



AUSGEGEBEN AM  
27. MÄRZ 1929

REICHSPATENTAMT  
PATENTSCHRIFT

№ 474 123

KLASSE 21a<sup>4</sup> GRUPPE 46

H 98060 VIIIa/21 a<sup>4</sup>

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 14. März 1929

Walter Hahnemann in Kiel

Einrichtung zum gerichteten Senden und Empfangen mittels elektrischer Wellen

Patentiert im Deutschen Reiche vom 5. August 1924 ab

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Richtungssenden und -empfangen mittels elektrischer Wellen, welches mit mehreren in bestimmtem Abstand voneinander, vorzugsweise in einer geradlinigen Linie angeordneten Sende- oder Empfangsantennen ausgeübt wird.

Die Erfindung bezweckt, eine möglichst scharfe Richtwirkung durch eine Mehrzahl von in bestimmten durch die Theorie gegebenen Abständen voneinander aufgestellten Sende- oder Empfangsantennen zu erreichen.

Bisher wurden in der drahtlosen Telegraphie u. a. gerichtete Antennenanordnungen verwandt, bei denen zwei oder mehr Antennen mit bestimmtem Abstand und bestimmter Phase verwendet werden. Die bekannten Anordnungen sind jedoch unbefriedigend, da das Maximum der Richtwirkung sehr flach, d. h. die Richtwirkung ziemlich schwach ist.

Der Zweck der neuen Methode ist der, durch Erhöhung der Zahl (mehr als drei) und möglichst vorteilhafte Bemessung des Abstandes der Sende- oder Empfangsantennen voneinander ein schärferes Maximum zu erzeugen. Aufschluß hierüber geben die später beschriebenen Kurven der Abb. 1 bis 5.

Die Methode nach der Erfindung besteht darin, daß mehr als drei, zweckmäßig in einer geraden Linie angeordnete Sende- oder Empfangsantennen verwendet werden, die in einem Abstand  $d$  voneinander angeordnet sind, der von der Größenordnung

$$\frac{n-1}{n} \cdot \lambda$$

ist, worin  $\lambda$  die Wellenlänge und  $n$  die Anzahl der Antennen ist. Für die allgemeine Formel

$$d = \frac{k}{n} \cdot \lambda$$

zeigt nämlich die Theorie, daß  $k$  in dieser Formel nicht allzu verschieden von  $n-1$  sein darf, wenn die Forderung möglichst scharfer Richtwirkung der Anordnung erzielt werden soll. Wird  $k$  größer als  $n-1$ , also  $k$  annähernd gleich oder gar noch größer als  $n$ , so werden die auftretenden Nebenmaxima beherrschend, die Richtwirkung also hierdurch geschädigt; wenn der Abstand gegenüber  $\lambda$  zu klein wird, d. h.  $k$  kleiner als  $n-1$ , so verliert sich der Richtungseffekt dadurch, daß die einzelnen Sende- oder Empfangsstellen innerhalb eines zu kleinen Bereichs im Verhältnis zur Wellenlänge liegen.

Aus den Abb. 1 bis 5 der Zeichnung wird das Vorstehende ohne weiteres verständlich. In den Abbildungen sind die Kurven für den ebenen Richtungsvektor für Antennenanordnungen bei verschiedenem  $n$  und  $k$  gegeben. Der Vektor stellt die Amplituden dar, die Energie ist also dem Quadrat dieser Vektoren proportional. Die punktierte Gerade  $a-b$  bedeutet die Linie, in welcher die verschiedenen Antennen aufgestellt sind.

In Abb. 1 ist der Fall von zwei Antennen im Optimalfall  $k = n - 1 = 1$  gezeichnet. Die Richtwirkung ist noch recht schwach.

In Abb. 2 ist ein Fall der Erfindung gegeben, wo  $n = 3$ ,  $k = n - 1 = 2$  ist, die Richtwirkung ist schon viel besser als in Abb. 1.

Seitwärts zur Richtung der Hauptwirkung tritt ein Nebenmaximum geringer Intensität (etwa  $\frac{1}{10}$  der Energie der Hauptrichtung) auf.

