

(19)



(11)

**EP 2 546 925 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.01.2013 Patentblatt 2013/03**

(21) Anmeldenummer: **12176361.9**

(22) Anmeldetag: **13.07.2012**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 1/34** (2006.01) **H01Q 9/28** (2006.01)  
**H01Q 21/26** (2006.01) **H01Q 21/28** (2006.01)  
**H01Q 5/00** (2006.01) **B63G 8/38** (2006.01)  
**H01Q 25/00** (2006.01) **H01Q 9/18** (2006.01)

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

(30) Priorität: **15.07.2011 DE 102011107417**

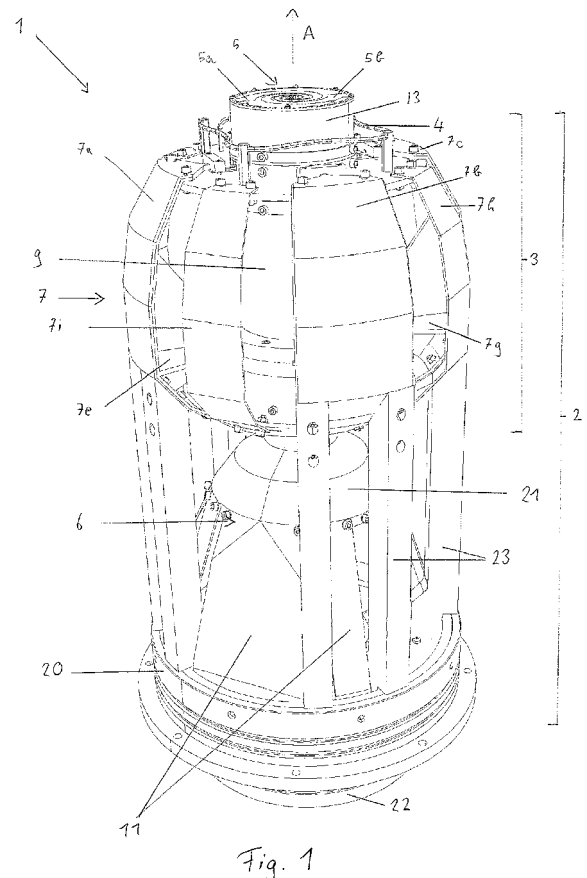
(71) Anmelder: **Aeromaritime Systembau GmbH**  
**85375 Neufahrn (DE)**

(72) Erfinder: **Klukas, Ralf, Dr.**  
**01723 Mohorn (DE)**

(74) Vertreter: **Alber, Norbert**  
**Hansmann & Vogeser**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Albert-Roßhaupter-Straße 65**  
**81369 München (DE)**

### (54) Antennenmodul

(57) Die Erfindung behandelt ein Antennenmodul (1) mit wenigstens zwei voneinander unabhängig betreibbaren Strahlerelementen (2,3), wovon einer eine linear polarisierte Antenne (2), insbesondere eine Breitbanddipol-Antenne, und der andere eine zirkular polarisierte Antenne (3), insbesondere eine Kreuzfaltdipol-Antenne oder eine Spiralantenne ist, und die axial hintereinander auf einer gemeinsamen Achse A angeordnet sind. Erfindungsgemäß sind ist dabei der eine Teil der linear polarisierten Antenne (2) Bestandteil der zirkular polarisierten Antenne (3).



**EP 2 546 925 A1**

## Beschreibung

### I. Anwendungsgebiet

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft im Allgemeinen ein Antennenmodul mit mehreren Funktionen für die Verwendung in mehreren Frequenzbereichen. Der Hauptanwendungsbereich des erfindungsgemäßen Systems sind hierbei U-Boot-Antennensysteme.

### II. Technischer Hintergrund

10 **[0002]** Bei der Verwendung von  $\lambda/2$ -Dipolantennen werden die Ausmaße der Antenne durch die dem jeweiligen Frequenzbereich zugehörigen Wellenlängen bestimmt. Bei der Verwendung von zwei Strahlern, also einer Gesamtlänge von  $\lambda/2$ , wird daher beispielsweise im Ultrakurzwellenbereich bei einer Frequenz von 100 MHz ein 1,5 m langer Antennenkörper benötigt, um eine resonante Abstrahlung zu erreichen. Durch geeignete Maßnahmen ist es zwar möglich, diese Längen zu verkürzen, jedoch meist nur in einem geringen Umfang.

15 **[0003]** Da darüber hinaus selbst bei der Verwendung von Breitbandantennen der jeweils zur Verfügung stehende Frequenzbereich der Antenne limitiert ist, wird üblicherweise für verschiedene Frequenzbereiche eine der Anzahl der Frequenzbereiche entsprechende Anzahl von Antennen benutzt.

20 **[0004]** Dies kann jedoch in Fällen, bei denen zwar verschiedene Frequenzbereiche benötigt werden, gleichzeitig jedoch die Abmessungen des Antennensystems durch den zur Verfügung stehenden Raum begrenzt sind, zu Problemen führen.

**[0005]** Ein Beispiel hierfür bildet ein Antennensystem eines U-Bootes. Hier werden zur Kommunikation bzw. Positionierung oder Ähnlichem Antennen in verschiedenen Frequenzbereichen benötigt, beispielsweise in:

|    |                                 |                      |
|----|---------------------------------|----------------------|
| 25 | VHF <sub>LOW</sub>              | 30 - 88 MHz          |
|    | VHF                             | 100 - 164 MHz        |
|    | UHF                             | 220 - 400 MHz        |
|    | IFF (identification friend foe) | 1030 / 1090 MHz      |
|    | GPS                             | 1575,41 / 1227,6 MHz |
| 30 | Inmarsat RX                     | 1530 - 1545 MHz      |
|    | Inmarsat TX                     | 1626,5 - 1646,5 MHz  |

35 **[0006]** Neben dem bereits erwähnten nur beschränkt zur Verfügung stehenden Raumangebot, besteht für ein von U-Booten benutztes Antennensystem eine weitere Anforderung darin, dass der gesamte Aufbau der Antenne aufgrund der Positionierung an der Außenhaut des U-Bootrumpfes während der Funkkommunikation und der damit verbundenen Belastungen durch das umströmende Wasser möglichst kompakt sein muss. Gleichzeitig ist auch eine möglichst große Stabilität des Antennensystems gegenüber mechanischen Belastungen zu gewährleisten, da durch Schockwellen im Wasser kurzzeitige Horizontalbelastungen bis zu 400 G sowie Vertikalbelastungen bis in den Bereich von 150 G auftreten können.

40 **[0007]** Verschiedene Lösungsansätze zu diesem Problem benutzen üblicherweise das Prinzip eines modular aufgebauten Antennensystems ("stack antenna"), bei der die verschiedenen Strahler der jeweiligen Antennen auf ein längliches Bauteil, den Antennenträger, aufgebracht werden.

45 **[0008]** Aufgrund der Abmessungen der Strahler der verwendeten Einzelantennen weist ein derartiges Antennensystem üblicherweise eine entsprechende Länge auf, was sich nicht nur hinsichtlich der mechanischen Stabilität und dem Verhalten gegenüber Wasserdruck und Wasserumströmung negativ auswirkt, sondern eine Antenne mit solcher Gesamthöhe auch nicht mehr in den Rumpf des U-Bootes einfahrbar wäre.

50 **[0009]** Ein Lösungsansatz der Anmelderin, der sich als äußerst erfolgreich herausgestellt hat, besteht darin, bei einem entsprechenden Antennensystem wenigstens einen der Strahler für mehr als einen Frequenzbereich zu nutzen. Die Entkopplung der Antennen erfolgt hierbei über eine spezielle Geometrie mit entsprechend angepassten Kurzschlussleitungen. Dieses System ist in der DE 10239874 A1 beschrieben.

**[0010]** Jedoch können auch mit diesem System nicht alle Anforderungen hinsichtlich der gewünschten Funktionalität eines entsprechenden Antennensystems erfüllt werden.

55 **[0011]** Insbesondere Funktionen wie eine Anbindung bzw. Kommunikation von U-Booten im "Link 16"-Standard erfordern hier speziell angepasste Lösungen für entsprechend ausgelegte Antennenmodule. Link 16 bezeichnet hierbei einen militärischen Datenaustauschstandard der NATO und ist als der digitale Datendienst des Kommunikationsverfahrens MIDS im NATO-Standardization Agreement STANAG 5516 definiert.

### III. Darstellung der Erfindung

#### a) Technische Aufgabe

- 5 **[0012]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Antennenmodul zur Verfügung zu stellen, welches einen Einsatz für mindestens zwei verschiedene Kommunikationsdienste, insbesondere Frequenzbereichen, ermöglicht und dennoch einen kompakten, stabilen und konstruktiv einfachen Aufbau bei guter Endkopplung der verschiedenen Kommunikationsdienste besitzt.

#### 10 b) Lösung der Aufgabe

**[0013]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 15 **[0014]** Die Erfindung schlägt vor, dass bei einem Antennenmodul mit wenigstens zwei voneinander unabhängig betreibbaren Strahlerelementen, die axial hintereinander auf einer gemeinsamen Achse A angeordnet sind, die körperlichen Teile des Antennenmoduls zumindest teilweise von beiden Strahlerelementen gemeinsam genutzt werden. Dies bedeutet, dass zumindest ein körperliches Teil des Antennenmoduls sowohl als erstes, als auch als zweites Strahlerelement fungiert.

