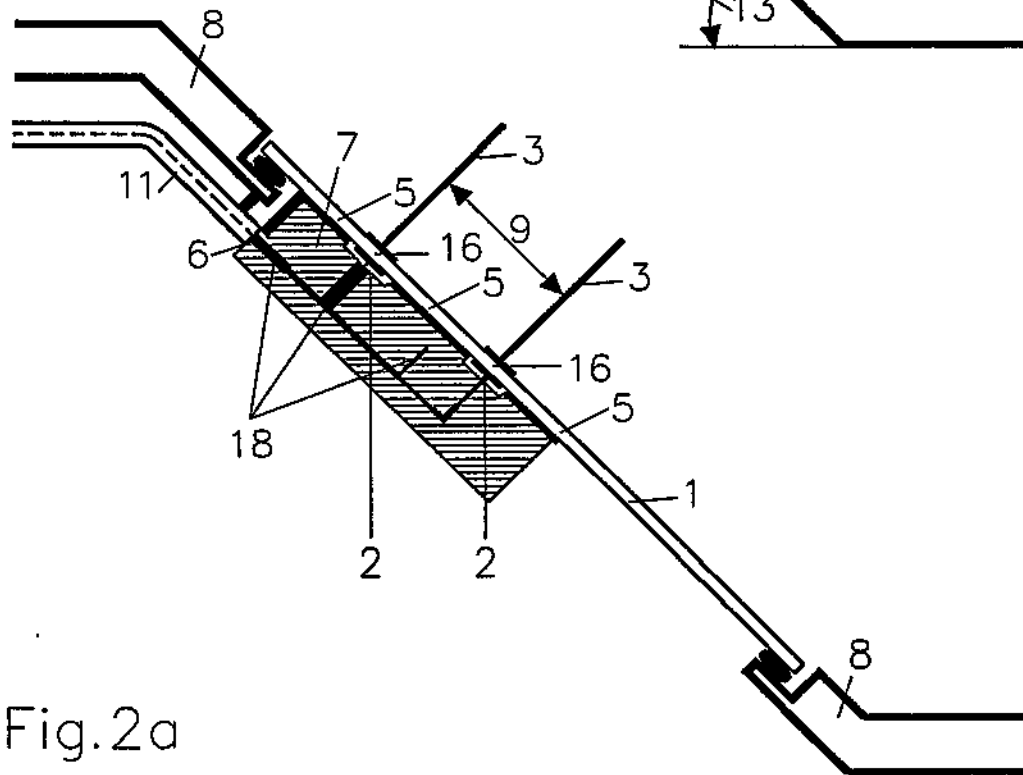
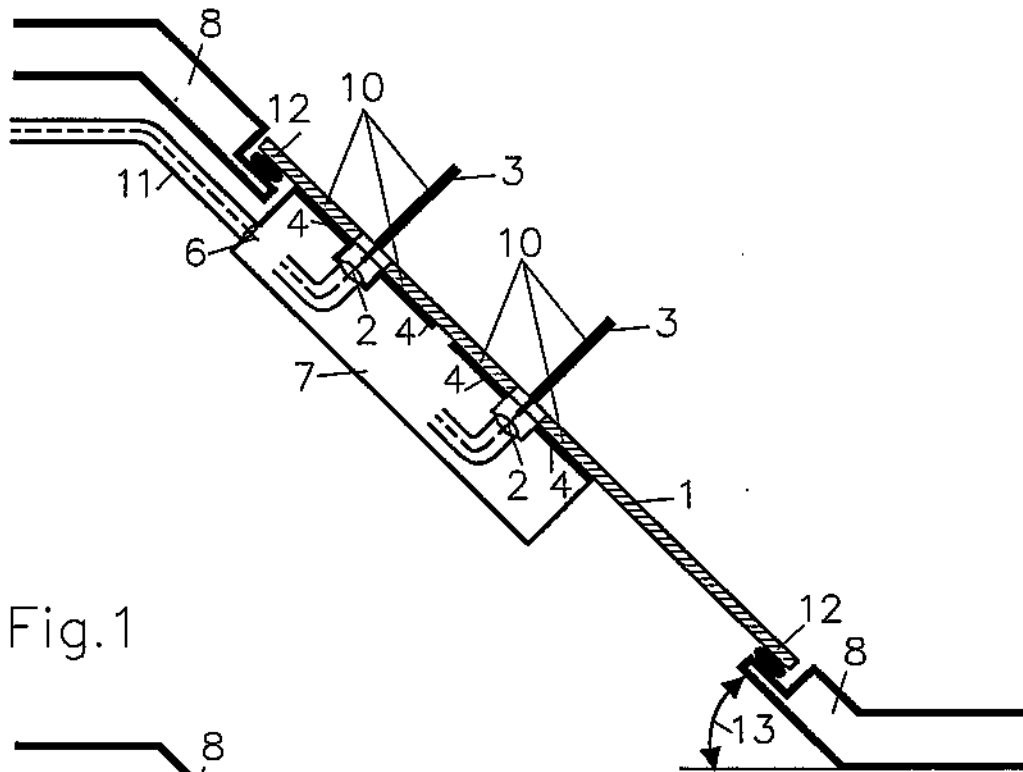
45

