



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Klassierung:

21 a<sup>4</sup>, 46/03

Gesuchsnummer:

14468/60

Anmeldungsdatum:

26. Dezember 1960, 18 Uhr

Patent erteilt:

30. November 1964

Patentschrift veröffentlicht:

15. Februar 1965

## HAUPTPATENT

Rudolf Baumgartner, Bern

## Vollgespeiste Richtantenne für Kurz- und Ultrakurzwellen

Rudolf Baumgartner, Bern, ist als Erfinder genannt worden

Zum Verständnis und zur Beurteilung der erfindungsgemäßen Antenne werden die Besonderheiten gerichteter Hochfrequenzstrahlung sowie Antennen ähnlicher Art bis zum neuesten Stand der Technik kurz gestreift.

Durch gerichtete Hochfrequenzstrahlung mit Hilfe von Richtantennen kann die Verbindungsgüte einer drahtlosen Verbindungsstrecke bedeutend verbessert werden. Gleichzeitig werden außerhalb des Richtstrahles liegende Störer aller Art unterdrückt. Diese Vorteile werden ohne Erhöhung der laufenden Betriebskosten erzielt. Der Empfang an einem gegebenen Standort kann mit keinem andern Mittel als mit Richtempfangsantennen verbessert werden, weil die Empfindlichkeit der Empfangsgeräte durch den Stand der Röhren- und Schalttechnik begrenzt ist. Auch auf der Sendeseite ist die Sendeenergie meist an ein wirtschaftliches Maß gebunden, so daß Energiebündelung mit Richtantennen oft als einzige Verbesserungsmaßnahme in Frage kommt.

Elektromagnetische Wellen lassen sich um so schärfer bündeln, je größer der Reflektor bzw. das Antennengebilde im Verhältnis zur Wellenlänge ist. Während Lichtwellen und sehr kurze Radiowellen mit kleinen Gebilden scharf gebündelt werden können, wird nur einigermaßen gute Bündelung bei Meter- und Dekameterwellen bereits problematisch. Aber gerade im Kurz- und Ultrakurzwellenbereich von etwa 6 bis 300 MHz (50 bis 1 m Wellenlänge) ist Richtstrahlung heute in vielen Fällen von großem Nutzen. Oft geht es darum, Antennenformen zu finden, die bei möglichst knappen Abmessungen und einfacher, wetterfester Konstruktion noch gute Richtstrahleigenschaften aufweisen, und oft tritt das weitere Bedürfnis hinzu, den Richtstrahl abwechslungsweise nach verschiedenen Himmelsrichtungen drehen zu können. Man gelangt zwangsläufig zu einem Richtstrahlertyp,

der sich an einem einzigen vertikalen Rohrmast, sei er drehbar oder fest, montieren läßt.

Die kompaktesten Antennen für einseitige Richtstrahlung sind die bekannten und weitverbreiteten Yagi-Antennen. Sie bestehen aus einem gespeisten Halbwelldipol, welchem parallel und in einer Ebene liegend parasitär erregte Reflektor- und Direktordipole beigegeben sind (Fig. 1). Je nach Länge und Anzahl der Dipolelemente kann durch ihr gegenseitiges Zusammenwirken eine mehr oder weniger gute einseitige Bündelung der Strahlung nach dem Interferenzprinzip erzielt werden.

Die Beliebtheit der Yagi-Antennen gründet sich auf folgende Vorteile:

– Nur ein einziges Dipolelement muß gespeist werden, was den Betrieb der Antenne einfach und zuverlässig macht.

– Die Yagi-Antenne kann als Ganzmetallkonstruktion einfach und wetterfest gebaut werden.

Trotz der großen Verbreitung dieser Antennen sind folgende Nachteile nicht zu übersehen:

– Parasitäre, das heißt strahlungserregte Elemente sind dem gespeisten Dipol elektrisch nicht gleichwertig. Der Aufwand an parasitären Elementen im Verhältnis zur Wirkung ist verhältnismäßig groß.