- 20 **[0015]** Eine solche gemeinsame Nutzung derselben körperlichen Bauteile konnte bei dem Einsatz einer linear polarisierten Antenne, wie beispielsweise einer Breitbanddipol-Antenne und einer zirkular polarisierten Antenne, wie beispielsweise einer Kreuzfaltdipol-Antenne oder einer Spiralantenne, als Strahlerelemente realisiert werden. Vorteilhafterweise können diese beiden Strahlerelemente jedoch - trotz der räumlichen Überschneidung - ungestört voneinander betrieben werden.

- 25 **[0016]** Da eine linear polarisierte Antenne zwei Dipolhälften aufweist, kann erfindungsgemäß einer der beiden Dipolhälften, das heißt das körperliche Teil, welches als Dipolhälfte fungiert, ebenfalls einen Bestandteil der zirkular polarisierten Antenne darstellen. Zum korrekten Funktionieren der zirkular polarisierten Antenne sollte diese jedoch noch über weitere körperliche Teile verfügen, um Schleifen zu bilden. Diese können sich hierfür beispielsweise an dasjenige körperliche Teil, welches als Dipolhälfte fungiert, unmittelbar anschließen.

- 30 **[0017]** Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass als linear polarisierte Antenne eine Breitbanddipol-Antenne und als zirkular polarisierte Antenne eine Kreuzfaltdipol-Antenne verwendet wird. Es können jedoch auch beliebige andere Unterformen der genannten Antennen verwendet werden. Wenn also beispielsweise von einer Kreuzfaltdipol-Antenne die Rede ist, ist darunter auch jede andere Form einer linear polarisierten Antenne zu verstehen. Insbesondere kann anstelle einer Kreuzfaltdipol-Antenne eine Spiralantenne verwendet werden, da diese ebenfalls in ihr einen entlang der Achse A des Antennenmoduls angeordneten Zylinder aufweist und ihre äußere Oberfläche durch mehrere voneinander getrennte Segmente gebildet wird, die im Wesentlichen von unten nach oben (d.h. in Richtung der Achse A) verlaufen. Ein Unterschied besteht lediglich darin, dass die Kreuzfaltdipol-Segmente im Wesentlichen gerade und/oder unverwunden nach oben verlaufen, während sich die Segmente der Spiralantenne um die Achse A herumwinden, d.h. spiralförmig von unten nach oben verlaufen. Eine Spiralantenne kann ein beliebiges Vielfaches von zwei Segmenten aufweisen. Insbesondere jedoch die Einspeisung in die Segmente, die Verwendung von Zwischensegmenten (im weiteren als Breitbanddipolsegmente bezeichnet) und die Verwendung von horizontal angeordneten nicht-leitenden Abstützungen (wie im Weiteren erläutert) kann ebenfalls bei Einsatz einer Spiralantenne in gleicher Weise realisiert werden. Die Spiralantenne weist jedoch im Gegensatz zur vorgeschlagenen Kreuzfaltdipol-Antenne vorzugsweise entlang einer der Achse A ausgerichtete, kreiszylindrische Form auf, kann jedoch auch die im Weiteren beschriebene Form der Kreuzfaltdipol-Antenne aufweisen.

- 45 **[0018]** Wenn als Breitbanddipol-Antenne zwei mit der konvexen Außenseite gegeneinander gerichtete, in axialer Richtung des Antennenmoduls orientierte Halbschalen (als körperliche Teile) verwendet werden, eine der beiden Halbschalen dabei an ihrem offenen Ende so verlängert ist, dass die sich dadurch ergebende Form als Kreuzfaltdipol-Antenne eingesetzt werden kann. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn die Form der entsprechenden Halbschale an ihrem offenen Ende so verlängert wird, dass die Öffnung der Halbschale dadurch wieder verkleinert wird. Im Ergebnis weist die Form der modifizierten Halbschale in grober Annäherung die Form einer hohlen Kugel auf. Die obere Halbschale wird dabei nicht komplett geschlossen. Die beiden Halbschalen können eine parabolische Form aufweisen.

- 50 **[0019]** Die obere Halbschale, die als Kreuzbanddipolantenne genutzt wird, fungiert erfindungsgemäß also als eine Dipolhälfte der Breitbanddipol-Antenne. Der untere Teil der Kreuzdipolantenne wirkt also als Gegenpol für die untere Halbschale. Der Außenleiter der Anschlussleitung, insbesondere ein Leiter eines Koaxialkabels, ist nämlich an der oberen Halbschale kontaktiert. Im Gesamten wirken obere und untere Halbschale als ein Dipol.

- 55 **[0020]** Das körperliche Teil, das als Kreuzfaltdipol-Antenne verwendet wird, kann die Form einer sogenannten Eggbeater-Antenne (= Antenne mit Schneebesenform) aufweisen. Hierfür kann die oben genannte Kugel und/oder die modifizierte Halbschale Schlitze aufweisen, die vorzugsweise in axialer Richtung verlaufen. Aufgrund der Schlitze er-

geben sich mehrere axial verlaufende Kreuzfaltdipol-Segmente. Diese bilden die charakteristische Form der Eggbeater-Antenne. Vorzugsweise werden hier gleichmäßig über den Umfang um die Achse A herum verteilte Kreuzfaltdipol-Segmente eingesetzt. Die Kreuzfaltdipol-Segmente dienen vorzugsweise sowohl als Bestandteile der Breitbanddipol-Antenne als auch der Kreuzfaltdipol-Antenne. Die Kreuzfaltdipol-Segmente bilden vorzugsweise Teile der Oberfläche der vorgenannten Kugel, d.h. der modifizierten oberen Halbschale.

**[0021]** Aufgrund der vorgenannten Schlitze ergibt sich jedoch das Problem, dass die Welligkeit der Breitbanddipol-Antenne in ihrer omnidirektionalen Abstrahlung unerwünschter Weise vergrößert wird. Dies führt zu dem Nachteil, dass ein inhomogeneres Strahlungsbild in der horizontalen Ebene durch die Breitbanddipol-Antenne bewirkt wird.

**[0022]** Um diesen Nachteil zu kompensieren, können zwischen den Kreuzfaltdipol-Segmenten zusätzliche Breitbanddipol-Segmente, die ebenfalls in axialer Richtung verlaufen (und somit ebenfalls Teile der Oberfläche der vorgenannten Kugel bilden), vorgesehen sein. Diese zusätzlichen Breitbanddipol-Segmente führen zu einem homogenen Strahlungsbild in der horizontalen Ebene der Breitbanddipol-Antenne, ohne dabei das Strahlungsverhalten der Kreuzfaltdipol-Antenne zu beeinflussen. Die Breitbanddipol-Segmente dienen vorzugsweise im Gegensatz zu den Kreuzfaltdipol-Segmenten lediglich als Bestandteile der Breitbanddipol-Antenne und somit nicht als Bestandteile der Kreuzfaltdipol-Segmente, auch wenn eine solche Verwendung denkbar ist. Die Breitbanddipol-Segmente bilden vorzugsweise Teile der Oberfläche der vorgenannten Kugel und/oder der modifizierten Halbschale.

**[0023]** Vorzugsweise sind die Breitbanddipol-Segmente schmäler als diejenigen der Kreuzfaltdipol-Segmente. Weiterhin ist vorzugsweise jeweils zwischen zwei Kreuzfaltdipol-Segmenten ein Breitbanddipol-Segment vorgesehen, so dass sich in einer besonders bevorzugten Ausführungsform bei vier Kreuzfaltdipol-Segmenten insgesamt acht Schlitze zwischen acht Segmenten ergeben. Diese Schlitze sind vorzugsweise gleich breit, das heißt die Segmente sind insgesamt gleichmäßig über den Umfang verteilt.

**[0024]** Die Kreuzfaltdipol-Antenne weist vorzugsweise entlang der Achse A einen zentral angeordneten Zylinder auf, der sich innerhalb der Segmente erstreckt. Dieser kann über das offene Ende der Kreuzfaltdipol-Antenne hervorstehen. Der zentrale Zylinder dient vorzugsweise als Gegenpol zu jedem der Kreuzfaltdipol-Segmente. In dem hohlen Zylinder kann das Anpassnetzwerk für das gesamte Antennenmodul, insbesondere für die Kreuzfaltdipol-Antenne und/oder für die an dessen oberen Ende angeordneten Antennen, die im Weiteren detailliert erläutert werden, angeordnet sein.

**[0025]** Die obere Halbschale ist vorzugsweise oben nicht komplett geschlossen. Die einzelnen Kreuzfaltdipol-Segmente sollten voneinander galvanisch entkoppelt sein. Die oberen Enden der einzelnen Kreuzfaltdipol-Segmente laufen aufeinander zu, sind jedoch vorzugsweise voneinander getrennt. Die oberen Enden der einzelnen Segmente sind vorzugsweise an den Ausgängen des Speisernetzwerkes befestigt, die sich innerhalb des Zylinders befinden. Der Zylinder kann an den entsprechenden Stellen eine Öffnung aufweisen.

**[0026]** Es liegt also vorzugsweise keine galvanische Verbindung zwischen Hohlzylinder und oberen Enden der Kreuzfaltdipol-Segmente vor, sondern lediglich am unteren Ende der Halbschale. Die Verbindungen an den oberen Enden der Segmente können in den Hohlzylinder durch kleine Öffnungen hinein laufen, ohne den Hohlzylinder zu berühren. Dort werden diese vorzugsweise mit dem Speisernetzwerk verbunden.