50

55

60

65





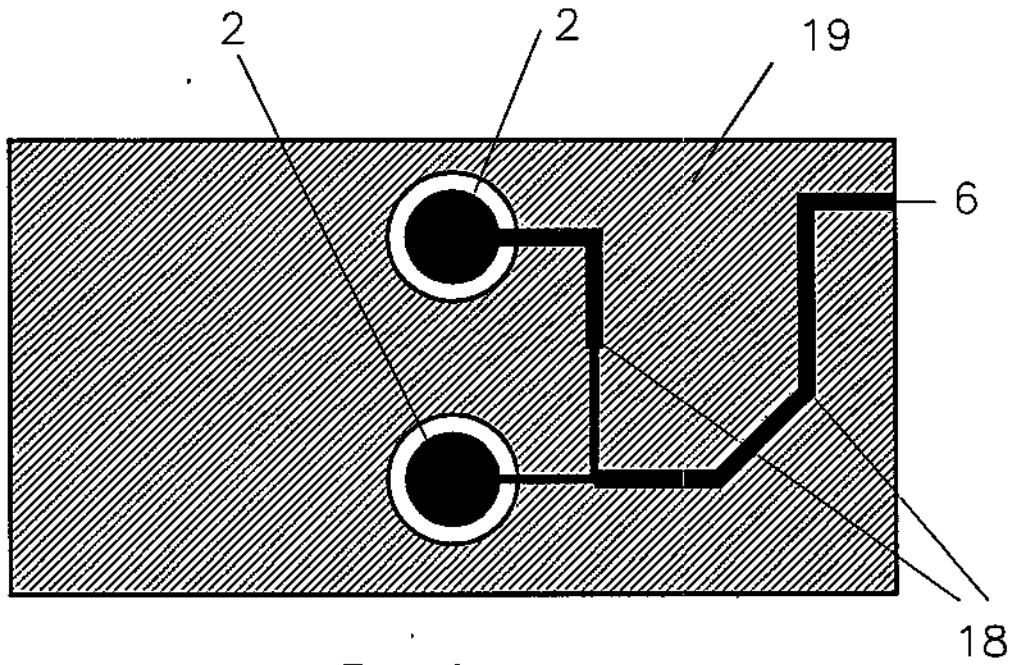


Fig. 2b

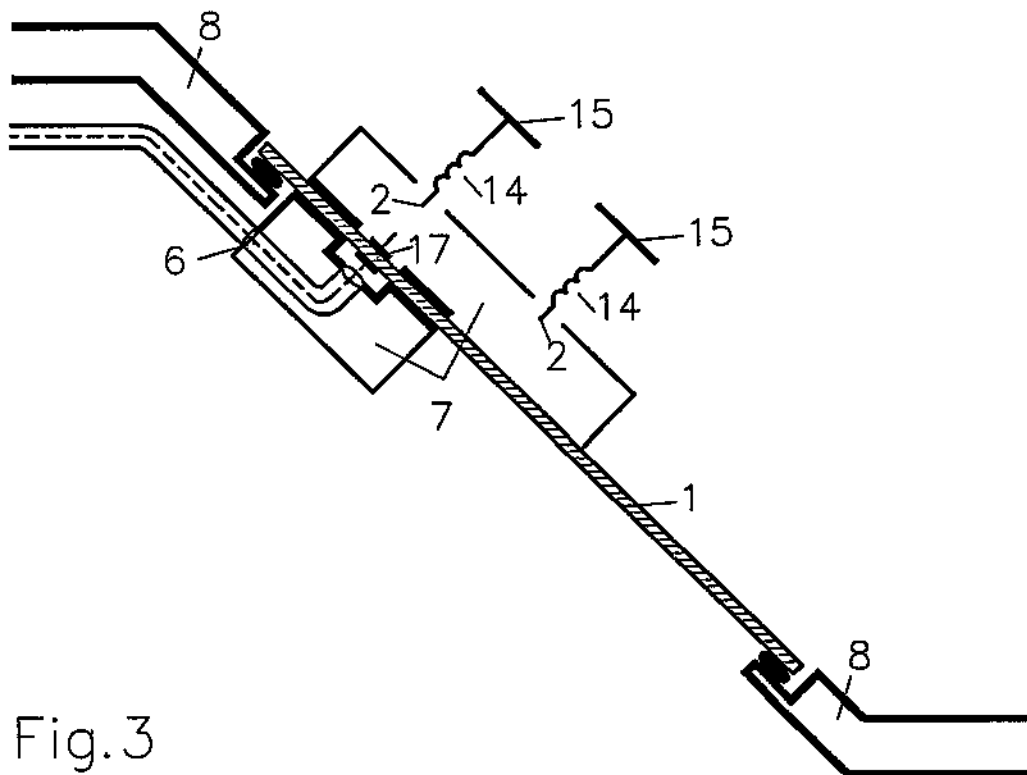


Fig. 3

