

(19)



(11)

EP 2 634 860 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.09.2013 Patentblatt 2013/36

(51) Int Cl.:
H01Q 1/00 (2006.01)
H01Q 1/18 (2006.01) **H01Q 1/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12157565.8**

(22) Anmeldetag: **29.02.2012**

(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

(72) Erfinder:
• **Schneider, Thomas**
14552 Michendorf OT Wilhelmshorst (DE)
• **Pederiva, Fabian**
04275 Leipzig (DE)

(71) Anmelder: **Deutsche Telekom AG**
53113 Bonn (DE)

(74) Vertreter: **Vossius & Partner**
Siebertstrasse 4
81675 München (DE)

(54) **Richtfunkstabilisierung für drahtlose Funkverbindungen im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine Funkverbindung mit Richtfunkstabilisierung, und insbesondere eine Vorrichtung

und ein Verfahren für eine Funkverbindung mit Richtfunkstabilisierung im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich.

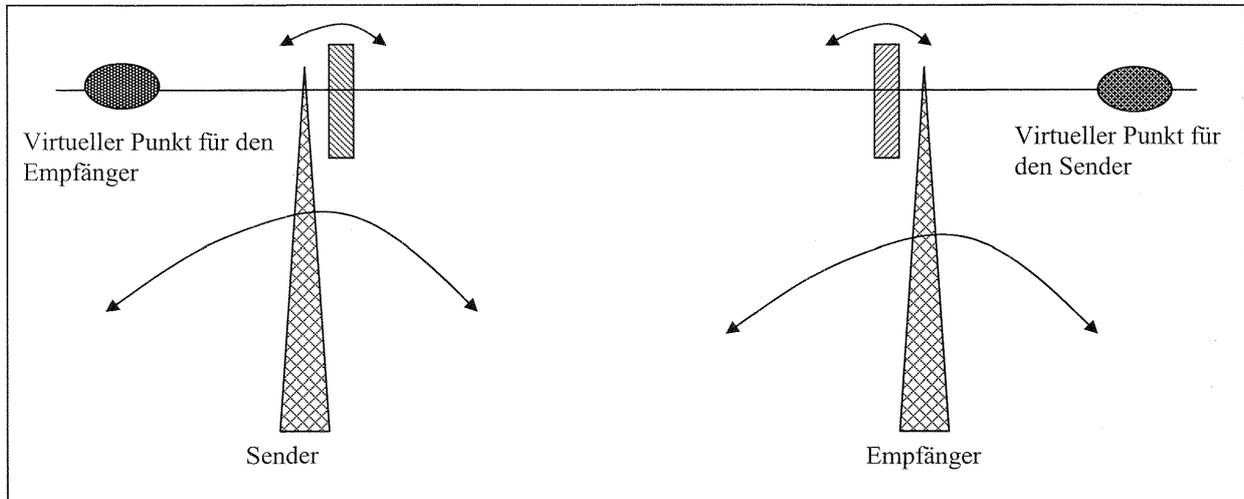


Fig. 5

EP 2 634 860 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine Funkverbindung mit Richtfunkstabilisierung, und insbesondere eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine Funkverbindung mit Richtfunkstabilisierung im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich.

[0002] Für mobile Peil-, Ortungs- oder Richtfunkstationen müssen die Einflüsse von Nick-, Roll- bzw. Schlingerbewegungen zur Aufrechterhaltung der vorgegebenen Empfangs- und/oder Senderichtung in einem raumfesten Koordinatensystem stabilisiert werden (siehe DE-A-14 98 041). Daher sind solche Stabilisierungseinrichtungen für Schiffsradarsysteme, Zielsuchköpfe von Luftabwehrraketen und andere mobile Systeme, aber auch für mobile Satellitensysteme bekannt (siehe DE-A-14 98 041 und DE-A1-10 2008 008 387). Bei festen drahtlosen Funkverbindungen (Links), d.h. festen Richtfunkstrecken, war es hingegen bisher nicht nötig, Fluktuationen der Sende- und/oder Empfangsantenne auszugleichen. Schwingungen des Turmes oder Mastes durch Wind oder andere mechanische Einflüsse waren zu vernachlässigen oder wurden durch starre und verwindungssteife Mäste weitestgehend unterdrückt. Dies ist möglich, da bei niedrigen Frequenzen (üblicherweise bis höchstens 100 GHz) der Freiraum-Pfadverlust und die Dämpfung durch die Atmosphäre relativ gering sind. Daher müssen Sende- und Empfangsantenne keine sehr großen Gewinne aufweisen.

[0003] Zur Übertragung hoher Datenraten (mehrere Gbps) benötigt man jedoch hohe Trägerfrequenzen im Millimeterwellen-Bereich (30 - 300 GHz, 3×10^{10} - 3×10^{11} Hz) und Terahertzwellen-Bereich (THz-Bereich; 0,3 - 30 THz, 3×10^{11} - 30×10^{12} Hz). Derartige drahtlose Funkverbindungen können z.B. zur Anbindung von Basisstationen des Mobilfunknetzes, zur Übertragung hochaufgelöster Fernsehbilder oder als hochbitratige Brücke in optischen Netzen eingesetzt werden.

[0004] Durch den Freiraumpfadverlust und Wettereinflüsse wie Nebel und Regen erfahren diese Frequenzen eine große Dämpfung bei der Übertragung. Diese führt zu einer drastischen Verringerung der mit diesen Links übertragbaren Datenrate bzw. zum Abbruch der Funkverbindung. Figur 1 zeigt die maximal übertragbaren Datenraten in Abhängigkeit von der Trägerfrequenz einer 1 km langen Richtfunkstrecke für Kanäle einer Bandbreite von 1 GHz. Für Sende- und Empfangsantennen mit einem Gewinn von 40 dBi liegt die maximal übertragbare Datenrate pro 1 GHz breitem Kanal ab 250 GHz Trägerfrequenz unter 1 Gbps. Für drahtlose Links lassen sich hohe Datenraten im Millimeterwellen- und THz-Bereich nur mit Sende- und Empfangsantennen mit einem sehr großen Gewinn erzielen. Bei einem Gewinn der Sende- und Empfangsantenne von jeweils 70 dBi können Datenraten von 17 Gbps in jedem GHz Bandbreite des ersten Fensters (I in Fig. 1) und rund 15 Gbps im zweiten Fenster (II) übertragen werden. Dieser hohe Gewinn

führt jedoch dazu, dass Sende- und Empfangsantennen eine sehr große Richtwirkung haben und daher kleinste Bewegungen der Sende- und/oder Empfangsantenne zu einer Unterbrechung der Übertragung führen können (siehe Fig. 2).