**[0027]** Die Kreuzfaltdipol-Segmente weisen weiterhin vorzugsweise Abstützungen auf, welche die Kreuzfaltdipol-Segmente jeweils an dem hohlen Zylinder abstützen. Hierfür können die Abstützelemente - ausgehend von der Innenseite der Kreuzfaltdipol-Segmente nach Innen bis zu dem Hohlzylinder reichen und somit eine Verbindung zwischen den Segmenten und dem Hohlzylinder herstellen. Dabei handelt es sich vorzugsweise jedoch nicht um galvanische Verbindungen. Zwischen den Enden der Abstützungen und dem Hohlzylinder kann sich ein Dielektrikum befinden, welches den Hohlzylinder galvanisch von den Abstützungen trennt, jedoch den kapazitiven Einfluss erhöht. Die Abstützungen können als kapazitive Belastung für die Kreuzfaltdipol-Antenne dienen.

**[0028]** Wie bereits erwähnt, steht der hohle Zylinder vorzugsweise nach oben über die Kreuzfaltdipol-Antenne hinaus. Um diesen Überstand des Zylinders herum ist vorzugsweise eine Schleifenantenne angeordnet. Die Schleifenantenne ist vorzugsweise orthogonal zur Achse A ausgerichtet. Die Schleifenantenne kann eine solche Form aufweisen, die die Verkopplung und somit die gegenseitige Beeinflussung zwischen der Kreuzfaltdipol-Antenne und der Schleifenantenne minimiert. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn die Schleifenform in etwa der Form eines Kleeblattes entspricht, wobei die Blätter jeweils - in einer Aufsicht von oben gesehen - zwischen den Kreuzfaltdipol-Segmenten liegen. Vorzugsweise sind die Blätter also in der Aufsicht von oben in etwa über den Breitbanddipol-Segmenten angeordnet. Die Schleifenantenne kann ebenfalls die Form eines Mehrecks aufweisen, insbesondere eines Vierecks, wobei die Seiten des Vierecks konkav ausgebildet sind, d. h. nach Innen gebogen sind. In diesem Fall befinden sich die vorteilhafterweise abgerundeten Ecken des Vierecks in der Aufsicht von oben betrachtet zwischen den Kreuzfaltdipol-Segmenten und/oder über den Breitbanddipol-Segmenten angeordnet.

**[0029]** Das Antennenmodul kann weiterhin eine Spiralantenne aufweisen, die insbesondere zwei Spiralarme umfassen kann. Diese Spiralantenne ist vorzugsweise oberhalb der Schleifenantenne angeordnet. Insbesondere kann sie auf der vorzugsweise geschlossenen Stirnfläche des oberen Endes des Zylinders angeordnet sein.

**[0030]** Die Einspeisung in die Kreuzfaltdipol-Antenne erfolgt vorzugsweise jeweils an den oberen Enden der Kreuzfaltdipol-Segmente. Die gegenüberliegenden Flächen auf dem Zylinder, d. h. insbesondere auf dessen Außenumfangs-

wand, die vorzugsweise aus elektrisch leitenden Material besteht, werden ebenfalls oben gespeist.

**[0031]** Der Einspeisepunkt für die Breitbanddipol-Antenne liegt vorzugsweise im Bereich zwischen den beiden Dipolhälften, d. h. insbesondere im Bereich zwischen den beiden Halbschalen.

**[0032]** Jede einzelne Antenne, d. h. die Breitbanddipol-Antenne, die Kreuzfaltdipol-Antenne, die Schleifenantenne und die Spiralantenne, weist vorzugsweise eine eigene Signalzuführung auf. Diese können durch Koaxialkabel realisiert sein. Vorzugsweise verlaufen die Koaxialkabel dabei nebeneinander, d.h. voneinander getrennt.

**[0033]** Alternativ können die Koaxialkabel konzentrisch ineinander geführt werden. Vorzugsweise sind - wenn eine Signalzuführung jeder einzelnen Antenne von unten erfolgt - die einzelnen Koaxialkabel dabei so ineinander geführt, dass jeweils das Koaxialkabel einer Antenne innerhalb desjenigen Koaxialkabels, welches die unter dieser Antenne angeordneten Antenne speist, angeordnet ist. Dementsprechend ist vorzugsweise also das Koaxialkabel der am weitesten unten gelegenen Breitbanddipol-Antenne als äußerstes angeordnet und das Koaxialkabel der Spiralantenne, die am weitesten oben im Antennenmodul angeordnet ist ganz innen. Vorzugsweise sind dabei die beiden Leiter eines Koaxialkabels auch ineinander konzentrisch geführt.

**[0034]** Die Breitbanddipol-Antenne kann im Inneren ein feldfreies Rohr aufweisen, das zentral in ihr entlang der Achse A verläuft. Innerhalb des feldfreien Rohres können die Signalzuführungen zu den weiteren, d. h. den weiter oben angeordneten Antennen, angeordnet sein, vorzugsweise nebeneinanderliegend. Das Rohr ist dabei im Inneren, dadurch dass es metallisch leitend ist, feldfrei. Dies bewirkt, dass die Speisekabel, d.h. die Signalzuführungen, welche im inneren Verlaufen keinem elektrischen Feld ausgesetzt sind. Auf die Funktionalität des eigentlichen Antennenstrahlers hat das Rohr vorzugsweise keinen Einfluss. Das Rohr sollte daher so dünn wie möglich sein.

**[0035]** Das feldfreie Rohr, welches vorzugsweise am unteren Ende des Antennenmoduls beginnt und im Bereich zwischen der unteren und der oberen Halbschale endet, kann einstückig und/oder elektrisch leitend mit dem hohlen Zylinder ausgebildet sein. Der Zylinder kann einen größeren Durchmesser aufweisen als das feldfreie Rohr, da innerhalb des Zylinders das Speisetzwerk angeordnet sein sollte. Der Zylinder verläuft vorzugsweise lediglich innerhalb der oberen Halbschale, das feldfreie Rohr lediglich innerhalb der unteren Halbschale. Der Zylinder kann aber auch im den Bereich zwischen den beiden Halbschalen verlaufen, wobei er in diesem Bereich vorzugsweise dünner ist als im Bereich der oberen Halbschale. Der Zylinder kann also die obere Halbschale mit der unteren Halbschale verbinden. Jedoch sollte der Bereich zwischen der oberen und der unteren Halbschale zumindest teilweise nicht von dem Zylinder gebildet werden, sondern von einem separaten, elektrisch nicht leitenden, entlang der Achse A verlaufenden Zylinderabschnitt, um die beiden Dipolhälften voneinander elektrisch zu isolieren. Schließlich ist auch denkbar, dass der Bereich zwischen den der oberen und der unteren Halbschale zumindest teilweise von der einer zylinderförmigen, entlang der Achse A verlaufendem Verlängerung der unteren Halbschale gebildet wird.

**[0036]** Das Rohr kann auf Masse liegen. Vorzugsweise bildet das Rohr den Anschluss, d.h. das Speisekabel für die obere Dipolhälfte der Breitbanddipol-Antenne. Die obere Halbschale ist also vorzugsweise mit dem Rohr elektrisch verbunden. Das Speisekabel für die untere Dipolhälfte ist dementsprechend vorzugsweise durch ein Loch in dem Rohr geführt, ohne dieses elektrisch zu kontaktieren, und mit der unteren Halbschale verbunden. Die untere Halbschale weist vorzugsweise an ihrem unteren Ende Abschlusswiderstände auf, über die sie mit dem Rohr verbunden sein kann. Die Abschlusswiderstände dienen dabei insbesondere der Zwangsanpassung der Breitbanddipol-Antenne bei tiefen Frequenzen.

**[0037]** Vorzugsweise sind die Halbschalen, insbesondere die untere Halbschale, so ausgebildet, dass sie wie eine Vivaldi-Antenne fungieren. Insbesondere entspricht bei ihr die Charakteristik der breitbandigen Einkopplung und/oder breitbandigen Anpassung und/oder frequenzunabhängigen Eingangsimpedanz und/oder breitbandigen Eingangsimpedanz derjenigen einer Vivaldi Antenne. Vorzugsweise ist also die Eingangsimpedanz gleich wie bei einer Vivaldi-Antenne zumindest theoretisch frequenzunabhängig. Die genannten Eigenschaften einer Vivaldi-Antenne kann sie dabei insbesondere bei hohen Frequenzen aufweisen, beispielsweise bei Frequenzen über 300 MHz oder über 400 MHz, beispielsweise bei 400-3000 MHz. Die Breitbanddipol - Antenne kann in etwa exponentiell verlaufend ausgebildet sein, wie dies bei einer Vivaldi Antenne der Fall ist. Eine Vivaldi Antenne ist jedoch im Gegensatz zur erfindungsgemäßen Breitbanddipol - Antenne eine planare Antenne, d.h. ein zweidimensionales Exponentialhorn mit exponentiell ansteigender Antennenfläche.

**[0038]** Zwischen der unteren Halbschale und dem feldfreien Rohr kann ein Hohlraum bestehen. Dieser Hohlraum kann mit einem Absorbermaterial, wie beispielsweise einem Antennenschäum, zumindest teilweise gefüllt sein. Vorzugsweise weist der Antennenschäum eine pyramidenförmige Form auf. Die Spitze der Pyramide kann nach oben orientiert sein. Der Antennenschäum hat dabei vorteilhafterweise die Funktion, die Mantelwellenausbreitung auf dem feldfreien Rohr zu verringern oder sogar komplett zu unterdrücken.