In Abb. 3 ist  $n=3$  und  $k=3$  also zu groß gewählt; deutlich ist das eine Nebenmaximum auf die Größe des Hauptmaximums angeschwollen, die Richtwirkung ist also verdorben.

In Abb. 4 ist  $n=3$  und  $k=1$  also zu klein gewählt, die gute Richtwirkung ist verlorengegangen, die Kurve unterscheidet sich noch nicht von Abb. 1, d. h. der Anordnung mit zwei Antennen.

Um zu zeigen, welchen Einfluß die Vermehrung der Zahl der Antennen hat, ist die Abb. 5 gegeben. Hier ist die Zahl  $n$  der Antennen  $= 5$  und gemäß der Erfindung  $k=n-1=4$  gewählt; man sieht hieraus, um wieviel bei fünf Antennen gegenüber drei Antennen (Abb. 2) die Schärfe der Richtwirkung noch zugenommen hat. Es zeigt sich, daß hierbei zwischen Zahl der Antennen und Richtschärfe ein Kompromiß nach dem jeweiligen Verhältnis in der Praxis gegeben sein wird.

Den Abbildungen liegt für den Sendefall gleichphasige Erregung der einzelnen Antennen zugrunde. Hier geben sie die Wurzel des Verhältnisses der ausgestrahlten Energiebeträge abhängig vom Winkel zur Basis der Anordnung; im Falle des Empfangs geben sie die Wurzel des Verhältnisses der aufgenommenen Energie der gesamten Anordnung abhängig vom Winkel ihrer Basis zur Richtung des ankommenden Feldes der elektrischen Wellen.

Wenn die verschiedenen Sende- oder Empfangsstellen gleichphasig erregt werden, bedeutet das also, daß die Maximalrichtwirkung senkrecht zu ihrer Verbindungslinie ist.

Die Erfindung erhält eine allgemeine praktische Bedeutung besonders noch dadurch, daß der Maximalrichtvektor erfindungsgemäß drehbar gemacht wird. Dies wird durch eine Einrichtung erreicht, die es gestattet, für die verschiedenen Antennenstellen solche gegenseitigen Zeitverschiebungen des Schwingungsvorganges zu ermöglichen, die nötig sind, um die Hauptrichtung in den gewünschten Winkel zur Basis zu bringen. Ein zweckmäßiges Mittel zur Durchführung dieses Erfindungsgedankens besteht in der Anwendung von elektrischen Ketten, deren Bemessung hinsichtlich ihrer einzelnen Glieder einerseits durch die höchste verwendete Frequenz der elektrischen Schwingungen und andererseits durch die gewollte Feinheit der Einteilung der Richtungsgrade gegeben ist.

Während bei der Verwendung von Ketten die richtige Phasenbeziehung in den Antennen durch Einstellung der relativen Laufzeit

der Wellen in den Zuleitungen zu den einzelnen Antennen erreicht wird, kann man natürlich auch unter Vermeidung von Ketten die Phasenbeziehung in den Antennen dadurch erzielen, daß man von vornherein an der Ausgangsstelle des Stromes die richtige Phasenbeziehung für die einzelnen Antennen einstellt. Dieses kann nun auf die verschiedenste Art und Weise erreicht werden, z. B. durch gegenseitiges Verschieben des Stators der Hauptfrequenzmaschine, durch Anordnung von Drehfeldern mit ruhenden Wicklungen, in denen Spulen drehbar sind, oder durch Einschalten von Selbstinduktionen, Kapazitäten und Widerständen oder eine Kombination derselben.

Die Anwendung der Erfindung ist gegeben z. B., wenn es sich um möglichste Ersparnis von Energie, z. B. für den internationalen drahtlosen Verkehr handelt und nur jeweils mit einer Station in ganz bestimmter bekannter Richtung mit möglichst geringen Kosten und unter möglichster Ausschaltung der Störung anderer Stationen (Senden) oder durch andere Stationen (Empfangen) verkehrt werden soll.