[0005] Eine Vor- Rückwärtsbewegung des Senders um einen Winkel im Bogenmaß $d\phi$ übersetzt sich in eine Schwankung des Strahls beim Empfänger von $d = r d\phi$. Hierbei ist r der Abstand zwischen Sender und Empfänger. Ein leichtes Schwanken des Senders durch Wind von 1° führt also dazu, dass der Funkstrahl an einem Empfänger, der sich in 1 km Entfernung befindet, eine Strecke von 17,45 m überstreicht. Ferner ist der Zusammenhang zwischen dem linearen Gewinn G einer Parabolantenne und der Halbwertsbreite b eines ausgehenden Funkstrahls im Abstand r zur Parabolantenne gegeben durch $b = r \cdot (4\pi / G)^{1/2}$, wobei der in der Einheit dBi angegebene (logarithmische) Gewinn der Antenne in den linearen Gewinn G gemäß $G = 10^{(\text{Gewinn [dBi]})/10}$ umzurechnen ist. Hat beispielsweise die Parabolantenne einen Gewinn von 40 dBi, so hat ihr Funkstrahl in 1 km Entfernung eine Halbwertsbreite von 35 m. Die Schwankung kann also vernachlässigt werden. Hat die Antenne hingegen einen Gewinn von 70 dBi, so beträgt die Halbwertsbreite nur noch 1,12m. Die Funkverbindung würde also mit der Periode der Schwankung ausfallen.

[0006] Unter der Annahme, dass sich nur einer der Masten bewegt während der andere still steht, ergibt sich bei einem Gewinn der Sende- und Empfangsantenne von jeweils 10 dBi eine maximal tolerierbare Schwankung von 32° . Da die Schwankungen durch Wind meist kleiner sind, ist die Funkverbindung für diese Antennengewinne unproblematisch. Allerdings lassen sich bei Gewinnen im Bereich zwischen 10 dBi und 40 dBi nur Richtfunkstrecken mit Trägerfrequenzen im unteren GHz-Bereich (zwischen 1 GHz bis 100 GHz) aufbauen und auch nur Datenraten von mehreren Mbps übertragen. Dies entspricht dem Stand der Technik der heutigen drahtlosen Links.

[0007] Für zukünftige drahtlose Übertragungssysteme mit hohen Bitraten benötigt man hingegen höhere Trägerfrequenzen im Millimeterwellen-Bereich (30 - 300 GHz) oder Terahertzwellen-Bereich (0,3 - 30 THz) und damit höhere Antennengewinne (Fig. 1). Auf Grund physikalischer Bedingungen lassen sich derart hohe Frequenzen nur dann über eine größere Strecke übertragen, wenn Sende- und Empfangsantenne einen hohen Gewinn aufweisen: Da sich die Freiraumdämpfung bei steigender Frequenz erhöht, ist es nötig, die Richtwirkung der Antennen zu vergrößern und ihren Gewinn zu steigern. Dadurch verringern sich allerdings gleichermaßen der für den Empfang des Signals nutzbare Öffnungswinkel und daraus resultierend auch die nutzbare Öffnungsfläche. Hohe Gewinne machen die Funkverbindung also extrem anfällig für jede mechanische Fluktuation am Sende- oder Empfangsstandort. So beträgt beispielsweise bei einem Antennengewinn von 70 dBi die maximal tolerierbare Schwankung des Mastes nur noch $0,032^\circ$.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung für eine Richtfunkstabilisierung für drahtlose Funkverbindungen im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich sowie ein entsprechendes Verfahren dazu bereitzustellen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung sowie ein Verfahren mit den Merkmalen der vorliegenden Patentansprüche gelöst.

[0010] Die Grundidee der Erfindung ist folgende:

[0011] Die erfindungsgemäße Richtfunkstabilisierung für drahtlose Funkverbindungen im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich erfolgt durch eine schnelle Adaption der Abstrahlcharakteristik der Antennen.

[0012] Die Verwendung der hier vorgeschlagenen Richtfunkstabilisierung macht es erst möglich, Richtfunkanlagen im Terahertzwellen- und Millimeterwellen-Bereich zu betreiben, da es ohne Korrektur auf Grund der sehr kleinen Signalöffnungsfläche zu Verbindungsabbrüchen käme. Durch die Unabhängigkeit von Sender und Empfänger kann bei der Rekalibrierung des Winkels auf eine Verbindungskontrolle verzichtet werden, was zusätzlichen Datenaufwand (Overhead) im Nutzsignal erspart und generell einen Eingriff in den Inhalt des Nutzsymbols unnötig macht. Das System ist durch die Unabhängigkeit von Sender- und Empfängerkalibrierung auch unidirektional einsetzbar.

[0013] Wird dabei beispielsweise eine Phased-Array-Antenne (Antenne mit phasengesteuertem Feld) eingesetzt, besteht der Vorteil, dass alle Bauteile, die zur Fluktuationkorrektur dienen, sich nicht durch Bewegung mechanisch abnutzen und dass Winkelabweichungen schneller korrigiert werden können, da es zu keiner Verzögerung bei der Rekalibrierung kommt. Zudem sinken mechanische Belastungen, wodurch eine Systemwartung der mechanischen Bauteile weitestgehend entfällt.

[0014] Je höher die Frequenz der Richtfunkanlage gewählt wird, desto höher muss der Antennengewinn ausfallen und desto kleiner sind die Winkeltoleranz und der Bereich, in dem das Signal empfangen werden kann. Dadurch steigt die Anfälligkeit des Systems für mechanische Fluktuationen und damit die Anforderung an den adaptiven Ausgleich.