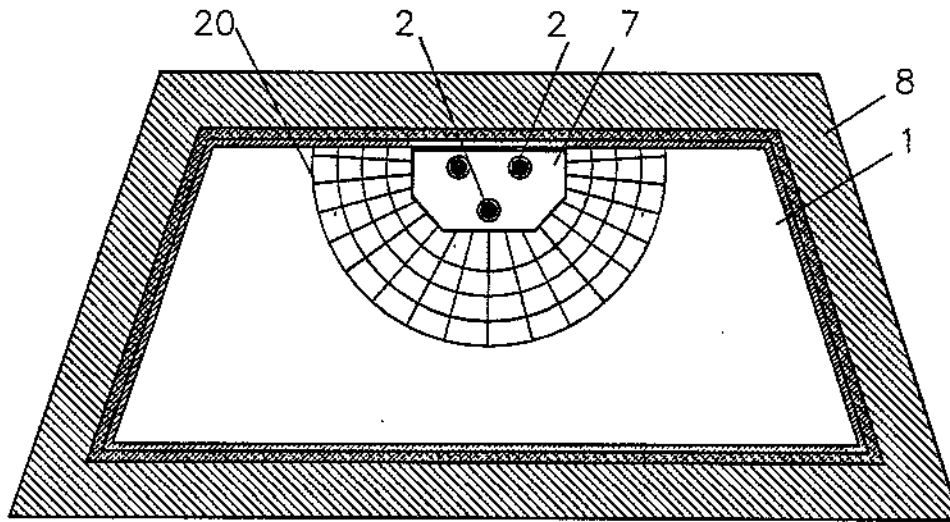


Fig. 4

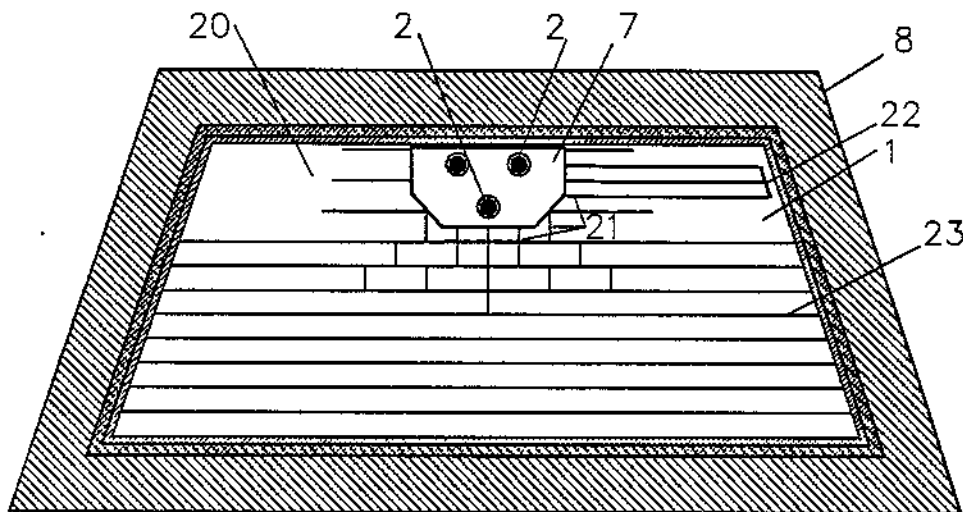


Fig. 5a