**[0039]** Die Einspeisung in die vier Kreuzfaltdipol-Segmente erfolgt vorzugsweise über einen Phasenschieber. Dieser kann innerhalb des Zylinders angeordnet sein. Vorzugsweise ist der resultierende Phasensatz zwischen den einzelnen Kreuzfaltdipol-Segmenten 90°.

**[0040]** Vorzugsweise ist die Form und Positionierung der oberen Halbschale und der unteren Halbschale so gewählt, dass sich die Kreuzfaltdipol-Antenne und die Breitbanddipol-Antenne nicht stören. Es ist also wünschenswert, dass sich

die Kreuzfaltdipol-Antenne und die Breitbanddipol-Antenne nicht gegenseitig nachteilig beeinflussen. Darunter ist zu verstehen, dass die von beiden Antennen erzeugten Strahlungen unbeeinflusst voneinander sind. Diese erwünschten Eigenschaften der Nicht-Beeinflussung, d. h. der unabhängigen Betriebbarkeit beider Antennen, stellt einen besonderen Vorteil des erfindungsgemäßen Antennenmoduls dar, insbesondere wenn dieses gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform bzw. derjenigen, die im Folgenden anhand der Figuren beschrieben wird, entspricht.

### c) Ausführungsbeispiele

**[0041]** Ausführungsformen gemäß der Erfindung sind im Folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: Eine perspektivische Seitenansicht des erfindungsgemäßen Antennenmoduls

Figur 2: Eine perspektivische Ansicht von oben auf das Antennenmodul von Fig. 1

Figur3: Eine perspektivische Seitenansicht des Antennenmoduls aus Fig. 1, bei dem zu Veranschaulichungszwecken ein Flügel weggelassen worden ist

Figur 4: Eine perspektivische Seitenansicht des Antennenmoduls aus Fig. 1, bei dem zu Veranschaulichungszwecken ein Kreuzfaltdipol-Segment weggelassen worden ist.

**[0042]** Die Figuren 1 - 4 zeigen das erfindungsgemäße Antennenmodul 1 von verschiedenen perspektivischen Ansichten, wobei in den Figuren 3 und 4 auch die inneren Bauteile, wie der Zylinder 9 und das feldfreie Rohr 12 sichtbar sind.

**[0043]** Das erfindungsgemäße Antennenmodul 1 ist in etwa axialsymmetrisch aufgebaut, wobei die Symmetrieachse A in Figur 1 von unten nach oben in vertikaler Richtung verläuft. Entlang dieser Achse sind die einzelnen Antennen des Antennenmoduls nacheinander, oder ineinander verschachtelt angeordnet. Auch die Signalzuführung zu den einzelnen Antennen erfolgt entlang dieser Achse.

**[0044]** Die Leitungen, die die Signalzuführungen zu den einzelnen Antennen bereitstellen, verlaufen also von unten nach oben, beispielsweise aus einem unten am Antennenmodul angeordneten Antennenmast 22, der zumindest teilweise hohl ist. Der Antennenmast kann gleichzeitig der Befestigung des Antennenmoduls, beispielsweise an einem U-Boot, dienen. Der Antennenmast 22 ist vorzugsweise zentral und entlang der Achse A angeordnet. Das dünnere, feldfreie Rohr 12 reicht in den dickeren Antennenmasten hinein und durchdringt diese vorzugsweise über seine gesamte Länge. Der Antennenmast 22 ist jedoch rein optional und kann auch weggelassen werden, wobei in diesem Fall das Rohr 12 bis ans untere Ende des Antennenmoduls 1 reicht.

**[0045]** Der Antennenmast ist vorzugsweise von den Strahlerelementen isoliert. Alternativ kann der Antennenmast auch mit dem unteren Rand der unteren Halbschale 6 der Breitbanddipol-Antenne 2 elektrisch leitend sein, dass der Antennenmast ein nicht hochfrequent, sondern vorzugsweise lediglich tieffrequent, abstrahlendes Teil der Breitbanddipol - Antenne ist.

**[0046]** Das Antennenmodul ist vorzugsweise von einem (nicht gezeigten) Zylinder, wie beispielsweise einem Radom umgeben, dessen Oberseite von einer Halbkugel verschlossen ist. Dieser Zylinder dient dem Schutz des Antennenmoduls und besteht vorzugsweise aus einem Material, welches die Antennenstrahlung ungehindert durchdringen kann. Beispielsweise kann er aus GFK Material bestehen. Er kann über das Antennenmodul gestülpt werden und am Fußpunkt des Antennenmoduls an entsprechenden Bohrungen verschraubt werden.

**[0047]** Wie in Figur 1 erkennbar ist, besteht das Antennenmodul 1 im Wesentlichen aus einer kugelförmigen, hohlen oberen Halbschale 7 (bzw. kugelförmigen Teil 7), die auf einer unteren Halbschale 6 (bzw. unterem Teil 6) aufsitzt. Die untere Halbschale 6 ist am Speisepunkt der Breitbanddipol-Antenne, d.h. in ihrem oberen Bereich ebenfalls kugelförmig ausgebildet, weiter unten, d.h. zum Fußpunkt hin kegelförmig ausgebildet. Die untere Halbschale besteht dabei oben aus der in Form 21, die in etwa die Form einer nach unten offenen, hohlen Viertel-Kugel aufweist, an welche sich plattenartige Flügel 11 anschließen, die die Kegelform der unteren Halbschale nach unten verlaufend weiterbilden und von Schlitzten getrennt sind. Die Flügel 11 bestehen wie alle Bestandteile der oberen und unteren Halbschale aus elektrisch leitendem Material, beispielsweise aus Blech

**[0048]** Der kugelförmige Teil 7 dient als Kreuzfaltdipol-Antenne. Der kugelförmige Teil 7 weist eine Kante 15 auf, die horizontal, d.h. orthogonal zur Achse A, um das kugelförmige Teil herum verläuft und zwar ca. auf der Höhe zwischen dem ersten Fünftel und dem zweiten Fünftel der Gesamthöhe des kugelförmigen Teils.

**[0049]** Aufgrund der Kante 15 ist derjenige Teil des kugelförmigen Teils 7 der unterhalb der Kante 15 angeordnet ist, nach unten, d. h. dem kegelförmigen Teil 6, d. h. der Halbschale 6 zugewandt, während derjenige Teil oberhalb der Kante 15 zur Seite oder nach oben gerichtet ist. Die Teile oberhalb und unterhalb der Kante 15 fungieren gemeinsam als eine Dipolhälfte der Breitbanddipol-Antenne 2. Dabei ist der Teil unterhalb der Kante 15 ausschlaggebend für die höheren Frequenzen, insbesondere für die Frequenzen oberhalb von 500 MHz. Für tiefere Frequenzen muss der Dipol

(somit die Länge der gesamten Breitband-Dipol Antenne) eine gewisse Länge aufweisen. Die korrespondierende Funktionsweise für tiefere Frequenzen kann daher an der unteren Halbschale der Antennenmast aufweisen. Der kugelförmige Teil 7 und die untere Halbschale 6 dienen gemeinsam als Dipol 2 der Breitbanddipol-Antenne 2.

**[0050]** Erfindungsgemäß weist das Antennenmodul 1 also mindestens einen Abschnitt 7 entlang der Achse A auf, der sowohl als Kreuzfaltdipol-Antenne 2, als auch als Breitbanddipol-Antenne 3 fungiert. Die Bauteile des Antennenmoduls 1, insbesondere die Strahlerelemente 2 und 3 sind symmetrisch zu der Achse A aufgebaut.

**[0051]** Das kugelförmige Teil 7 ist in Längsrichtung durch acht Schlitzte unterbrochen, die sich in vertikaler Richtung, im Wesentlichen parallel zur Achse A erstrecken. Die Schlitzte sind vorzugsweise nicht gleichmäßig über den Umfang verteilt, sondern so, dass sich zwischen den Schlitzten vier dünnere, gegenüberliegend und orthogonal zueinander ausgerichtete Segmente und vier dickere, gegenüberliegend und orthogonal zueinander ausgerichtete Segmente ergeben. Die dickeren Segmente 7a - d sind dabei Bestandteile der Kreuzfaltdipol-Antenne und der Breitbanddipol-Antenne, während die vier dünneren Segmente 7i - l lediglich Bestandteile der Breitbanddipol-Antenne sind. Die Segmente sind plattenförmig ausgebildet und bilden die Oberfläche des kugelförmigen Teils 7.

**[0052]** Die breiteren Kreuzfaltdipol-Segmente 7a - d sind auf der Höhe der Kante 15 jeweils durch eine Abstützung, d.h. Querstrebe 7e - h an einem zentralen, entlang der Achse A verlaufenden hohlen Zylinder 9 abgestützt. Auch können die Abstützungen sowohl oberhalb der Kante 15 als auch unterhalb der Kante 15 beginnen. Die Abstützungen 7e - h verbinden also den Zylinder 9 mit den Segmenten 7a - d und sind dabei vorzugsweise horizontal ausgerichtet. Befestigt werden die Abstützungen am Zylinder mit einem dielektrischen Material, welches nichtleitend ist.

**[0053]** Die Kreuzfaltdipol-Segmente 7a - d sind zudem nach unten durch vertikal angeordnete und isolierende Längsstreben 23 abgestützt und stabilisiert, welche am unteren Rand 20 des Antennenmoduls befestigt sind und vorzugsweise zwischen den Flügeln 11 angeordnet sind.