[0015] Hier und im Folgenden soll unter "Ausrichtung einer Richtfunkantenne" die Richtung verstanden werden, in der die Hauptkeule der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne das Leistungsmaximum besitzt. Ferner sei durch den Begriff "Sollrichtung" die Richtung bezeichnet, in der die Richtfunkantenne idealerweise ausgerichtet sein soll. Unter "Richtungsabweichung" soll der Unterschied zwischen der tatsächlichen Ausrichtung einer Antenne und der Sollrichtung verstanden werden. Beispielsweise wird man die Richtungsabweichung zweckmäßig durch einen Polar- und/oder einen Azimutwinkel beschreiben; es sind jedoch andere gleichwertige Beschreibungen für die Richtungsabweichung möglich. Unter "Korrigieren der Abstrahlcharakteristik" oder "Korrektur der Abstrahlcharakteristik" soll verstanden werden, dass die Ausrichtung einer Antenne, die nicht in die

Sollrichtung ausgerichtet ist, so geändert/korrigiert wird, dass die Antenne nach der Korrektur in die Sollrichtung ausgerichtet ist. Schließlich soll unter der "Breite" oder dem "Querschnitt" eines Funkstrahls hier und im Folgenden immer die Halbwertsbreite des Leistungsprofils des Funkstrahls in der gemessenen Ebene bzw. Empfangsebene verstanden werden.

[0016] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit:

einer Richtfunkantenne, die an einer ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;
 einem Sensor, geeignet zum Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung der Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, und zum Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der erfassten Ausrichtung oder Änderung der Ausrichtung der Richtfunkantenne;
 einer Verarbeitungseinheit, konfiguriert zum Auswerten der vom Sensor ausgegebenen Positionssignale und zum Generieren und Ausgeben von Korrektursignalen, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist; und
 einer Korrekturereinheit, geeignet zum Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne entsprechend den Korrekturdaten, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann.

[0017] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens ein Fasergyroskop aufweist.

[0018] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens ein Lasergyroskop aufweist.

[0019] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen Neigungssensor aufweist.

[0020] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor einen Laser, beispielsweise eine Laserdiode, und einen CCD-Chip auf. Der Laser ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf das Zentrum des CCD-Chips ausgerichtet.

[0021] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor einen Laser, beispielsweise ei-

ne Laserdiode, und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise entlang einer gekrümmten Linie, angebracht. Der Laser ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der Photodetektoren ausgerichtet.

[0022] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor einen Laser, beispielsweise eine Laserdiode, und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise entlang einer geraden Linie, angebracht. Der Laser ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der Photodetektoren ausgerichtet.

[0023] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor einen Laser, beispielsweise eine Laserdiode, und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise in einem Feld, angebracht. Der Laser ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der Photodetektoren ausgerichtet.

[0024] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor eine Photodiode und einen CCD-Chip auf. Die Photodiode ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf das Zentrum des CCD-Chips ausgerichtet.

[0025] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor eine Photodiode und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise entlang einer gekrümmten Linie, angebracht. Die Photodiode ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der Photodetektoren ausgerichtet.

[0026] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor eine Photodiode und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise entlang einer geraden Linie, angebracht. Die Photodiode ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der

Photodetektoren ausgerichtet.

[0027] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei der Sensor mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist. Dabei weist vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor eine Photodiode und mehrere Photodetektoren auf. Ferner sind die Photodetektoren an der Befestigungseinrichtung, vorzugsweise in einem Feld, angebracht. Die Photodiode ist ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf einen der Photodetektoren ausgerichtet.

[0028] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei die Verarbeitungseinheit ein digitaler Signalprozessor ist.

[0029] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei die Verarbeitungseinheit ein Mikrocontroller ist.

[0030] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei:

die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist;

die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne aufweist; und

die Verarbeitungseinheit ferner konfiguriert ist zum linearen Verstärken der Richtungsabweichung und zum Ermitteln und Bereitstellen von Winkeldifferenzen für Phasenverschiebungen für die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne.

[0031] Ein Aspekt der Erfindung betrifft eine Richtfunkstabilisierungsvorrichtung, wobei:

die Richtfunkantenne an der ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist;

die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist, der zum Drehen der Richtfunkantenne konfiguriert ist; und

die Verarbeitungseinheit ferner konfiguriert ist zum Ermitteln einer Ausgleichsdrehung der Richtfunkantenne aus den vom Sensor bereitgestellten Positionssignalen und zum Ansteuern des mindestens einen Servomotors.

[0032] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein System mit Richtfunkstabilisierung für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, wobei das System zwei oder mehr erfindungsgemäße Richtfunkstabilisierungsvorrichtungen aufweist, wobei die Richtfunkantennen jeweils aufeinander ausgerichtet sind.

[0033] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit den Schritten:

Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, mit einem Sensor, der beispielsweise mindestens einem Fasergyroskop aufweist; 5

Ausgeben von Positionssignalen durch den Sensor an eine Verarbeitungseinheit, wobei die Positionssignale der erfassten Ausrichtung oder der Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne entsprechen; 10

Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist; 15

Generieren von Korrektursignalen für eine Ausgleichsbewegung der Richtfunkantenne; Ausgeben der Korrektursignale an die Korrektureinheit; 20

Korrigieren der Richtungsabweichung der Richtfunkantenne entsprechend den Korrektursignalen durch die Korrektureinheit.

[0034] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit den Schritten:

Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, mit einem Sensor, der beispielsweise mindestens ein Lasergyroskop aufweist; 30

Ausgeben von Positionssignalen durch den Sensor an eine Verarbeitungseinheit, wobei die Positionssignale der erfassten Ausrichtung oder der Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne entsprechen; 35

Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist; 40

Generieren von Korrektursignalen für eine Ausgleichsbewegung der Richtfunkantenne; Ausgeben der Korrektursignale an die Korrektureinheit; 45

Korrigieren der Richtungsabweichung der Richtfunkantenne entsprechend den Korrektursignalen durch die Korrektureinheit. 50

[0035] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit den Schritten:

Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, mit einem Sensor, der beispielsweise mindestens einen Neigungssensor aufweist;

Ausgeben von Positionssignalen durch den Sensor an eine Verarbeitungseinheit, wobei die Positionssignale der erfassten Ausrichtung oder der Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne entsprechen;

Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist;

Generieren von Korrektursignalen für eine Ausgleichsbewegung der Richtfunkantenne; Ausgeben der Korrektursignale an die Korrektureinheit;

Korrigieren der Richtungsabweichung der Richtfunkantenne entsprechend den Korrektursignalen durch die Korrektureinheit.