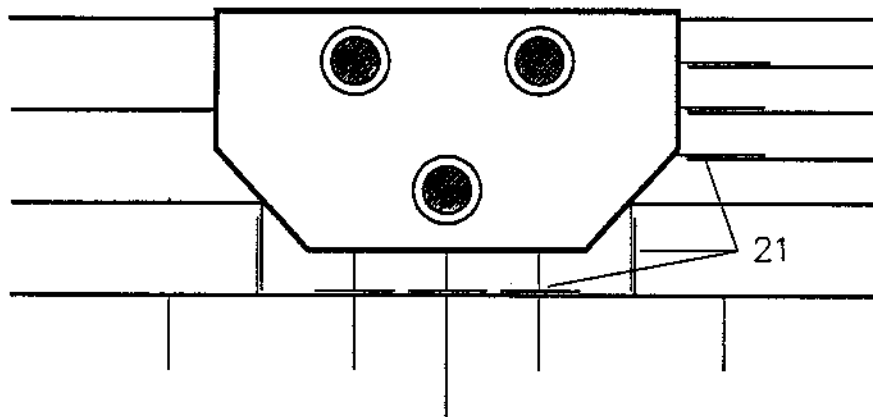


Fig. 5b

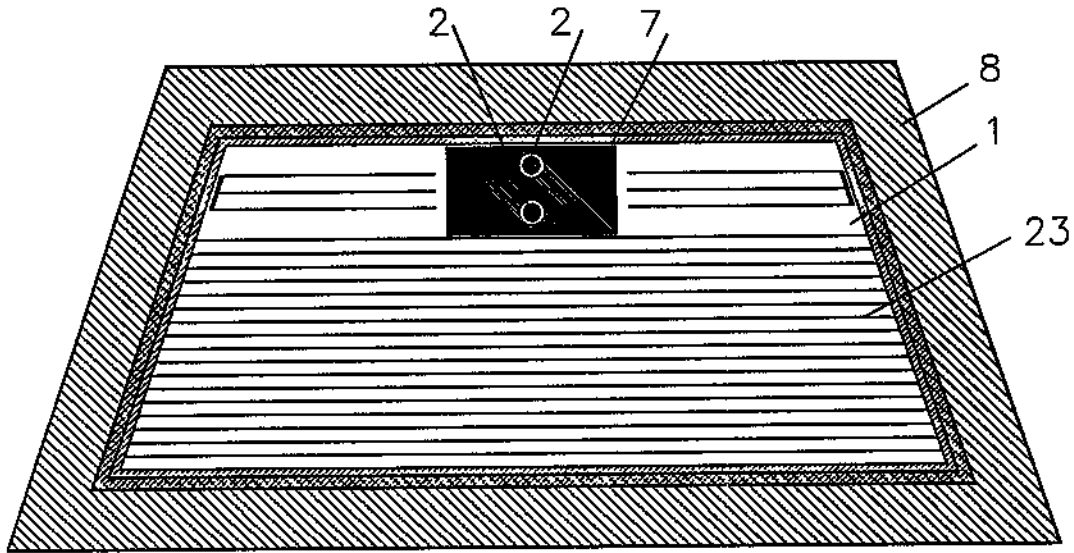


Fig.6a

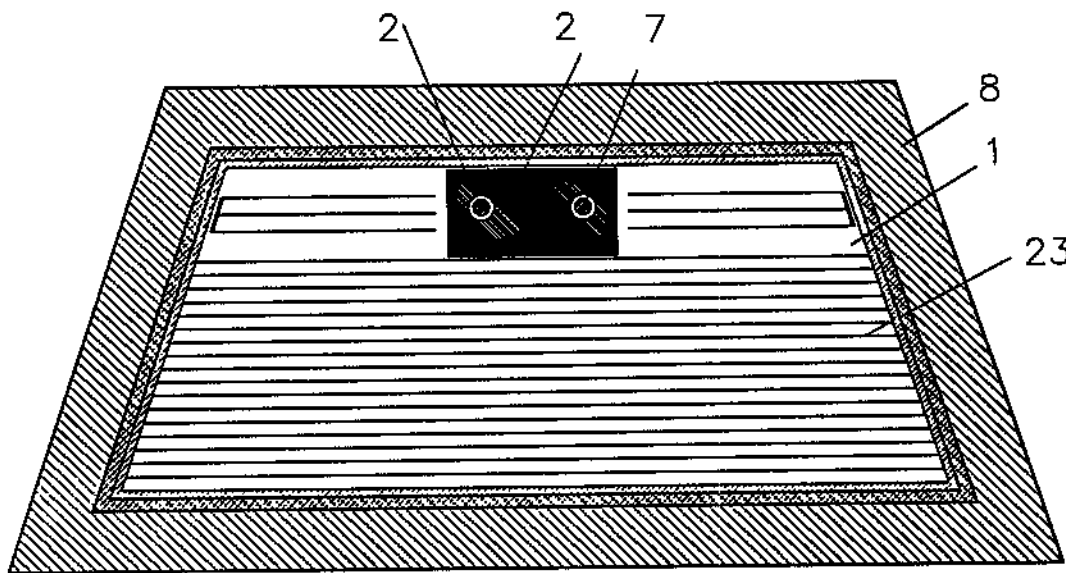