**[0054]** Die obere Halbschale 7 wird also aus insgesamt acht Armen, d. h. Segmenten 7a - d, 7i - l geformt. Davon besitzen jeweils 4 immer identische Maße.

**[0055]** Die vier breiteren Arme, d. h. Segmente 7a - d sind dabei Bestandteil der Breitbanddipol-Antenne, sowie der Kreuzfaltdipol-Antenne, während die vier dünneren Arme, d. h. Segmente 7i - l lediglich Bestandteil der Breitbanddipol-Antenne sind.

**[0056]** Die zusätzlichen dünneren Arme 7i - l dienen der Rundstrahlcharakteristik der Breitbanddipol-Antenne 2, um eine möglichst geringe Welligkeit über die horizontale Ausbreitungsrichtung zu erzielen.

**[0057]** Die Breitbanddipol-Antenne 2 besteht prinzipiell aus zwei asymmetrischen Halbschalen 6,7, welche beide einem in etwa exponentiellen äußeren Verlauf besitzen. Entlang der axialen Achse A, innerhalb der unteren Halbschale 6 befindet sich ein Rohr 12, welches in seinem Inneren feldfrei ist. Hierdurch werden alle Koaxialkabel 16 - 19, die zur Speisung aller Antennenelemente benötigt werden durchgeführt.

**[0058]** Zu beachten ist jedoch, dass bei der oberen Halbschale 6 der exponentielle Verlauf nach oben durch die Kante 15 begrenzt wird und sich daran ein weiterer in etwa exponentieller oder halbkugelförmiger Verlauf anschließt, der sich jedoch im Gegensatz zum ersten die Halbschale nicht nach oben gehend zunehmend öffnet, sondern schließt.

**[0059]** Die beiden Halbschalen 6, 7 weisen in einer Seitenansicht die Verläufe zweier unterschiedlicher exponentieller Kurven auf, wovon eine nach unten gerichtet ist (diejenige der Halbschale 6) und die andere nach oben (diejenige der Halbschale 7). Der exponentielle Verlauf der oberen Halbschale 7 reicht dabei bis zur Kante 15. Dabei stellt die Achse A die Funktionsachse der exponentiellen Funktionen der Kurven dar. Ausgehend von dem Bereich zwischen den beiden Halbschalen 6, 7 ist also bei beiden Kurven das Wachstum in vertikaler Erstreckung in Relation zur Verbreiterung in horizontaler Erstreckung exponentiell ansteigend. Das Wachstum der unteren Kurve, d. h. der unteren Halbschale 6 ist dabei größer als dasjenige der oberen Kurve, d. h. der oberen Halbschale 7, sodass die untere Halbschale 6 in vertikaler Erstreckung größer ist als die obere Halbschale 7, also höher ist. Die beiden Halbschalen sind jedoch in etwa an ihrer breitesten Stellen, d. h. bei der unteren Halbschale im Bereich des unteren Randes 20 des Antennenmoduls und bei der oberen Halbschale 7 an der Kante 15, gleich breit. Da die beiden Halbschalen 6, 7 rotationssymmetrisch zur Achse A sind, ergeben sich ihre Formen durch eine Rotation der jeweiligen exponentiellen Kurven um die Achse A.

**[0060]** Wie bereits erwähnt, weist die untere Hälfte der oberen Halbschale 7 einen exponentiellen Verlauf auf. Ab der Höhe des größten Durchmessers ändert sich der äußere Verlauf und folgt der Form einer Kugelhalbschale bis zum offenen Ende. Der größte Durchmesser wird von der Kante 15 definiert.

**[0061]** Zusätzlich befindet sich innerhalb der unteren Halbschale 6 zwischen Rohr 12 und der Innenwand unteren Halbschale 6 ein Antennenschaum 11. Dieser dient als HF Absorber Material, welches eine Ausbreitung von Mantelwellen auf der Außenseite des Rohrs 12 unterdrückt.

**[0062]** Die untere Halbschale 6, sowie der exponentielle Teil der oberen Halbschale 7 bilden zusammen eine exponentiell wachsende Antennenapertur mit Radialsymmetrie. Der Exponentialverlauf ermöglicht eine breitbandige Frequenzunabhängigkeit, die Radialsymmetrie eine omnidirektionale Abstrahlung. Für den optimierten Frequenzbereich von 400 - 3000 MHz arbeitet die Antenne nach dem Prinzip einer Vivaldi Antenne (sehr breitbandig). Für den Bereich von 30MHz - 400MHz wirken die beiden Halbschalen 6, 7, die als Dipolhälften der Breitbanddipol-Antenne fungieren, als ein dicker Breitband-dipol. Um eine gute Anpassung in den unteren Frequenzbereichen bei 30 MHz zu erreichen,

wird die untere Halbschale 6 an ihren Enden zum Fußpunkt der Antenne über Widerstände mit dem Rohr 12 verbunden.

**[0063]** Die Struktur kann als ein Hybrid zwischen exponentieller Aperturantenne und dickem zylindrischen Dipol angesehen werden, und führt zu einer Antenne mit einer Bandbreite von 2 Dekaden (30MHz - 3000 MHz). Die Polarisation der Antenne ist linear vertikal. Die Speisung der Antenne erfolgt über ein Koaxialkabel 13, welches durch eine Bohrung im Rohr 12 auf Höhe der Spitze der unteren Halbschale 6 geführt wird und dessen Innenleiter mit der unteren Halbschale 6 verbunden wird. Der Außenleiter ist mit dem Rohr 12 und somit der oberen Halbschale 7 verbunden.

**[0064]** Die Kreuzfaltdipol-Antenne 3 ist über die vier Arme, d.h. 4 Segmente, der oberen Halbschale realisiert. An jedem Arm 7a - d ist an der Innenseite eine zum Zylinder 9 gerichtete Abstützung 7e - h befestigt, welche als kapazitive Belastung der Antenne dient und somit eine kompakte Bauweise ermöglicht. Die Abstützungen 7e - h sind nicht galvanisch mit dem Zylinder 9 verbunden sondern über einen Kunststoffring befestigt.

**[0065]** Die Kreuzfaltdipol-Antenne 3 wird über ein Teilernetzwerk an den offenen Enden der Arme 7a - d gespeist. Das Teilernetzwerk verteilt das Signal auf die vier Arme 7a - d mit gleicher Amplitude und Phasenversatz. Der Phasenversatz zwischen benachbarten Armen beträgt jeweils 90°, was zu einer zirkularen Abstrahlung führt. In diesem Fall erfolgt der Phasenversatz, sodass die Antenne rechtszirkular polarisiert ist (RHCP), was für die SATCOM Kommunikation benötigt wird. Das Netzwerk ist im inneren des Zylinders 9 angebracht und wurde auf Leiterplatten in Mikrostreifenleitungstechnik realisiert. Die Massefläche ist mit dem Zylinder galvanisch verbunden. Die schmalen Zwischensegmente 7i - l haben nur einen vernachlässigbar kleinen Einfluss auf die Funktionalität der Kreuzfaltdipol-Antenne 3.

**[0066]** Die innovative Besonderheit der Antenne besteht darin, dass der oberen Teil 7 der Breitbanddipol-Antenne zugleich das Kreuzfaltdipol-Antennenelement 3 bildet.

**[0067]** Das Teilernetzwerk besteht aus insgesamt zwei separaten Platinelementen. Zum einen ein sogenannten "Rat-Race", ein Ring-Koppler aus Mikrostreifenleitungstechnik der durch eine geeignete Beschaltung dazu beiträgt, dass zwei Pfade zueinander um 180° Phasenversetzt sind. In der zweiten Stufe werden diese beiden Pfade auf einen Wilkinson-Teiler geschaltet der die beiden differentiellen Signalpfade nochmals jeweils in zwei um 90° versetzte Pfade aufteilt. Somit ergeben sich vier Pfade mit jeweils 90° Phasenverschiebung. Alle vier Pfade gehen dann auf eine letzte Platine mit einem für jeden Pfad identischen Anpassnetzwerk, welches die Leitungsimpedanz auf die Eingangsimpedanz der einzelnen Arme 7a - d transformiert.

**[0068]** Eine Schleifenantenne 4 ist oberhalb der Kreuzfaltdipol-Antenne angeordnet und umgibt in horizontaler Ausrichtung den Zylinder 9, der nach oben mit einem oberen Zylinderabschnitt 13 aus der Kreuzfaltdipol-Antenne hervorsteht.

**[0069]** Die Schleifenantenne 4 ist eine offene Leiterschleife und wird für den aktiven Empfang von HF Signalen im Bereich von 10kHz - 30MHz verwendet. Hierfür muss ein entsprechender Verstärker verwendet werden.

**[0070]** Die relativ kurze elektrische Länge der Schleifenantenne wird durch die Eingangsimpedanz der aktiven Verstärkerstufe kompensiert, welche optimiert wurde um die benötigte Empfindlichkeit für einen zuverlässigen Empfang von VLF-HF und GPS differential Signalen zu erreichen.

**[0071]** Die Schleifenantenne ist oberhalb der Kreuzfaltdipol-Antenne 3 symmetrisch um den Zylinder 9 angebracht. Ihre Form entspricht der eines Kleeblattes um die Verkopplung zwischen Kreuzfaltdipol-Antenne 3 und Schleifenantenne 4 zu minimieren.