[0036] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit den Schritten:

Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, mit einem Sensor, der beispielsweise mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist;

Ausgeben von Positionssignalen durch den Sensor an eine Verarbeitungseinheit, wobei die Positionssignale der erfassten Ausrichtung oder der Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne entsprechen;

Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist;

Generieren von Korrektursignalen für eine Ausgleichsbewegung der Richtfunkantenne; Ausgeben der Korrektursignale an die Korrektureinheit;

Korrigieren der Richtungsabweichung der Richtfunkantenne entsprechend den Korrektursignalen durch die Korrektureinheit.

[0037] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit:

(1) einer Sendestation, die aufweist:

(1a) eine Richtfunkantenne zum Senden von Funksignalen, wobei die Richtfunkantenne an einer ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;

(1b) eine Korrekturereinheit, geeignet zum Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann;

(1c) eine Rückkanalempfangseinrichtung zum Empfangen von Rückkanalfunksignalen zur Steuerung der Korrekturereinheit;

(2) einer Empfangsstation, die aufweist:

(2a) eine Empfangseinrichtung, die an einer zweiten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist, wobei die Empfangseinrichtung geeignet ist zum ortsaufgelösten Erfassen der Leistung eines empfangenen Funksignals und zum Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der erfassten ortsaufgelösten Leistung des empfangenen Funksignals; und

(2b) eine Verarbeitungseinheit, wobei die Verarbeitungseinheit konfiguriert ist, aus den Positionssignalen Korrektursignale zu generieren, die zur Steuerung der Korrekturereinheit geeignet sind;

(2c) eine Rückkanalsendeereinrichtung zum Senden von Rückkanalfunksignalen entsprechend den von der Verarbeitungseinheit generierten Korrektursignalen;

wobei die Richtfunkantenne und die Empfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Funkverbindung möglich ist; und

die Rückkanalsendeereinrichtung und die Rückkanalempfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Übertragung von Rückkanalfunksignalen möglich ist.

[0038] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei die Verarbeitungseinheit ein digitaler Signalprozessor ist.

[0039] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei die Verarbeitungseinheit ein Mikrocontroller ist.

[0040] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei die Empfangseinrichtung eine Phased-Array-Antenne aufweist, wobei die Abmessung der Phased-Array-Antenne in vertikaler Richtung, vorzugsweise auch in horizontaler Richtung, größer ist als der Querschnitt des empfangenen Funksignals.

[0041] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei die Empfangseinrichtung drei in verschiedenen Höhen angeordnete Parabolantennen aufweist, wobei:

die drei Parabolantennen entlang einer vertikalen Geraden angeordnet sind oder entlang eines Bogens, der bezüglich der Empfangsrichtung konvex gekrümmt ist, angeordnet sind; und vorzugsweise die in mittlerer Höhe positionierte Parabolantenne einen größeren Gewinn aufweist als die darüber positionierte Parabolantenne und/oder die darunter positionierte Parabolantenne.

[0042] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei die Empfangseinrichtung eine Parabolantenne aufweist, wobei die Parabolantenne einen Parabolspiegel und drei in vertikaler Richtung vor dem Parabolspiegel angeordnete rauscharme Signalumsetzer (LNB's) aufweist.

[0043] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei:

die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist; und

die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne aufweist.

[0044] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungssystem, wobei:

die Richtfunkantenne an der ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist; und die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist, der zum Drehen der Richtfunkantenne konfiguriert ist.

[0045] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren für ein Richtfunkstabilisierungssystem für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, wobei das Richtfunkstabilisierungssystem aufweist:

eine Sendestation mit:

einer Richtfunkantenne zum Senden von Funksignalen, wobei die Richtfunkantenne an einer ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;

eine Korrekturereinheit, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann;

eine Rückkanalempfangseinrichtung;

eine Empfangsstation mit:

einer Empfangseinrichtung, die an einer zweiten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;

einer Verarbeitungseinheit;

einer Rückkanalsendeereinrichtung;

wobei die Richtfunkantenne und die Empfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Funkverbindung möglich ist; und die Rückkanalsendeinrichtung und die Rückkanalempfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Übertragung von Rückkanalfunksignalen ist; mit den Schritten:

- (a) orts aufgelöstes Erfassen der Leistung eines empfangenen Funksignals mit der Empfangseinrichtung;
- (b) Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der orts aufgelöst erfassten Leistung des empfangenen Funksignals an die Verarbeitungseinheit;
- (c) Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten ein Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist;
- (d) Generieren von Korrektursignalen, die zur Steuerung der Korrekturereinheit geeignet sind, aus den Positionssignalen durch die Verarbeitungseinheit;
- (e) Senden der Korrektursignale mittels geeigneter Rückkanalfunksignale durch die Rückkanalsendeinrichtung an die Rückkanalempfangseinrichtung;
- (f) Empfangen der Korrektursignale durch die Rückkanalempfangseinrichtung;
- (g) Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne entsprechend den empfangenen Korrektursignalen durch die Korrekturereinheit.

[0046] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren, wobei die Empfangseinrichtung eine Phased-Array-Antenne aufweist, wobei die Abmessung der Phased-Array-Antenne in vertikaler Richtung, vorzugsweise auch in horizontaler Richtung, größer ist als der Querschnitt des empfangenen Funksignals; und wobei:

das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist:

Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jedem der Elemente der Phased-Array-Antenne; und

das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:

Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen;

Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist.

[0047] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren, wobei die Empfangseinrichtung

drei in verschiedenen Höhen angeordnete Parabolantennen aufweist; und wobei:

das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist:

Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jeder der Parabolantennen; und

das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:

Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen;

Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist.