Fig.6b

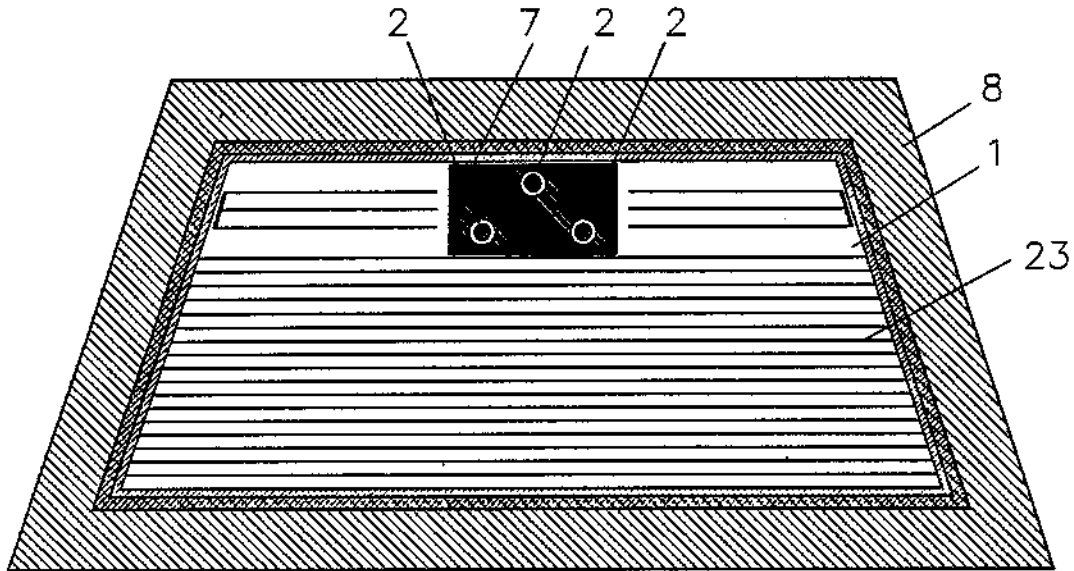


Fig. 7a

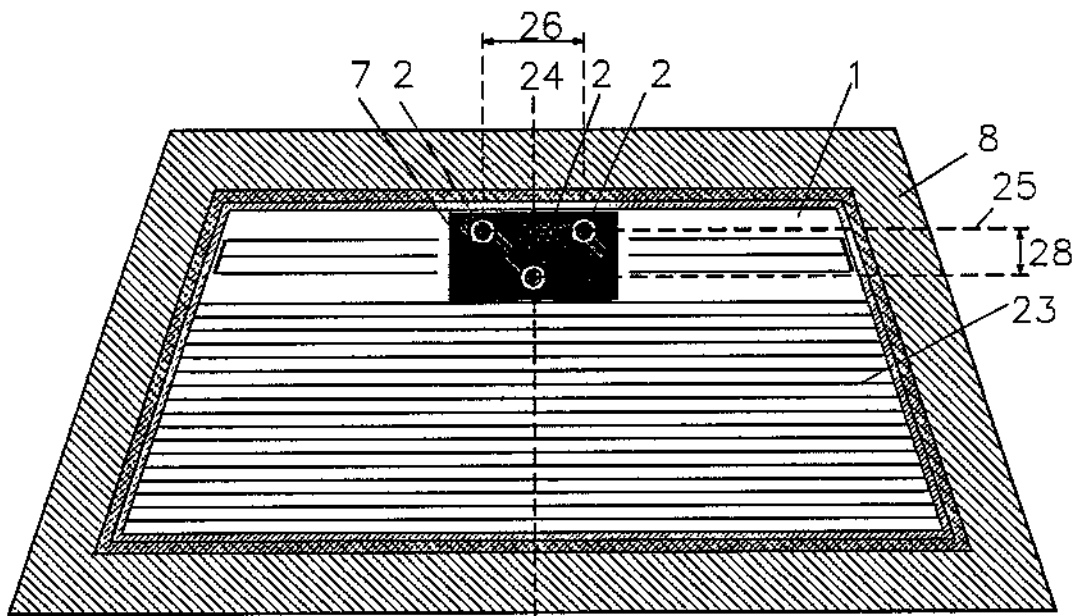


Fig. 7b