– Auf Kurzwellen wird die Ausladung der Yagi schon so groß, daß sich Vier- bis Fünfelement-Antennen nur etwa im Wellenbereich 10 bis 16 m und Zwei- bis Dreielement-Antennen bis etwa 25 m Wellenlänge wetterfest bauen lassen.

– UKW-Yagis mit zahlreichen Elementen stören manches Auge und verursachen den Benützern verhältnismäßig hohe Anschaffungskosten.

Im Jahre 1950 wurde die sogenannte «Trombone»- oder «ZL-Special»-Antenne bekannt, die keine parasitär erregten Elemente mehr aufweist

(Fig. 2). Zwei Faltdipole in  $\lambda/8$  Abstand werden voll- gespeist. Der Speisungspunkt liegt in der Mitte des vorderen, kürzeren Elements. Die zum hintern Element führende sogenannte Phasenleitung erzeugt infolge ihrer Kreuzung um  $180^\circ$  und der ihrer Länge von  $\lambda/8$  entsprechenden Laufzeit eine Phasendifferenz von  $180 - 45 = 135^\circ$ . Diese für einseitige Richtwirkung notwendige Phasenverschiebung stimmt mit derjenigen überein, welche sich auch bei bloßer Strahlungskopplung der beiden ungleich langen Antennenelemente einstellen würde. Das System arbeitet ohne Komplikationen und erreicht im Kurzwellen-Fernverkehr einen Leistungsgewinn, der demjenigen einer guten Dreielement- oder durchschnittlichen Vierelement-Yagi entspricht.

Der Erfinder konnte diese Antenne bei Versuchen im Jahre 1954 konstruktiv verbessern, ohne deren elektrische Eigenschaften zu verschlechtern (Fig. 3). Anstelle der Faltdipole treten einfache Elemente aus Leichtmetallrohr, die mit einer doppelten T-Anpassung aus gewöhnlichem Installationsdraht gespeist werden. Diese unter dem Namen «HB9CV-Richtstrahler» bekannte Antenne steht bei zahlreichen Amateur-Sendestationen wie auch bei andern Kurzwellendiensten im Gebrauch und hat sich ebenfalls als UKW-Antenne bewährt.

In jüngster Zeit erlebt die sogenannte «Quad»-Antenne in Amateurreisen einen großen Aufschwung. Das Grundelement wird gebildet durch zwei Halbwelldipole in  $\lambda/4$  Abstand übereinander, deren Enden je zu einem geschlossenen quadratischen Rahmen zueinander geknickt werden (Fig. 4). Das Quadrat hat somit den Umfang einer Wellenlänge oder  $\lambda/4$  Seitenlänge. Das Ganzwellenquadrat nach Fig. 4 erzeugt eine horizontal polarisierte Strahlung mit zwei Maxima beidseitig quer zur Quadratebene. Nach dem Prinzip der Yagi-Antenne wird parallel zum gespeisten Quadrat ein zweites Quadrat etwas größerer Länge als parasitärer Reflektor zugeordnet. Dieses Gebilde nach Fig. 5 erfreut sich unter dem Namen «Cubical Quad» steigender Beliebtheit, obschon seine gegenwärtige Konstruktionsart aus Bambus- oder Holzgestell mit darübergespannten Drahtquadraten höheren Ansprüchen an Dauerhaftigkeit kaum genügt. Neueste Ganzmetallkonstruktionen sind recht aufwendig, und die metallenen Hilfsträger wirken elektrisch störend.

Der Leistungsgewinn dieser Antenne beträgt bei Nahfeldversuchen etwa 6 db gegenüber dem Halbwelldipol. Eigenartigerweise bestätigen die Ergebnisse im interkontinentalen Kurzwellenverkehr immer aufs neue, daß der effektive Gewinn bei 10 bis 12 db liegt. Die Lautstärken liegen deutlich höher als bei der Vierelement-Yagi. Dieses Verhalten, das offenbar mit der räumlichen Anordnung der Antenne zusammenhängt, ist wissenschaftlich noch wenig erforscht.