[0048] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren, wobei die Empfangseinrichtung eine Parabolantenne aufweist, wobei die Parabolantenne einen Parabolspiegel und drei in vertikaler Richtung vor dem Parabolspiegel angeordnete rauscharme Signalumsetzer (LNB's) aufweist; und wobei:

das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist:

Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jedem der rauscharmen Signalumsetzer; und

das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:

Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen;

Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist.

[0049] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren, wobei:

die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist;

die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne aufweist; und

das Generieren der Korrektursignale folgende Schritte aufweist:

lineares Verstärken der Richtungsabweichung;

und
Ermitteln von Winkeldifferenzen für Phasenverschiebungen für die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne.

[0050] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Richtfunkstabilisierungsverfahren, wobei:

die Richtfunkantenne an der ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist;
die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist;
das Auswerten durch die Verarbeitungseinheit den folgenden Schritt aufweist:

Ermitteln einer Ausgleichsdrehung der Richtfunkantenne aus den Positionssignalen; und
das Korrigieren durch die Korrekturereinheit folgenden Schritt aufweist: Drehen der Richtfunkantenne entsprechend der ermittelten Ausgleichsdrehung.

[0051] Es zeigen:

Fig. 1: Maximal übertragbare Datenrate in Gbps pro GHz Kanalbandbreite als Funktion der Frequenz für eine Richtfunkstrecke einer Länge von 1 km, Regen einer Stärke von 50 mm/h und Sende- und Empfangsantennen mit verschiedenen Gewinnen zwischen 40 und 70 dBi, einer Sendeleistung von 10 dBm, einer Rauschzahl des Empfängers von 10 dB und einer Umgebungstemperatur von 300 K (26.85°C).

Fig. 2: Zulässige Winkeltoleranz der Senderhalterung (hin und zurück) als Funktion des Antennengewinns für einen 1 km Link, unter Annahme die Empfängerhalterung sei fixiert.

Fig. 3: Drei Parabolantennen mit hohem Gewinn und ankommender Strahl (schraffiert). A: für drei Antennen mit demselben Gewinn. B: Anordnung der drei Antennen zum Ausgleich kleiner Schwankungen. C: drei Antennen mit unterschiedlichem Gewinn.

Fig. 4: Phased-Array-Antenne aus Dipolelementen und ankommender Funkstrahl (schraffiert), der sich nach oben links bewegt. Auf Grund der Phasen- und Amplitudenunterschiede des Stromes den die einzelnen Elemente liefern, lässt sich diese Bewegung durch die Empfangsantenne erkennen.

Fig. 5: Drahtlose Terahertzwellen-Funkverbindung ohne Rückkanal.

Fig. 6 zeigt eine Sende- bzw. Empfangseinheit mit adaptiver Steuerung. In unmittelbarer Nähe z.B. an die Befestigungsstange der Antenne ist zusätzlich eine Sensoreinheit (1) und eine Verarbeitungseinheit (2) montiert.

Fig. 7: Schema des Zusammenwirkens der Komponenten "Sensorik" [A], "Verarbeitungseinheit" [B] und "Korrekturereinheit" [C].

Fig. 8: Winkelsensor mit Lasers- oder Diodensteuerung innerhalb (A) bzw. außerhalb des Mastes (B).

[0052] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Beispielen und der Zeichnung erläutert.

[0053] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können sowohl als System mit Rückkanal als auch als System ohne Rückkanal ausgestaltet sein. Zunächst seien Ausführungsformen beschrieben, die als System mit Rückkanal ausgestaltet sind:

[0054] Durch mechanische Einflüsse wie z.B. Wind, die Ausdehnung durch Sonneneinstrahlung oder die Bewegung der Erdkruste usw. kann sich sowohl der Sende- als auch der Empfangsmast bewegen. Während eine seitliche Bewegung der Masten relativ unproblematisch ist, führt eine Vor-Rückbewegung, oder eine Drehung um die Längsachse des Mastes zu einem periodischen Ausfall einer hochbitratigen Funkverbindung. Um einen derartigen Ausfall zu verhindern, müssen diese Schwankungen gemessen und adaptiv ausgeglichen werden. Im Folgenden wird nur auf eine mögliche Vor-Rückbewegung des Mastes eingegangen. Für eine seitliche Verdrehung gilt allerdings dasselbe. Das heißt, dass dafür dieselben Lösungen verwendet werden können. Auf Grund der hohen Richtwirkung, den drahtlose Funkverbindungen im Millimeterwellen- und Terahertzwellen-Bereich haben müssen, konzentriert sich die abgestrahlte Leistung auch nach einer Entfernung von einem Kilometer auf eine relativ geringe Fläche. Gleichzeitig sind die Abmaße eines einzelnen Antennenelements auf Grund der hohen Frequenzen relativ gering. Beispielsweise ist bei einem Gewinn von 70 dBi der Durchmesser des Bereichs, in dem die Leistung größer ist als die Hälfte ihres Maximalwertes, 1,12m. Der Durchmesser einer idealen (ohne Verluste) Parabolantenne mit 70 dBi Gewinn liegt bei Trägerfrequenzen zwischen 300 und 900 GHz im Bereich von 1 m bis 0,33 m. Daher lassen sich sowohl beim Sender als auch beim Empfänger auch 3 Antennen übereinander anbringen wie Fig. 3 (A) zeigt.