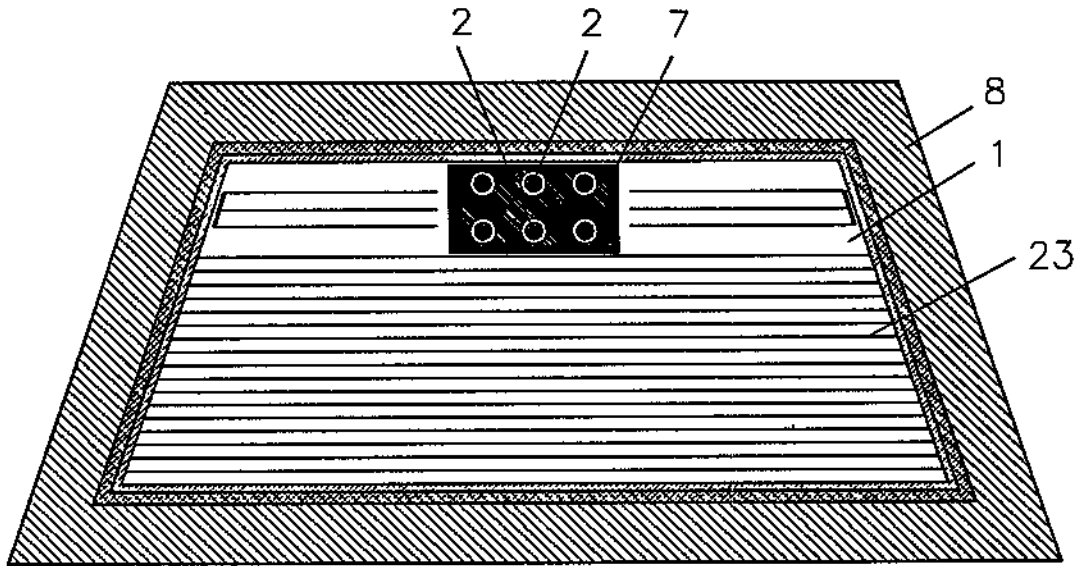


Fig. 8

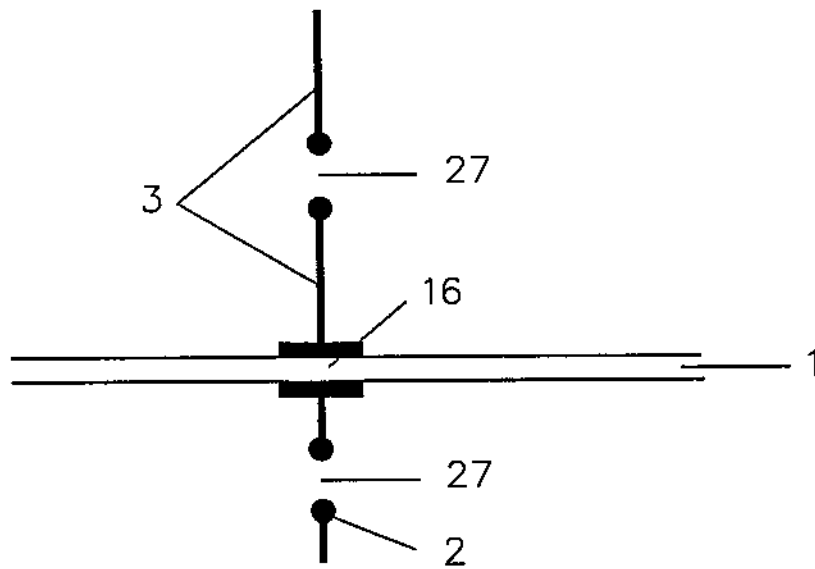


Fig. 9

Antenne 2