Aufbauend auf den geschilderten Entwicklungsstand ist die erfindungsgemäße Antenne entstanden. Diese ist auf einfache Weise voll gespeist.

Es muß hier eingefügt werden, daß es sich bei Entwicklung voll gespeister Richtantennen mit ungleich langen Elementen um empirisch gefundene Lösungen handelt. Mathematische Untersuchungen stoßen wegen der zahlreichen voneinander abhängigen Variablen auf große Schwierigkeiten. Die kommerzielle Antennentechnik steht deshalb solchen Weiterentwicklungen vorläufig skeptisch gegenüber. Die erfindungsgemäße Antenne zeigt jedoch im Verhältnis zum Aufwand so überzeugende Ergebnisse, daß die wissenschaftliche Bearbeitung des empirisch erzielten Fortschrittes nun lohnend erscheint.

Der Zweck der Erfindung besteht in der Schaffung einer Richtantenne, die bei geringeren Abmessungen, kleinerem Materialaufwand und einfacherer Konstruktion mindestens ebenso gute oder bessere Richtstrahleigenschaften aufweist als bisher bekannte Antennen dieser Art.

Nachfolgend werden an Hand der beiliegenden Zeichnungen eine beispielsweise Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antenne sowie zwei Varianten ihrer Speisung näher erläutert.

In den Zeichnungen, wird dargestellt:

Fig. 1 die bekannte «Dreielement-Yagi»,

Fig. 2 die bekannte «Trombone»- oder «ZL-Special»-Antenne,

Fig. 3 die bekannte «HB9CV-Richtantenne»,

Fig. 4 die Strom- und Spannungsverteilung der bekannten «Quad»-Antenne,

Fig. 5 eine bekannte Form der «Cubical Quad»-Richtantenne,

Fig. 6 die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Richtantenne,

Fig. 7 bis 8 zwei Arten der Antenneneinspeisung,

Fig. 9 bis 11 drei Arten für die Befestigung der Antenne nach Fig. 6 am zentralen Tragmast.

Die erfindungsgemäße Richtantenne (Fig. 6) kennzeichnet sich durch zwei im Abstand von 0,05 bis 0,1  $\lambda$  voneinander und praktisch parallel zueinander angeordneten Rahmen, deren Umfangslänge, abgesehen von einem die Richtwirkung der Antenne bestimmenden Korrekturfaktor, gleich einer Wellenlänge ist, wobei die Rahmen ohne Hilfsträger und ohne elektrische Isolation an einem zentralen Vertikalast durch Einwärtsbiegen der Mittelpartien der horizontalen Teile befestigt sind.

Mit Ausnahme der einwärts gebogenen Teile weisen ferner im Beispiel nach Fig. 6 die beiden Rahmen die für eindeutige Phasenverhältnisse notwendige Parallelität auf. Die einwärts gebogenen kreuzförmigen Antennenpartien im Zentrum wirken elektrisch wenig störend, weil dort die Ströme aller gegenüberliegenden Teile in Gegenphase sind und dadurch die Strahlung weitgehend aufgehoben wird.

Bei der zentralen Befestigung am Mast wird auf elektrische Isolation vollständig verzichtet, da im Mittelpunkt aller vier Dipole der elektrische Spannungsknoten liegt.