Aber auch für andere Zwecke, z. B. den der Richtungsbestimmung, kann die Erfindung wertvolle Dienste leisten. Um zu vermeiden, daß hierbei durch scharf ausgeprägte Nebenmaxima Verwechslungen hinsichtlich der Richtung erfolgen, weicht man bei der Abstandsbemessung der verschiedenen Antennen zweckmäßig von dem theoretisch berechneten Abstand  $d$ , und zwar bei jedem Abstand etwas verschieden, eine Kleinigkeit ab, wodurch die Nebenmaxima verwischt werden.

Für die Anwendung der Erfindung können sämtliche Antennen zusammen an dieselbe Gebevorrichtung bzw. an dieselbe Empfangsvorrichtung geschaltet werden unter Einschaltung der oben beschriebenen Ketten oder Phasenverschiebungsmittel. In manchen Fällen fest gewollter Richtung können diese Ketten o. dgl. wegfallen, ebenso dann, wenn Drehung des gesamten Antennengebildes möglich ist, z. B. im Falle sehr kleiner elektrischer Wellenlänge.

Ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung ist in den Abb. 6 und 7 dargestellt, in der vier Antennen 1, 2, 3, 4 gewählt sind und das Sende- oder Empfangshaus  $h$  in der Mitte der Basis seitwärts draußen gedacht ist. Zum Zwecke einer möglichst symmetrischen Anordnung sind die Antennen 1 bis 4 durch möglichst symmetrische und gleich lange Leitungsdrähte  $l_1, l_2, l_3, l_4$  paarweise mit dem Sende- oder Empfangshaus verbunden, wobei die gemeinsam geführten Zuleitungen für die Antennen 1 und 2 bzw. 3 und 4 gegenseitig induktionsfrei angeordnet

sind. Die Länge und der Charakter aller vier Leitungen und daher die Zeitdifferenz zwischen den elektrischen Schwingungen in der Station und bei den Antennen ist möglichst gleichzumachen; soweit dies nicht erreicht ist, können die in Abb. 7 dargestellten Kettenglieder als Korrektionsausgleich im Stationshaus oder an irgendeiner anderen Stelle der Anlage zum Ausgleich benutzt werden. Im Stationshaus (Abb. 7) sind zwischen der gemeinsamen erregenden bzw. empfangenden Stelle  $i$  und den einzelnen Zuleitungsleitungen  $l_1$  bis  $l_4$  zu den verschiedenen Antennenstellen elektrische Kettenkompensatoren eingeschaltet, die zweckmäßig veränderlich eingerichtet sind, so daß die gewünschte Maximalrichtwirkung beliebig gewählt werden kann.

Statt dessen können auch nur Mittel zur Phasenverschiebung, wie z. B. oben erwähnt, verwendet werden. In manchen Fällen wird es ein Fehler der beschriebenen Anordnung sein, daß die Hauptrichtwirkung nach zwei Seiten, die um  $180^\circ$  auseinanderliegen, auftritt. Dann könnte die Einrichtung für diese Zwecke erfindungsgemäß dadurch verbessert werden, daß die Wirkung nach der nicht gewünschten Seite des Hauptrichtvektors durch an sich bekannte Abschirmmittel aufgehoben wird. Erfindungsgemäß kann man auch diese Abschirmmittel nach allen verschiedenen Richtungen veränderlich wirksam machen und so in der richtigen Weise mit der jeweils gewählten Hauptrichtung im Winkel zur Basis der Anordnung mitdrehen.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Einrichtung zum gerichteten Senden und Empfangen mittels elektrischer Wellen unter Verwendung einer Mehrzahl ( $n$ ) von in Abständen voneinander aufgestellten Sende- oder Empfangsantennen, da-

durch gekennzeichnet, daß der Abstand der Antenne gleich oder annähernd gleich  $\frac{n-1}{n} \cdot \lambda$  ( $\lambda =$  Wellenlänge) ist. 45

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, um zwecks Drehung des Maximalvektors für die verschiedenen Antennen geeignet bemessene, zweckmäßig veränderliche Phasenverschiebungen des Schwingungsvorganges in den Antennen herzustellen. 50

3. Einrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch die Verwendung zweckmäßig veränderlicher elektrischer Ketten. 55

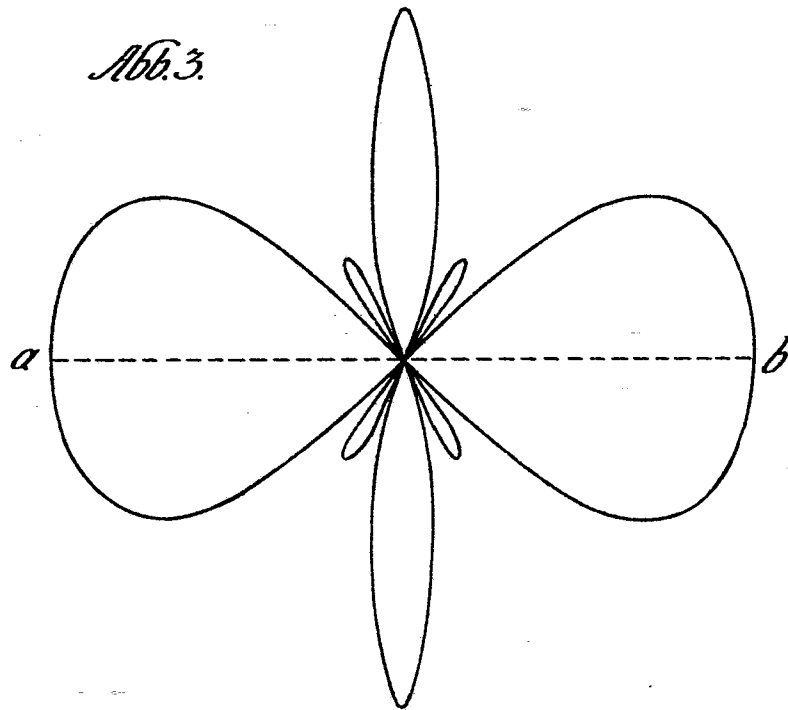
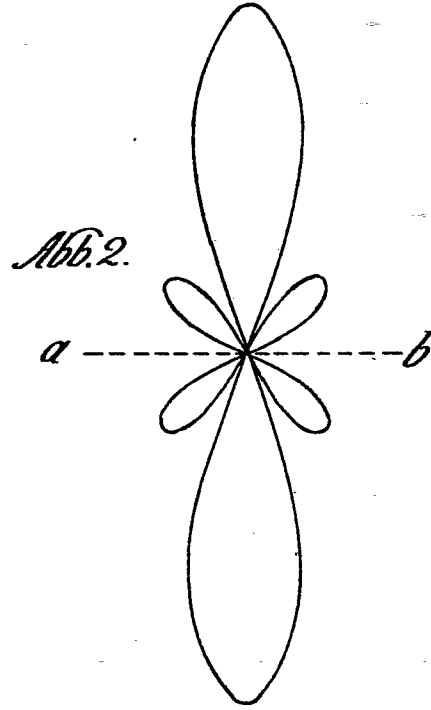
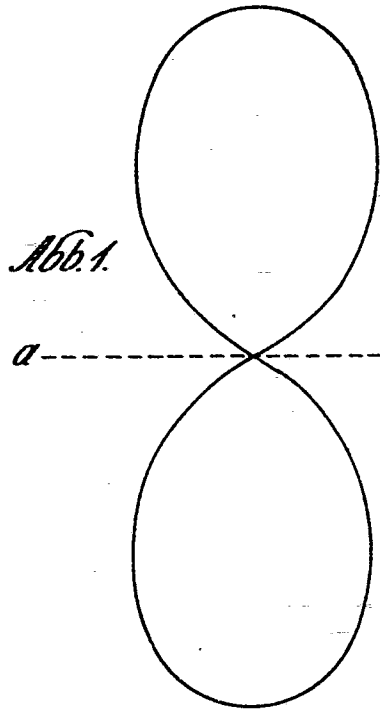
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einteilung der elektrischen Ketten in einzelne Glieder einerseits nach der höchsten Schwingungsfrequenz, andererseits nach der gewünschten Feinheit der Einteilung der Richtungsgrade gewählt ist. 60

5. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in die Zuleitungen zu den Antennen elektrische Kettenkompensatoren zur Ausgleichung der Verschiedenheit der Zuleitungen eingeschaltet sind. 70

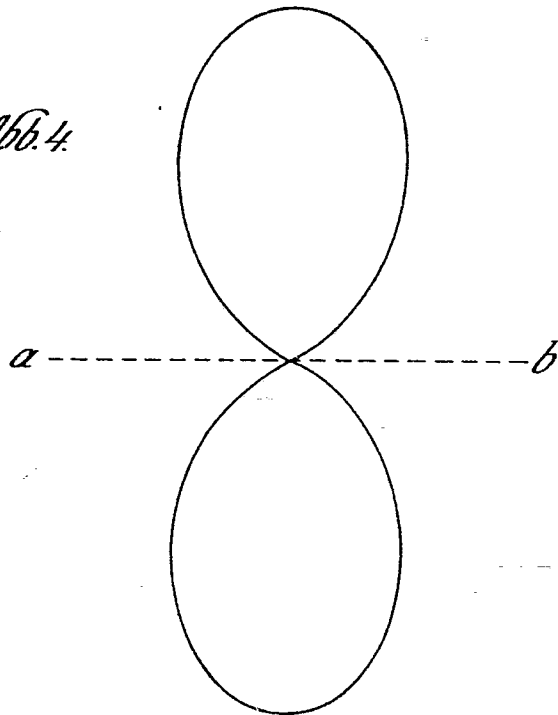
6. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erforderliche Phasenbeziehung des Schwingungsvorganges in den Antennen durch Einstellung einer entsprechenden Phasenbeziehung der Speiseströme der einzelnen Antennen an ihrer Ursprungsstelle oder an anderer geeigneter Stelle erfolgt. 75

7. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch geeignete Mittel (z. B. Abschirmmittel, die ebenfalls in der Richtung veränderlich sein können) ein einseitiger Maximalrichtvektor hergestellt wird. 80

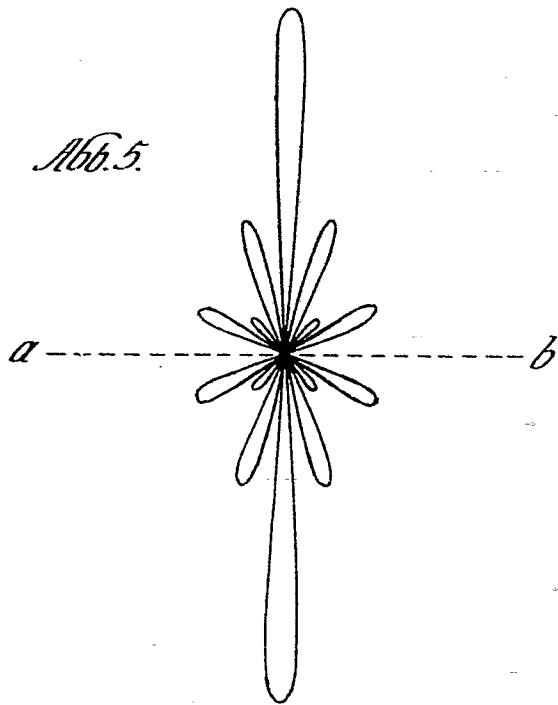
Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

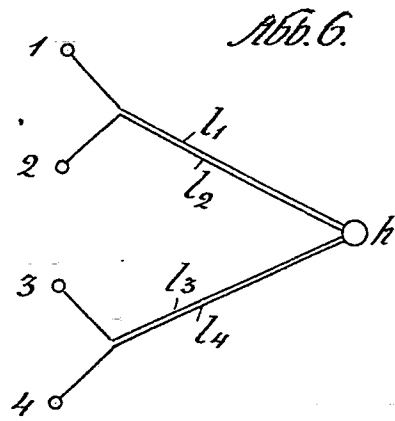


*Abb. 4.*



*Abb. 5.*





*Abb. 7.*