[0055] Im Folgenden soll angenommen werden, dass Fig. 3 die Empfängerseite zeigt. Dasselbe gilt natürlich auch für den Sender. Wenn der Sendemast beginnt, sich durch Windenfluss nach hinten zu neigen, so wird der ankommende Funkstrahl beim Empfänger nach oben wandern, wie in Fig. 3 (A) dargestellt. In diesem Fall verringert sich die Leistung die durch die Antenne A1 empfangen wird, gleichzeitig steigt die Leistung an Antenne A3. Neigt sich der Sendemast hingegen nach vorn, so wird die Leistung an A3 kleiner, während die Leistung an A1 größer wird. Am Empfänger lässt sich also die Richtung der Schwankung des Sendemastes bestimmen. Durch einen Rückkanal kann nun die Abstrahlrichtung der Sendeantenne so gesteuert werden, dass die Leistung an A1 und A3, unabhängig von der Bewegung des

Mastes, immer gleich ist und der Strahl zentral auf A2 gerichtet ist. Die Abstrahlcharakteristik der Sendeantenne muss dabei unabhängig von der Bewegung des Mastes beeinflusst werden können. Dies kann z.B. mit einer mechanischen Bewegung der Antenne durch einen Motor geschehen. Neigt sich der Mast nach hinten, wandert der Funkstrahl am Empfänger nach oben. Durch den Rückkanal wird die mechanische Steuerung der Sendeantenne so beeinflusst, dass sie sich nach vorn neigt bis die Empfangsleistung an A1 und A3 wieder gleich ist. Dieser Rückkanal kann beispielsweise eine zweite Richtfunkstrecke mit geringer Datenrate und niedriger Trägerfrequenz sein.

[0056] Bringt man die drei Antennen in einem gekrümmten Bogen an wie in der Fig. 3 (B) gezeigt, so lassen sich kleine Fluktuationen des Sendemastes ohne Steuerung ausgleichen. An Stelle der drei unabhängigen Parabolantennen kann man auch eine einzelne Antenne mit drei unabhängigen in vertikaler Richtung angeordneten rauscharmen Signalumsetzern (LNB's, Low Noise Block Converter) verwenden. Trifft der Strahl nicht senkrecht auf den Parabolspiegel, so verschiebt sich der Fokuspunkt in den anderen LNB. Auch diese Anordnung lässt sich zur Messung der Schwankung einsetzen.

[0057] Da die Elemente A1 und A3 nur dazu dienen die Richtung des Funkstrahls zu bestimmen, können beide auch einen viel niedrigeren Gewinn haben und damit viel kleiner gebaut werden als die zentrale Antenne A2, wie Fig. 3 (C) zeigt.

[0058] Eine mechanische Steuerung könnte für viele Anwendungen zu langsam bzw. zu störanfällig sein. Eine Alternative bietet daher eine schnelle elektronische Steuerung, die durch den Einsatz von Phased-Array-Antennen (siehe in Robert C. Hansen, "Phased Array Antennas (Wiley Series in Microwave and Optical Engineering)", John Wiley & Sons, 2. Auflage (12. Januar 2010)) möglich ist. Bei diesen besteht die einzelne Antenne aus einer Vielzahl von Elementen. Ihr Gewinn bzw. ihre Richtwirkung steigt mit der Anzahl der Elemente, und die Richtung der Abstrahlung einer Sendeantenne wird durch eine Phasenänderung des Ansteuerstroms der einzelnen Elemente erzielt. Im Empfangsfall kann eine Phased-Array-Antenne aber durch Auswertung der Phasen der einzelnen Elemente auch feststellen aus welcher Richtung der Funkstrahl kommt. Wenn das einzelne Element z.B. ein Dipol ist, so liegen seine Abmessungen für Trägerfrequenzen zwischen 300 und 900 GHz im Bereich von 1/6 bis 1/2 mm. Für Funkverbindungen im Terahertz-Bereich lassen sich demnach relativ kleine Phased-Array-Antennen mit hohem Gewinn aufbauen.

[0059] Da die Phased-Array-Antenne im Empfangsfall die Richtung aus der der Funkstrahl kommt bestimmen kann, erübrigt sich das Anbringen mehrerer Antennen. Allerdings muss die Antenne in der Ebene, die gemessen werden soll, größer als die Breite des Funkstrahls sein. Unter der "Breite" eines Funkstrahls soll hier und im Folgenden immer die Halbwertsbreite des Leistungsprofils

des Funkstrahls in der gemessenen Ebene bzw. Empfangsebene verstanden werden. Sollen nur Vor-Rückbewegungen des Mastes ausgeglichen werden (vertikale Ebene), so kommen Antennen in Frage, die in der vertikalen Ebene größer sind. Ist die Antenne hingegen auch in der horizontalen Ebene größer, so lassen sich sowohl Fluktuationen in der vertikalen als auch in der horizontalen Ebene ausgleichen, wie Figur 4 zeigt.

[0060] Kleine Fluktuationen des Sendemastes müssen nicht korrigiert werden, solange der Funkstrahl vollständig auf die Antenne trifft. Erst wenn die Abweichung größer wird, sind Korrekturen notwendig.

[0061] Im Folgenden werden nun Ausführungsformen beschrieben, die als System ohne Rückkanal ausgestaltet sind:

Verfügt der drahtlose Link über keinen Rückkanal so müssen Sende- und Empfangsantenne so gesteuert werden, dass sie ihren Funkstrahl immer auf einen virtuellen Punkt im Unendlichen richten, wie Fig. 5 zeigt. Der virtuelle Punkt der Sendeantenne liegt dabei auf derselben Linie wie der virtuelle Punkt der Empfangsantenne.

[0062] Die adaptive Steuerung beider Antennen arbeitet so, dass der Funkstrahl immer auf den jeweiligen virtuellen Punkt im Unendlichen zeigt. Bei einem mechanischen Ausgleich wird die Schwankung des Mastes nach vorn oder hinten durch eine Drehung der Antenne nach hinten bzw. vorn ausgeglichen. Bei Phased-Array-Antennen wird die Richtung des ausgesendeten Funkstrahls verändert.

[0063] Figur 6 zeigt eine Sende- bzw. Empfangseinheit mit adaptiver Steuerung. In unmittelbarer Nähe, beispielsweise an der Befestigungsstange der Antenne, muss zusätzlich eine Sensoreinheit (1) und eine Verarbeitungseinheit (2) montiert werden. Die erfassten und verarbeiteten Daten aus der Sensorik und der Verarbeitungseinheit werden dann für eine Korrektur der Abstrahlcharakteristik bereitgestellt (3). Die Korrektur der Abstrahlcharakteristik erfolgt dann durch die Antenne selbst, entweder mechanisch oder elektronisch.