Die Speisung der gesamten Vierelementantenne kann an einem zentralen Speisungspunkt auf einfache

Weise erfolgen, sei es am untern oder obern Fixpunkt am Mast. Die beiden Antennenquadrate werden in Gegenphase erregt. Als überraschendes Ergebnis hat sich herausgestellt, daß die für einseitige Richtwirkung notwendige, von  $180^\circ$  etwas abweichende Phasenlage zwischen beiden Antennenquadraten bei der Speisung überhaupt nicht berücksichtigt werden muß. Sie stellt sich infolge des um 5% verschiedenen Umfanges von Reflektor- und Direktorquadrat innerhalb des Antennensystems zwangsläufig ein. Bei zwei direkt gespeisten, elektrisch gleichwertigen Quadraten hebt sich die induktive Blindkomponente des Reflektorquadrates und die kapazitive des Direktorquadrates auf den Speisungspunkt bezogen auf. Eine Bestätigung für diese Annahme ist darin zu erblicken, daß die Resonanzfrequenz der ganzen Antenne, an der Speiseleitung gemessen, in der Mitte zwischen den Resonanzfrequenzen der einzelnen Antennenquadrate liegt.

Für die Praxis ist die Speisungsart gemäß Fig. 7 am zweckmäßigsten. Es handelt sich um die bekannte Gamma-Speisung, hier abgewandelt als doppelte Gamma-Speisung. Sie gestattet die Anpassung handelsüblicher Koaxialkabel von 50 bis 75 Ohm Wellenwiderstand.

Die bekannte T-Speisung, hier abgewandelt als doppelte T-Speisung gemäß Fig. 8, gestattet die Anpassung aller üblichen Paralleldraht-Speiseleitungen von 150 bis 600 Ohm Wellenwiderstand.

Als Leiter für die doppelte Gamma- oder T-Anpassung bewähren sich gewöhnliche, plasticisierte Installationsdrähte als einfachste und billigste Lösung bestens. Der Leiterdurchmesser soll demjenigen der Speiseleitung entsprechen. Die Impedanzanpassung erfolgt durch Verschieben der Abgriffe  $x$  (Fig. 7 und 8), bis das beste Stehwellenverhältnis auf der Speiseleitung erreicht ist. Der Abstand zwischen Speisedraht und Antennenrohr ist unkritisch und liegt zweckmäßigerweise bei  $\lambda/200$ .

Der ungewöhnlich geringe Abstand von  $0,075 \lambda$  zwischen den Antennenquadraten, der für die praktische Ausführung am zweckmäßigsten erscheint, hat sich kaum als nachteilig erwiesen. Während solche Abstände bei parasitären Yagi-Antennen zu außerordentlich niedrigen Strahlungswiderständen mit entsprechend scharfer Selektivität und geringer Bandbreite führen, liegt der Strahlungswiderstand der erfindungsgemäßen Antenne in der Größenordnung 40 bis 50 Ohm. Dieser günstige Wert ist die Folge der räumlichen Anordnung und der gleichmäßigen Speisung der ganzen Antenne.

Die geeignetsten Ausführungsarten sind für

- Kurzwellenantennen: Leichtmetallrohre für die Horizontalteile, Draht oder Litze für die Vertikalteile.
- UKW-Antennen: ganz aus Leichtmetallrohren oder Stäbchen, jedes halbe Antennenquadrat aus einem Stück gebogen.

Die Vorteile der beschriebenen Ausführungsform und Varianten sind:

1. Alle Hilfsträger fallen weg. Außer dem Vertikal-mast sind nur aktive Antennenteile vorhanden.
2. Da die Antenne grundsätzlich keiner elektrischen Isolation bedarf, kann sie auf einfache, billige und solide Weise als Ganzmetallkonstruktion zusammengesteckt, genietet, geschraubt, gelötet oder geschweißt werden.
3. Kurzwellenantennen mit vorgespannten Horizontalteilen, welche die Vertikaldrähte straff halten, können ungewöhnlich leicht gebaut werden. Im Wind bleibt die Antenne formstabil, und der Windwiderstand ist minim. Erwartungsgemäß können auf diese Weise Antennen bis etwa 50 m Wellenlänge gebaut werden.
4. UKW-Antennen, völlig aus Rohr oder Stäben hergestellt, werden wegen direkter Fixierung aller Antennenteile direkt am Mast ungewöhnlich stabil, oder anders gesagt, es können ungewöhnlich dünne, schon auf geringe Entfernung kaum mehr sichtbare Antennenteile bei genügender Stabilität gewählt werden.
5. Die direkte Speisung aller Antennenelemente ergibt einen guten Wirkungsgrad und läßt den Ergebnissen zufolge weitere Vorteile vermuten, die heute noch ungeklärt sind.
6. Die Stromwärmeverluste der Antenne sind gering, weil die Mittelpartie aller Dipole im Bereich hoher Antennenströme aus gutleitendem Metallrohr besteht.
7. Alle spannungsführenden Teile der Antenne stehen ohne Haltepunkte oder Abspannungen frei im Raum, so daß Ableitverluste ganz wegfallen.
8. Die Speisungsarten nach Fig. 7 und 8 können einfach, billig und dauerhaft ausgeführt werden und ermöglichen die Anpassung aller handelsüblichen Speiseleitungen.

Für die praktische Ausführung durch Fachleute sind lediglich Angaben zur Berechnung der Antennendimensionen und Konstruktionsbeispiele für die Fixpunkte am Mast notwendig. Alles übrige sind bekannte Aufgaben der Antennentechnik.

#### Berechnung der Antennendimensionen

Der Resonanzumfang  $U$  eines Ganzwellenquadrates muß etwas länger als eine Wellenlänge sein, nämlich:

$$U = \lambda \cdot 1,12.$$

Soweit bisher festgestellt werden konnte, ist der Verlängerungsfaktor 1,12 bemerkenswert wenig abhängig von Antennengröße und Leiterdicke, gilt also für alle Antennen als recht genauer Richtwert.

Der Längenunterschied zwischen Reflektor- und Direktorquadrat liegt für besten Gewinn und zugleich optimale Nebenkeulenunterdrückung bei 5%. Somit wird der Umfang des Reflektorquadrates 2,5% länger und derjenige des Direktorquadrates 2,5% kürzer als die Resonanzlänge. Man erhält also für:

$$\text{Umfang Reflektor} = \lambda \cdot 1,12 \cdot 1,025 = 1,148 \lambda$$

$$\text{Umfang Direktor} = \lambda \cdot 1,12 \cdot 0,975 = 1,092 \lambda$$

Bei quadratischer Antennenform werden die Seitenlängen:

$$\text{Seitenlänge Reflektor} = 0,287 \lambda$$

$$\text{Seitenlänge Direktor} = 0,273 \lambda$$

5 Vom elektrischen Standpunkt aus am günstigsten erscheint die rechteckige Form mit folgenden Abmessungen:

$$\text{Alle Vertikalteile} = 0,25 \lambda \quad (\lambda/4)$$

$$\text{Horizontalteile Reflektor} = 0,324 \lambda$$

$$10 \quad \text{Horizontalteile Direktor} = 0,296 \lambda$$

Die Strahlungslücken, die durch die Einknickungen in der Mitte der Horizontalteile entstehen, werden bei der angegebenen Rechteckform durch die längeren Horizontalteile ungefähr wettgemacht.

15 Unter Seitenlänge der Horizontalteile ist die Länge von einem Ende zum andern, ohne Berücksichtigung der Einknickung zum Fixpunkt, zu verstehen. Die durch die Einknickung bedingte, etwas größere Rohrlänge kann jeweils leicht geometrisch bestimmt werden.

20 Der Abstand von  $0,075 \lambda$  zwischen Reflektor- und Direktorquadrat ist in elektrischer und mechanischer Hinsicht ein vorteilhafter Mittelwert, kann aber im Bereich von  $0,05$  bis  $0,1 \lambda$  variiert werden, wobei sich bei größer werdendem Abstand vor allem der Strahlungswiderstand und damit die Bandbreite erhöht.