**[0072]** Eine Spiralantenne 5, welche eine planare bifilare Spiralantenne darstellt, ist auf einer Leiterplatte montiert. Die Spiralantenne 5 und/oder die Leiterplatte ist auf der Stirnseite des Zylinders montiert 9 und bildet dessen Abschluss. Die Breite der beiden Arme 5a, 5b nimmt exponentiell zu und ihre Enden sind mit dem Zylinder 9 verbunden. Hinter der Antenne innerhalb des Zylinders ist ein entsprechender Reflektor angebracht um den Antennengewinn zu erhöhen.

**[0073]** Die Spiralantenne 5 ist wie die Breitbanddipol-Antenne 2 Frequenzunabhängig und nur durch ihre Abmessungen am Speisepunkt als auch an den Armen 5a, b begrenzt. Sie besitzt zirkuläre Polarisation und wird für zivile Satellitenanwendungen und Navigation verwendet. Ihre Positionierung hat nur geringen Einfluss auf die Abstrahlung der Kreuzfaltdipol-Antenne 3. Um für eine Blitzschlagfestigkeit zu sorgen sind ihre Armen leitend mit dem Zylinder 9 verbunden und liegen somit auf Masse.

## BEZUGSZEICHENLISTE

### [0074]

- |       |                                         |
|-------|-----------------------------------------|
| 1     | Antennenmodul                           |
| 2     | Breitbanddipol-Antenne, Strahlerelement |
| 3     | Kreuzfaltdipol-Antenne, Strahlerelement |
| 4     | Schleifenantenne                        |
| 5     | Spiralantenne                           |
| 5a, b | Arme                                    |
| 6     | Halbschale                              |
| 7     | Halbschale                              |

|    |         |                                 |
|----|---------|---------------------------------|
|    | 7a-d    | Kreuzfaltdipol-Segment          |
|    | 7i-l    | Breitbanddipol-Segment          |
|    | 7 e-h   | Querstreben                     |
|    | 8       | Schlitze                        |
| 5  | 9       | Zylinder                        |
|    | A       | axiale Richtung, Symmetrieachse |
|    | 11      | Flügel                          |
|    | 12      | Rohr                            |
|    | 13      | oberer Zylinderabschnitt        |
| 10 | 15      | Kante                           |
|    | 16 - 19 | Koaxialkabel                    |
|    | 20      | unterer Rand                    |
|    | 21      | viertelkugelförmige Form        |
|    | 22      | Antennenmast                    |
| 15 | 23      | Längsstreben                    |

### Patentansprüche

- 20 1. Antennenmodul (1) mit wenigstens zwei voneinander unabhängig betreibbaren Strahlerelementen (2,3), wovon einer eine linear polarisierte Antenne (2), insbesondere eine Breitbanddipol-Antenne, und der andere eine zirkular polarisierte Antenne (3), insbesondere eine Kreuzfaltdipol-Antenne oder eine Spiralantenne ist, und die axial hintereinander auf einer gemeinsamen Achse A angeordnet sind,
- 25 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der eine Teil (7) der linear polarisierten Antenne (2) Bestandteil der zirkular polarisierten Antenne (3) ist.
- 30 2. Antennenmodul (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die linear polarisierte Antenne (2) zwei mit der konvexen Außenseite gegeneinander gerichtete, in axialer Richtung des Antennenmoduls orientierte, vorzugsweise asymmetrische Halbschalen (6, 7) umfasst und die eine, insbesondere dem freien Ende des Antennenmoduls (1) benachbarte, Halbschale (7) Teil der zirkular polarisierten Antenne (3) ist, und diese Halbschale (7) mit Schlitzen (8), insbesondere in axialer Richtung (A) oder spiralförmig um die Achse (A) verlaufend, versehen ist, die zum freien oberen Rand der Halbschale (7) hin offen sind.
- 35 3. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
- die zirkular polarisierte Antenne (3) von einem zentralen Zylinder (9) in axialer Richtung durchdrungen ist, der über das offene Ende der zirkular polarisierten Antenne (3) vorsteht und insbesondere den Gegenpol zu jedem der Segmente (7a - d) der zirkular polarisierten Antenne (3) darstellt, und insbesondere  
40 - in dem hohlen Zylinder (9) das Anpassnetzwerk für das gesamte Antennenmodul (1), insbesondere für die zirkular polarisierte Antenne (3), angeordnet ist.
4. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
45 - die Kreuzfaltdipol-Antenne (3) vier Kreuzfaltdipol-Segmente (7a-7d) aufweist, die von den Schlitzen (8) begrenzt sind und vorzugsweise jeweils eine Abstützung (7e-7h) aufweisen, die im Wesentlichen radial zum zentralen Zylinder (9) hin orientiert sind und das jeweilige Segment mit dem Zylinder (9) verbinden, wobei die Abstützungen (7e-h) so ausgebildet sind, dass sie als kapazitive Belastung wirken, und/oder  
50 - jeweils zwischen zwei Kreuzfaltdipol-Segmenten (7a-7d) ein Breitband-dipol -Segment (7i-l) angeordnet ist, welches vorzugsweise schmaler als die Kreuzfaltdipol-Segmente (7a-7d) ist und so ausgebildet ist, dass es die Welligkeit der omnidirektionalen Strahlung der Breitband-dipol-Antenne (2) verringert.
5. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
55 - an einem freien Überstand (13) des Zylinders (9) über die zirkular polarisierte Antenne (3) hinaus eine den Zylinder (9) konzentrisch und fast vollständig umgebende Schleifenantenne (4) als Empfangs- und/oder Sendantenne angeordnet ist, wobei die Schleifenantenne (4) vorzugsweise der Form eines vierblättrigen Kleeblatts oder eines Quadrats mit nach innen gebogenen Kanten entspricht, wobei die Blätter des Kleeblatts oder die

abgerundeten Ecken des Quadrats in einer Aufsicht vorzugsweise in den Bereichen zwischen den Kreuzfaltdipol-Segmenten (7a-7d) angeordnet sind, und/oder  
 - auf dem freien stirnseitigen Ende des Zylinders (9) eine Spiralantenne (5), insbesondere umfassend zwei Spiral-Arme (5a, 5b), angeordnet ist.

6. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspeisung in die Kreuzfaltdipol-Antenne (3) jeweils zwischen den jeweilig freien, oberen Enden der Kreuzfaltdipol-Segmente (7a - d) der Außenschale der Kreuzfaltdipol-Antenne (3) und der aus elektrisch leitendem Material bestehende Außenumfangswand des Zylinders (9) erfolgt.

7. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- entlang der Symmetrieachse (A) der linear polarisierten Antenne (2) ein feldfreies Rohr (12) angeordnet ist, wobei durch das feldfreie Rohr (12) die Signalführung zu den oberen Antennen (3, 4, 5) verlaufen, und/oder  
 - das feldfreie Rohr (12) an das untere Ende des Zylinders (9) angeschlossen ist und/oder einstückig mit diesem ausgebildet ist.

8. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der unteren Halbschale (6) und dem feldfreien Rohr (12) ein Hohlraum besteht, in dem ein pyramidenförmiges Absorbermaterial mit nach oben ragender Spitze angeordnet ist, um die Mantelwellenausbreitung auf dem feldfreien Rohr (12) zu unterdrücken.

9. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Außenkontur der Halbschalen (6,7) der linear polarisierten Antenne (2) geometrische Formen in etwa entsprechend den Verläufen von Exponentialfunktionen aufweisen, wobei  
 - die obere Halbschale (7) vorzugsweise vom Bereich zwischen den beiden Halbschalen (6,7) ausgehend nach oben einen in etwa exponentiellen Verlauf aufweist, und/oder  
 - die untere Halbschale (6) vorzugsweise vom Bereich zwischen den beiden Halbschalen (6,7) ausgehend nach unten in etwa einen exponentiellen Verlauf aufweist, und so ausgebildet ist, dass sie bei hohen Frequenzen, insbesondere von 400 - 3000 MHz, dieselbe Eingangsimpedanzcharakteristik wie eine Vivaldiantenne aufweist.

10. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspeisepunkte für die linear polarisierte Antenne (2) im Bereich zwischen den beiden Halbschalen (6,7) liegen.

11. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Signalführung zur linear polarisierten Antenne (2), zur zirkular polarisierten Antenne (3), zur Schleifenantenne (4) und zur Spiralantenne (5) jeweils in einem Koaxialkabel (16, 17, 18, 19) erfolgt, wobei die Koaxialkabel (16, 17, 18, 19) nebeneinander angeordnet sind und innerhalb des feldfreien Rohrs (12) verlaufen.

12. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylinder (9) am Boden der oberen Halbschale (7) aufsitzt und mit dieser elektrisch leitend verbunden ist.

13. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kreuzfaltdipol - Segmente (7a - d) der oberen Halbschale (7) von der Stelle (15) ihres radial größten Abstandes aus zum freien Ende hin sich wieder an die Symmetrieachse (A) annähern und die Kreuzfaltdipol-Antenne (3) insbesondere die Form einer in die Länge gezogenen Kugel aufweist, die axial insbesondere länger ist als die axiale Länge der unteren Halbschale (6).

14. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Einspeisung in die vier Kreuzfaltdipol - Segmente (7a - d) mit 90° Phasenversatz zueinander erfolgt, indem in dem Zylinder (9) ein Phasenschieber angeordnet ist, über den die Einspeiseleitungen verlaufen und/oder  
 - die Form und Positionierung der Kreuzfaltdipol-Antenne (2) und der unteren Halbschale (6) so gewählt sind, dass die Kreuzfaltdipol-Antenne (3) und die Breitbanddipol-Antenne (2) voneinander ungestört sind.