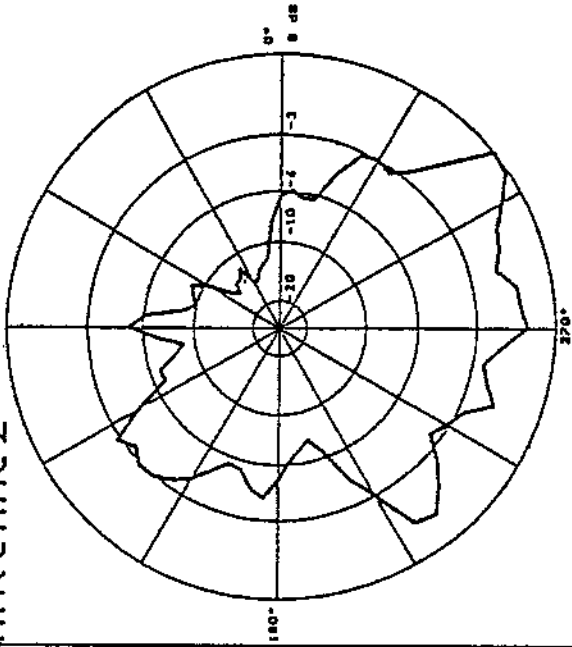


Fig. 10b

Gruppenantenne

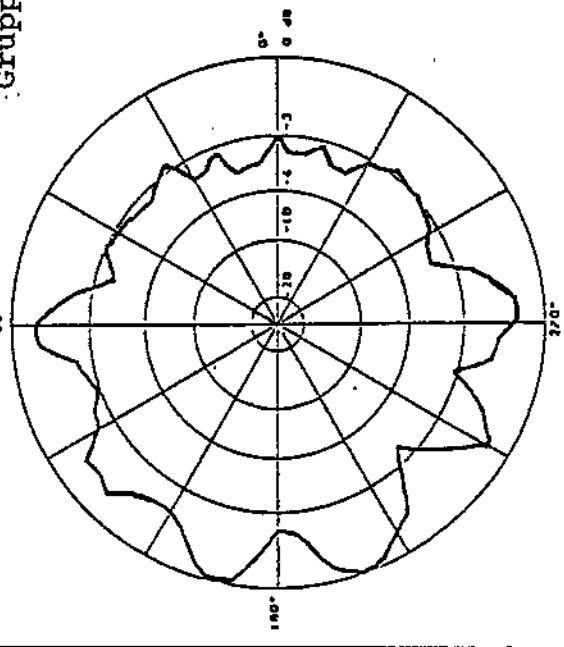


Fig. 10d