[0064] Die Sensorik (Block A in Fig. 7) muss in der Lage sein, die Winkeländerungen des Vertikalwinkels (des Drehwinkels der Auslenkung der Antenne um eine horizontale Achse) zu erfassen. Zur Erfassung des Horizontalwinkels (des Drehwinkels der Auslenkung der Antenne um eine vertikale Achse) kann eine zweite Sensoreinheit eingesetzt werden. Zur Verwendung kommen demnach fein auflösende Sensoren, welche einachsige Winkeländerungen erfassen und ausgeben können, z.B. Faser-, Lasergyroskope oder hochempfindliche Lage-sensoren.

[0065] Einen einfachen, preiswerten aber gleichzeitig hochgenauen Sensor zeigt Fig. 8. Am Fuß des Antennenmastes befindet sich ein Laser, z.B. eine preiswerte Laserdiode, oder eine Photodiode deren Strahl senkrecht nach oben gerichtet ist (gestrichelt). Oben sind ein-

zelne Photodetektoren in einer gekrümmten oder geraden Linie angebracht (gepunktet). Dabei ist einer der Photodetektoren in bezüglich der genannten Linie zentral angebracht, wobei die zentrale Lage so gewählt ist, dass der zentral angebrachte Photodetektor vom Laserstrahl getroffen wird, wenn sich der Mast im nicht-ausgelenkten Zustand (Ruhezustand ohne Schwingungen und ohne Krafteinwirkung auf den Mast) befindet. Fängt der Mast an sich zu bewegen, so wird ein anderer Photodetektor als der zentral angebrachte Photodetektor vom Laserstrahl getroffen. Daher kann man mit diesem System sehr genau die Auslenkung des Mastes messen. Diese Messung ist umso genauer, je schmaler der Strahl, je enger die Anbringung der Photodetektoren und je höher der Mast ist. Mit einem Feld (Array) aus Photodetektoren, oder einem Chip, vorzugsweise einem CCD-Chip (CCD: charged coupled device), lässt sich die Auslenkung des Mastes in allen Richtungen bestimmen.

[0066] Sollte innerhalb des Mastes kein Platz sein, so lässt sich das System auch direkt an der Antenne anbringen, wie Abb. 8 (B) zeigt.

[0067] Die Verarbeitungseinheit (Block B in Fig. 7) nimmt die Signale der Sensoreinheit auf und stellt für die Korrekturereinheit angepasste Daten bereit. Unter Verwendung einer Phased-Array-Antenne bedeutet dies, dass der von der Sensorik erfasste Winkel aufgenommen und linear verstärkt wird, um die Winkeldifferenz für eine Phasenverschiebung den Phasenschiebern der Phased-Array-Antenne bereit zu stellen.

[0068] Zusätzlich muss die Verarbeitungseinheit schnell genug arbeiten, um Korrekturdaten innerhalb der Aktualisierungszeit bereit zu stellen. Für eine Antenne mit einem Gewinn von 40 dBi und einem Öffnungswinkel von 1° , die auf einem 50 m hohen Mast montiert ist, welcher an seiner Spitze um 50 cm mit einer Frequenz von 5 Hz (also einer Schwingungsdauer von $T = 0,2$ s) schwankt, ergibt sich, dass die Verarbeitungseinheit nach spätestens 0,11 Sekunden erneut Korrekturdaten bereitstellen muss, damit das Signal beim Empfänger nicht abreißt. Technisch sind noch viel kleinere Aktualisierungszeiten realisierbar. Allgemein ergibt sich für Schwingungen des Mastes, dass die Aktualisierungszeit (also die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Aktualisierungen) gleich oder kleiner als $t_{akt} = \beta / \omega_{max}$ sein muss, wobei β den nutzbaren Öffnungswinkel der Hauptkeule der Abstrahlung der Antenne und ω_{max} die maximale Winkelgeschwindigkeit bezeichnen, und $\omega_{max} = (s \cdot 184^\circ) / (h \cdot T)$ gilt mit der maximalen Schwankbreite s im Bogen, der Masthöhe h und der Schwingungsdauer T .

[0069] Die durch Wind hervorgerufenen Fluktuationen an der Sendeeinrichtung sind in den meisten Szenarien als dynamische Last zu betrachten. Treten durch Resonanzschwingungen in weniger steifen Masten dynamisch zu betrachtende Lageänderungen der Anlage auf, sind diese Schwingungen aufgrund der Trägheit der Konstruktion aber eher langsam und liegen im mehrstelligen Millisekunden-Bereich bzw. im einstelligen Hertz-Bereich. Einsetzbare Verarbeitungseinheiten sind z.B. di-

gitale Signalprozessoren oder Mikrocontroller.

[0070] Die Korrekturereinheit (Block C in Fig. 7) nimmt die von der Verarbeitungseinheit bereitgestellten Korrekturdaten entgegen und korrigiert mithilfe dieser Daten die Abstrahlcharakteristik der Antenne. Unter Verwendung einer Phased-Array-Antenne wird die Phasenwinkeldifferenz, welche zuvor von der Verarbeitungseinheit berechnet wurde, entgegengenommen und auf den Phasenschiebern gemäß dem Prinzip einer Phased-Array-Antenne eingestellt.

[0071] Im Folgenden sei eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens für eine Funkverbindung mit Richtfunkstabilisierung im Millimeterwellen- und Terahertzfrequenz-Bereich beschrieben: Um Winkeländerungen zu ermitteln, die durch Bewegung von Sender und Empfänger ausgelöst werden, wird ein Gyroskop, ein Neigungssensor oder ein anderer Sensor eingesetzt (vgl. auch Block A in Fig. 7). Dieser misst Lageänderungen und gibt sie an eine Verarbeitungseinheit weiter. Die Verarbeitungseinheit (z.B. DSP, Mikrocontroller) wertet die Lageänderung aus und generiert daraus den Wert der Verschiebung des Phasenwinkels (vgl. auch Block B in Fig. 7), der für die Phasenschieber der Phased-Array-Antenne bereitgestellt wird. Bei der Verwendung eines Servomotors wird alternativ der Wert für die nötige Ausgleichbewegung ermittelt und der Korrekturereinheit (Block C in Fig. 7), welche den Servomotor aufweist, übergeben. Anschließend wird der ermittelte Phasenwinkel an den Phasenschiebern für jedes Element des Antennenarrays nach dem Prinzip der Phased-Array-Antenne angepasst, bzw. eine Ansteuerung des Servomotors vorgenommen. Wird die beschriebene Vorgehensweise vor Ablauf der Aktualisierungszeit wiederholt, wird die Bewegung des Mastes, des Turmes oder der Plattform dynamisch ausgeglichen.