15. Antennenmodul (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

## EP 2 546 925 A1

- bei der Spiralantenne (5) die Anpassung der Antenne durch die Formgebung der Arme (5a, b) am Speisepunkt erreicht wird und/oder
- der mit seinem inneren Ende an dem Innenleiter des Koaxialkabels (19) angeschlossene Arm der Spiralelemente (5) am äußeren Ende elektrisch leitend mit dem Außenleiter des Koaxialkabels (19) verbunden ist, insbesondere indirekt über einen unter der Spiralantenne (5) angeordneten Reflektor.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

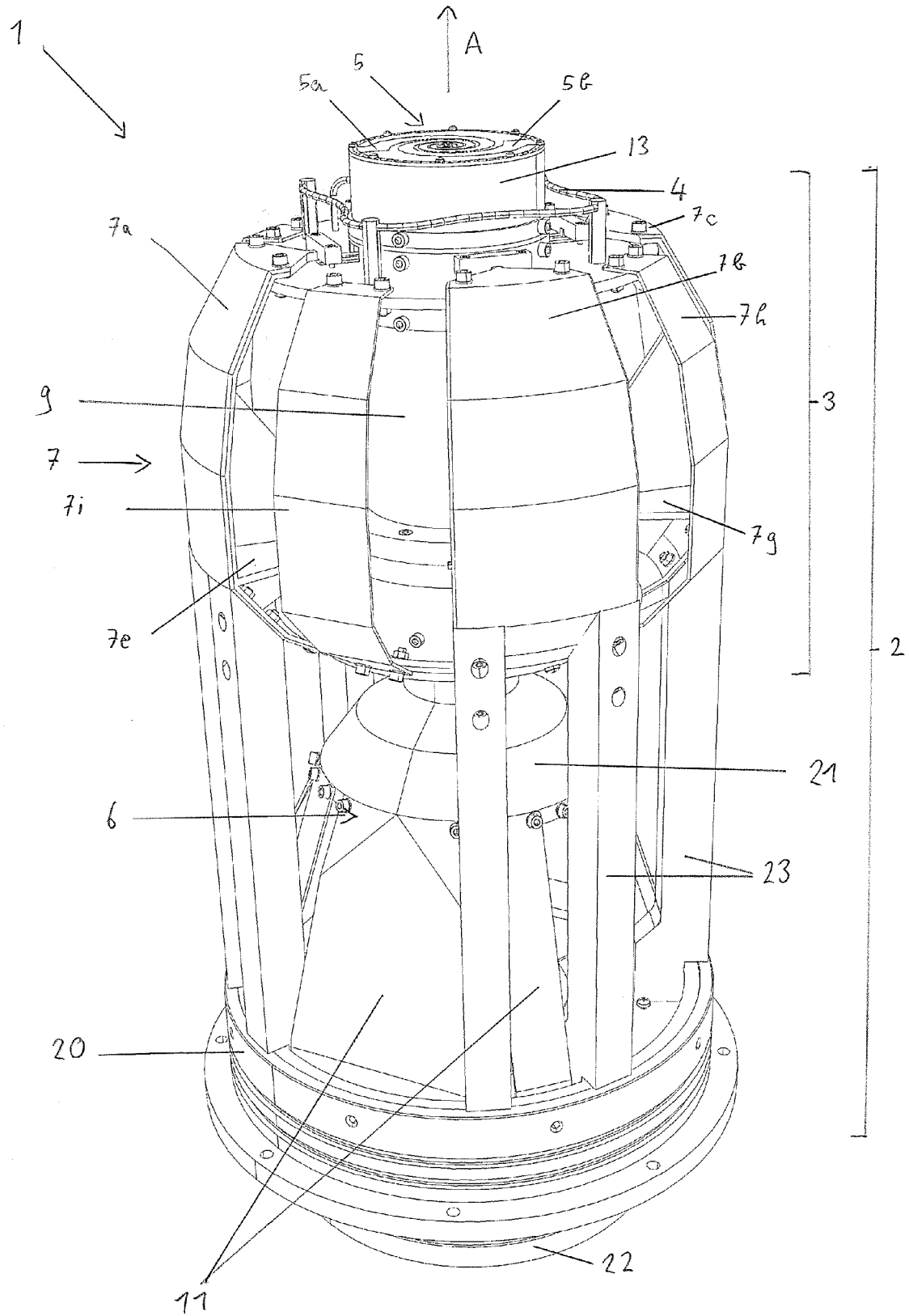


Fig. 1

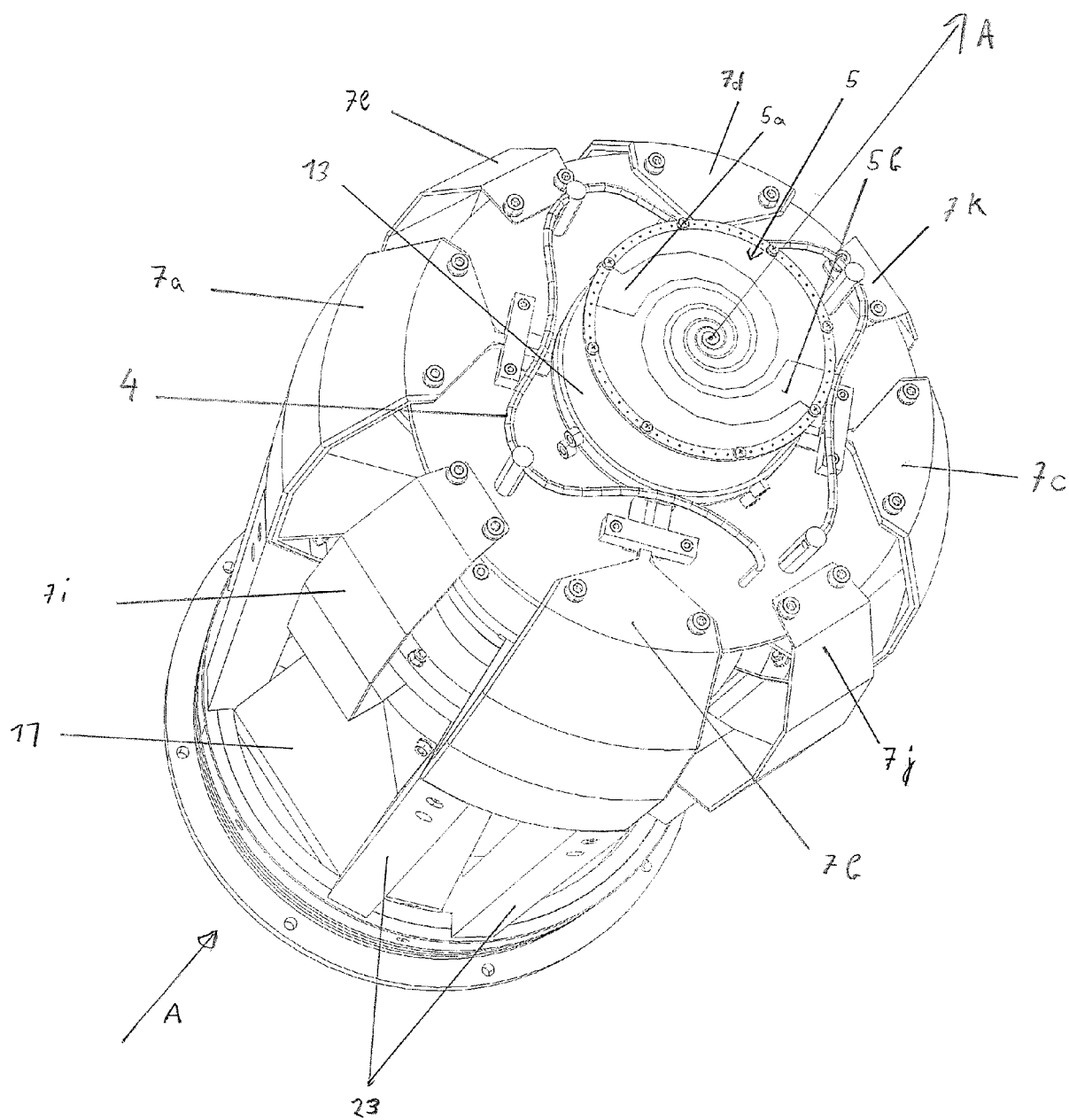


Fig. 2

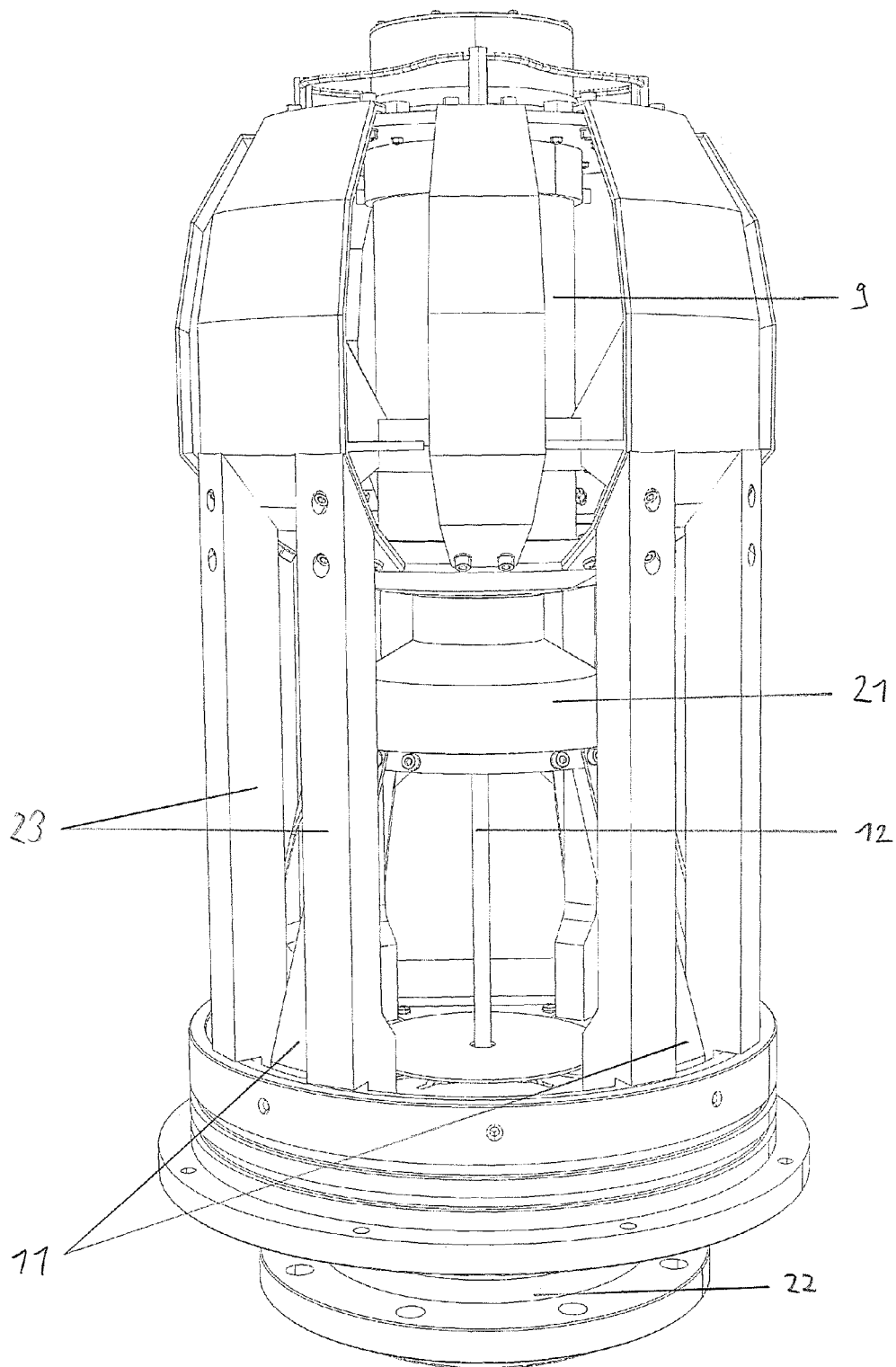


Fig. 3

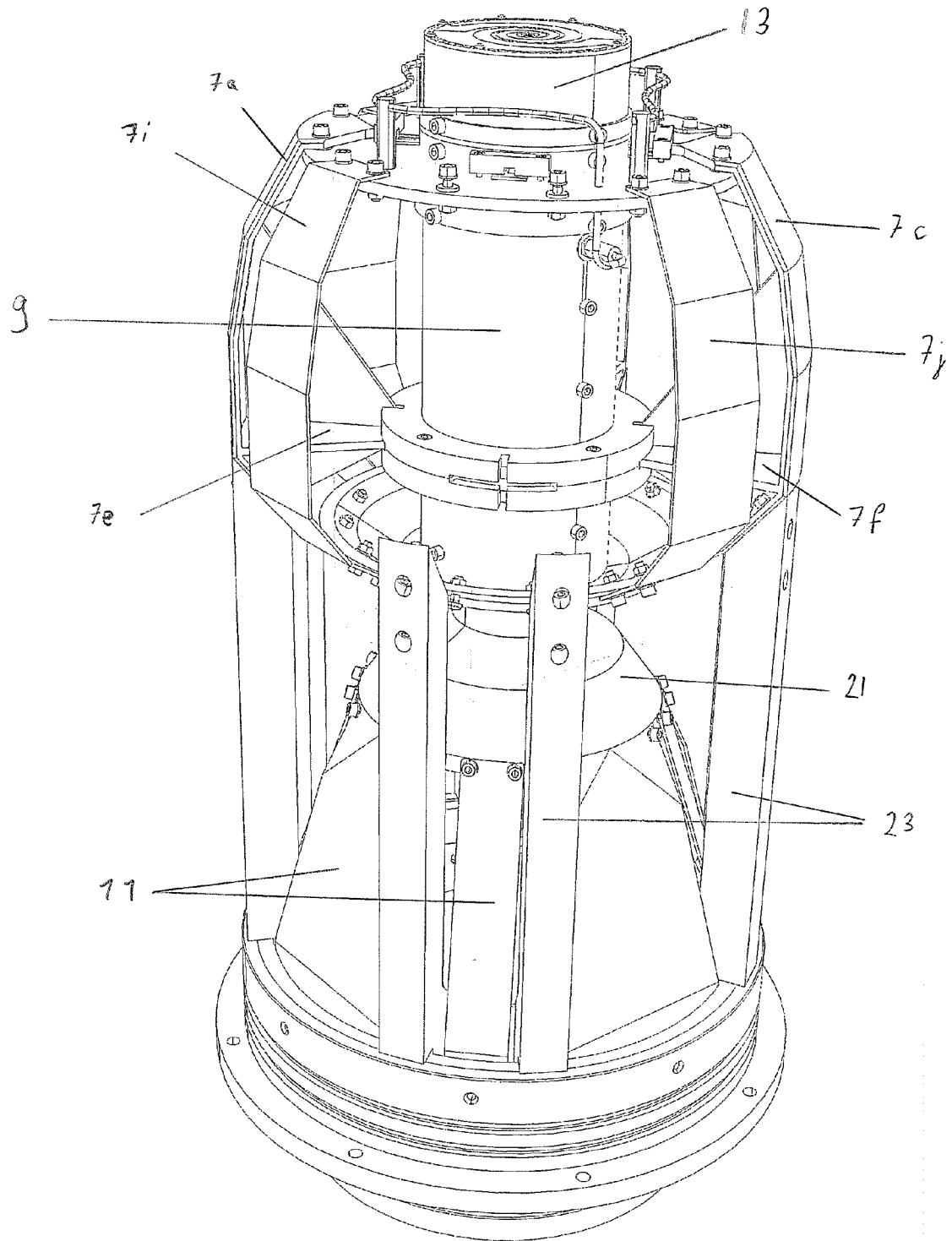


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 12 17 6361

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                    | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                            | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)             |
| X                                                                                                                                                                                                                                            | US 4 030 100 A (PERROTTI EMMANUEL JOSEPH)<br>14. Juni 1977 (1977-06-14)                                                                                                        | 1,3,4,6,7,13-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | INV.<br>H01Q1/34                               |
| Y                                                                                                                                                                                                                                            | * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 *<br>* Spalte 1, Zeile 26 - Spalte 2, Zeile 68 *                                                                                           | 9,10,12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | H01Q9/28<br>H01Q21/26<br>H01Q21/28<br>H01Q5/00 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                            | -----<br>DE 20 2008 005765 U1 (AEROMARITIME SYSTEMBAU GMBH [DE])<br>3. Juli 2008 (2008-07-03)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 *<br>* Absatz [0006] - Absatz [0054] *     | 9,10,12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | B63G8/38<br>H01Q25/00<br>H01Q9/18              |
| A                                                                                                                                                                                                                                            | -----<br>US 5 506 592 A (MACDONALD ALAN D [US] ET AL)<br>9. April 1996 (1996-04-09)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5,6 *<br>* Spalte 2, Zeile 21 - Spalte 6, Zeile 37 * | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                |