#### *Konstruktionsbeispiele*

30 Für Kurzwellenantennen kommen Konstruktionen gemäß Fig. 9 und 10 in Frage. Nach Fig. 9 werden Briden mit je zwei Zapfen verwendet, an welchen die Elemente aufgesteckt sind. An den Seitenlappen der Briden können die Isolierteile zur Montage der Gamma- oder T-Speisung befestigt werden.

35 Nach Fig. 10 können die Antennenelemente ohne Unterbruch der kreuzenden Rohre montiert werden. Diese Lösung weist nur einfache, sehr leicht herzustellende Bauteile auf.

40 Als vorteilhafte Maßnahme gibt man den Horizontalteilen von Kurzwellenantennen eine mechanische Vorspannung derart, daß die Vertikaldrähte nach Fertigmontage straff gespannt bleiben.

45 Für UKW-Antennen sind kopfförmige Fixpunkte geeignet, in welche die Antennenrohre, wie z. B. nach Fig. 11, festgeklemmt werden. Bei Einspeisung am oberen Fixpunkt kann die Speiseleitung im Innern des Mastes hinabgeführt werden.

#### PATENTANSPRUCH I

50 Vollgespeiste Richtantenne für Kurz- und Ultra-

von  $0,05$  bis  $0,1 \lambda$  voneinander und praktisch parallel zueinander angeordnete Rahmen, deren Umfangslänge, abgesehen von einem die Richtwirkung der Antenne bestimmenden Korrekturfaktor, gleich einer Wellenlänge ist, wobei die Rahmen ohne Hilfsträger und ohne elektrische Isolation an einem zentralen Vertikalast durch Einwärtsbiegen der Mittelpartien der horizontalen Teile befestigt sind.

#### UNTERANSPRÜCHE

60 1. Richtantenne nach Patentanspruch I für Kurzwellen, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Rahmen quadratisch oder rechteckig sind und deren horizontale Teile aus Metallrohren oder andern Metallprofilen bestehen, während die vertikalen Teile der Rahmen aus Draht gebildet sind.

65 2. Richtantenne nach Patentanspruch I für Ultrakurzwellen, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Rahmen vollständig aus Metallrohr oder einem andern Metallprofil hergestellt sind.

70 3. Richtantenne nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß ihre verschiedenen Bauelemente verschraubt, vernietet, verlötet, verschweißt oder durch Zusammenstecken miteinander verbunden sind.

#### PATENTANSPRUCH II

75 Verfahren zum Betrieb einer Richtantenne nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß die Speisung der Antennenrahmen symmetrisch zum oberen oder unteren zentralen Punkt des Tragemastes in der Weise erfolgt, daß beide Rahmen in Gegenphase erregt werden und die für einseitige Richtwirkung notwendige zusätzliche Phasenverschiebung einzig durch den Unterschied der Umfangslänge der beiden Antennenrahmen, entsprechend dem Korrekturfaktor, bewirkt wird, wobei sich infolge direkter Speisung beider Rahmen ihre Blindkomponenten, auf den Speisungspunkt bezogen, aufheben.

#### UNTERANSPRÜCHE

80 4. Verfahren nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß die Speisung der Antenne als doppelte Gamma-Anpassung in diagonaler Anordnung am untern oder obern Fixpunkt erfolgt.

85 5. Verfahren nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß die Speisung der Antenne als doppelte T-Anpassung in kreuzweiser Anordnung am untern oder obern Fixpunkt erfolgt.

90 6. Verfahren nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß die Speisung der Antennenrahmen zwecks Anpassung der Impedanz über einen Wandler erfolgt.