Antenne 1

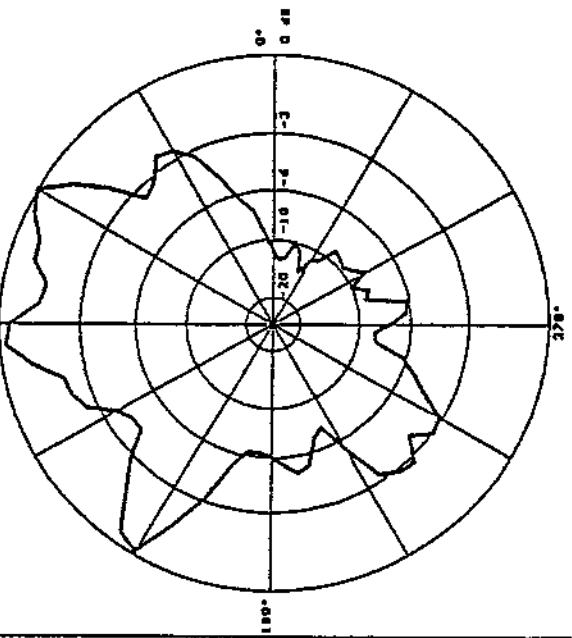


Fig. 10a

Antenne 3

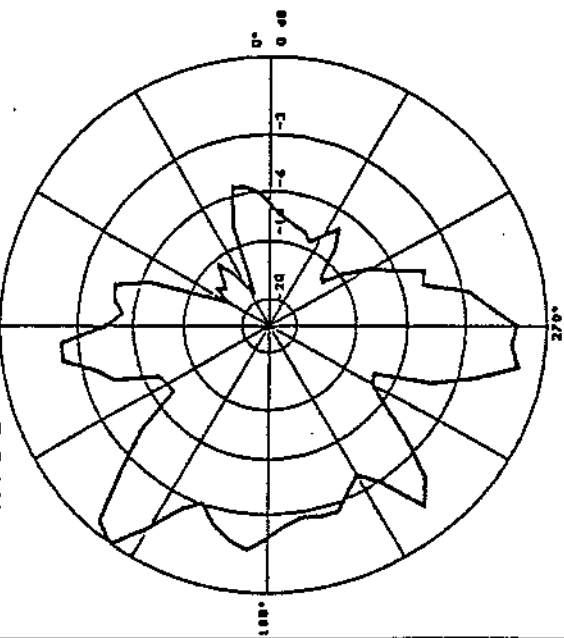


Fig. 10c