| A                                                                                                                                                                                                                                            | -----<br>US 2010/073239 A1 (TATARNIKOV DMITRY [RU] ET AL)<br>25. März 2010 (2010-03-25)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 2,3,9-16 *<br>* Absätze [0028] - [0082] *            | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)                |
| A                                                                                                                                                                                                                                            | -----<br>US 2007/132650 A1 (LALEZARI FARZIN [US])<br>14. Juni 2007 (2007-06-14)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 1-16 *<br>* Absätze [0001] - [0103] *                        | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | H01Q<br>B63G                                   |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                |
| Den Haag                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                | 24. Oktober 2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                | Prüfer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                | Hüschelrath, Jens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                |

 1  
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 12 17 6361

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-10-2012

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 4030100 A                                       | 14-06-1977                    | KEINE                             |                               |
| DE 202008005765 U1                                 | 03-07-2008                    | DE 202008005765 U1                | 03-07-2008                    |
|                                                    |                               | EP 2112712 A1                     | 28-10-2009                    |
| US 5506592 A                                       | 09-04-1996                    | KEINE                             |                               |
| US 2010073239 A1                                   | 25-03-2010                    | EP 2335316 A1                     | 22-06-2011                    |
|                                                    |                               | US 2010073239 A1                  | 25-03-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2010035104 A1                  | 01-04-2010                    |
| US 2007132650 A1                                   | 14-06-2007                    | KEINE                             |                               |

EPO FORM P0481

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10239874 A1 [0009]