Rudolf Baumgartner

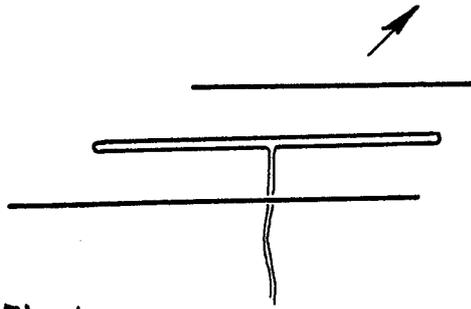


Fig. 1

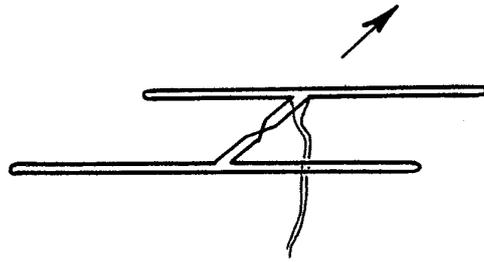


Fig. 2

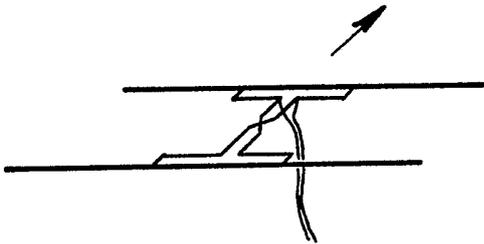


Fig. 3

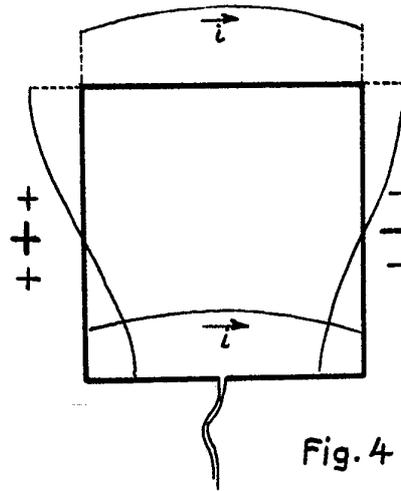


Fig. 4

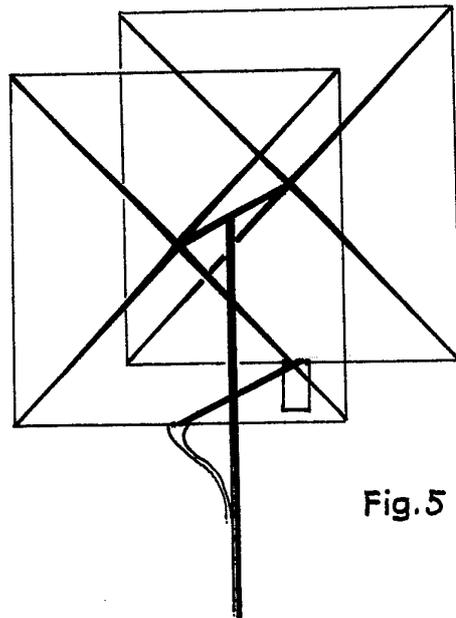


Fig. 5

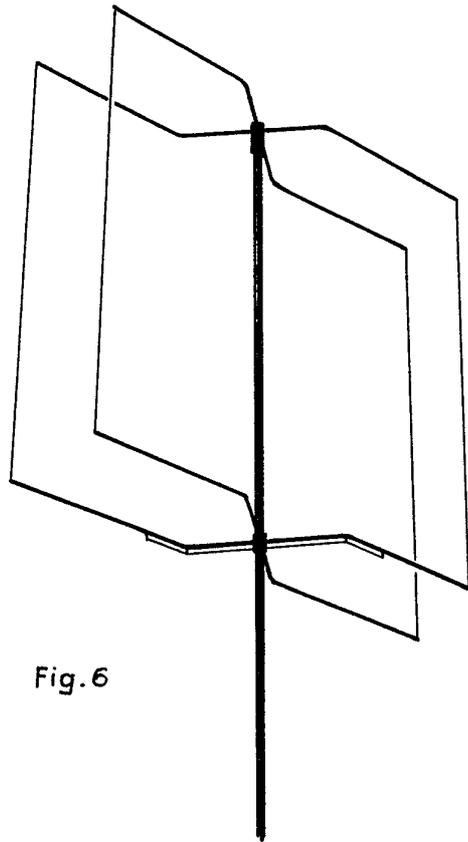


Fig. 6

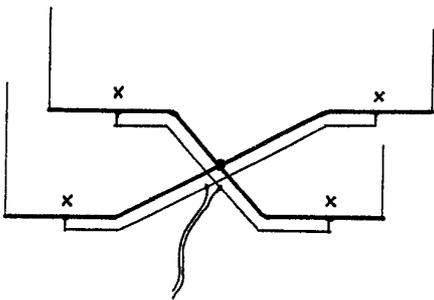


Fig. 8

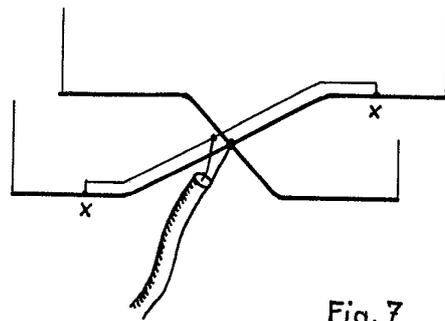


Fig. 7

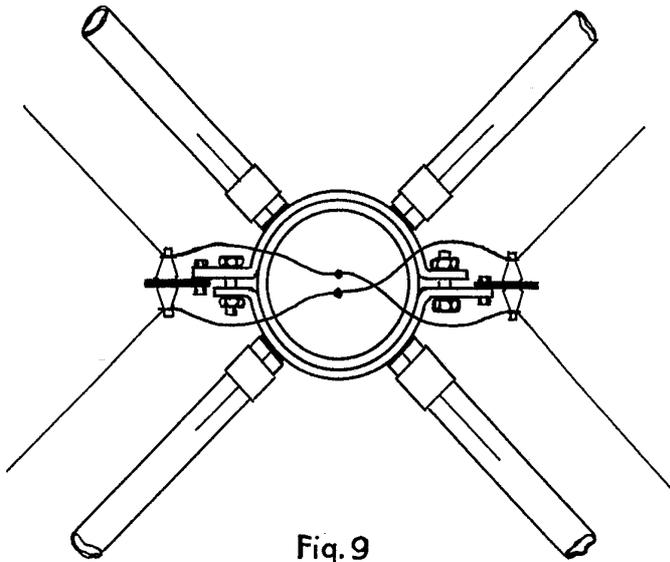


Fig. 9

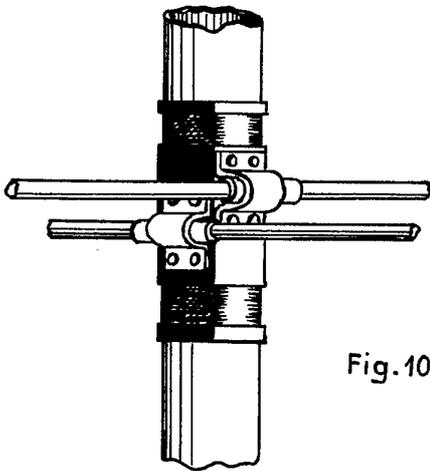


Fig. 10

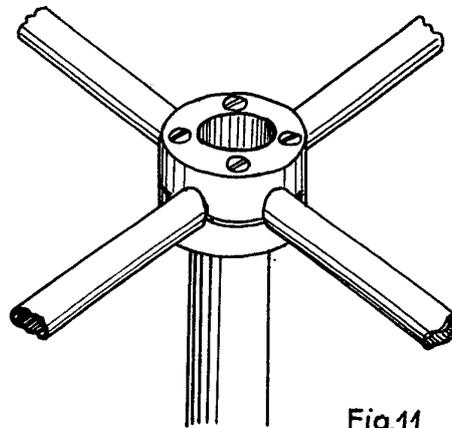


Fig. 11