[0072] Sowohl Empfänger als auch Sender arbeiten bei diesem Verfahren unabhängig voneinander. Für die Korrektur ist demnach keine Kommunikation zwischen ihnen nötig, wodurch sich dieses Verfahren auch für unidirektionale Übertragungssysteme einsetzen lässt.

[0073] Obwohl die Erfindung mittels der Figuren und der zugehörigen Beschreibung dargestellt und detailliert beschrieben ist, sind diese Darstellung und diese detaillierte Beschreibung illustrativ und beispielhaft zu verstehen und nicht als die Erfindung einschränkend. Es versteht sich, dass Fachleute Änderungen und Abwandlungen machen können, ohne den Umfang der folgenden Ansprüche zu verlassen. Insbesondere umfasst die Erfindung ebenfalls Ausführungsformen mit jeglicher Kombination von Merkmalen, die vorstehend zu verschiedenen Aspekten und/oder Ausführungsformen genannt oder gezeigt sind.

[0074] Die Erfindung umfasst ebenfalls einzelne Merkmale in den Figuren auch wenn sie dort im Zusammenhang mit anderen Merkmalen gezeigt sind und/oder vorstehend nicht genannt sind.

[0075] Im Weiteren schließt der Ausdruck "umfassen" und Ableitungen davon andere Elemente oder Schritte

nicht aus. Ebenfalls schließt der unbestimmte Artikel "ein" bzw. "eine" und Ableitungen davon eine Vielzahl nicht aus. Die Funktionen mehrerer in den Ansprüchen aufgeführter Merkmale können durch eine Einheit erfüllt sein. Die Begriffe "im Wesentlichen", "etwa", "ungefähr" und dergleichen in Verbindung mit einer Eigenschaft beziehungsweise einem Wert definieren insbesondere auch genau die Eigenschaft beziehungsweise genau den Wert. Alle Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als den Umfang der Ansprüche einschränkend zu verstehen.

Patentansprüche

1. Richtfunkstabilisierungsvorrichtung für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit:

einer Richtfunkantenne, die an einer ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;
 einem Sensor, geeignet zum Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung der Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, und zum Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der erfassten Ausrichtung oder Änderung der Ausrichtung der Richtfunkantenne;
 einer Verarbeitungseinheit, konfiguriert zum Auswerten der vom Sensor ausgegebenen Positionssignale und zum Generieren und Ausgeben von Korrektursignalen, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist; und
 einer Korrekturereinheit, geeignet zum Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne entsprechend den Korrekturdaten, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann.

2. Richtfunkstabilisierungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Sensor aufweist:

mindestens ein Fasergyroskop und/oder
 mindestens ein Lasergyroskop und/oder
 mindestens einen Neigungssensor und/oder
 mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor,

wobei vorzugsweise der mindestens eine hochempfindliche Lagesensor einen Laser, beispielsweise eine Laserdiode, oder eine Photodiode und einen CCD-Chip oder mehrere Photodetektoren aufweist, wobei die Photodetektoren an der Befestigungsein-

richtung oder an der Richtfunkantenne, vorzugsweise entlang einer gekrümmten oder geraden Linie oder in einem Feld, angebracht sind, und wobei der Laser oder die Photodiode ortsfest, beispielsweise am Boden, angebracht ist und im Ruhezustand der Befestigungseinrichtung auf das Zentrum des CCD-Chips oder einen der Photodetektoren ausgerichtet ist.

3. Richtfunkstabilisierungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Verarbeitungseinheit ein digitaler Signalprozessor oder ein Mikrocontroller ist.

4. Richtfunkstabilisierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist;
 die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phase-Array-Antenne aufweist; und
 die Verarbeitungseinheit ferner konfiguriert ist zum linearen Verstärken der Richtungsabweichung und zum Ermitteln und Bereitstellen von Winkeldifferenzen für Phasenverschiebungen für die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne.

5. Richtfunkstabilisierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

die Richtfunkantenne an der ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist;
 die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist, der zum Drehen der Richtfunkantenne konfiguriert ist; und
 die Verarbeitungseinheit ferner konfiguriert ist zum Ermitteln einer Ausgleichsdrehung der Richtfunkantenne aus den vom Sensor bereitgestellten Positionssignalen und zum Ansteuern des mindestens einen Servomotors.

6. Ein System mit Richtfunkstabilisierung für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, wobei das System zwei oder mehr Richtfunkstabilisierungsvorrichtungen gemäß einem der vorangehenden Ansprüche aufweist, wobei die Richtfunkantennen jeweils aufeinander ausgerichtet sind.

7. Richtfunkstabilisierungsverfahren für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit den Schritten:

Erfassen einer Ausrichtung oder einer Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne relativ zu einem Koordinatensystem, vorzugsweise einem raumfesten Koordinatensystem, mit

- einem Sensor, der beispielsweise mindestens ein Fasergyroskop und/oder mindestens ein Lasergyroskop und/oder mindestens einen Neigungssensor und/oder mindestens einen hochempfindlichen Lagesensor aufweist;
 Ausgeben von Positionssignalen durch den Sensor an eine Verarbeitungseinheit, wobei die Positionssignale der erfassten Ausrichtung oder der Änderung der Ausrichtung einer Richtfunkantenne entsprechen;
 Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten das Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist;
 Generieren von Korrektursignalen für eine Ausgleichsbewegung der Richtfunkantenne;
 Ausgeben der Korrektursignale an die Korrekturereinheit;
 Korrigieren der Richtungsabweichung der Richtfunkantenne entsprechend den Korrektursignalen durch die Korrekturereinheit.
- 8.** Richtfunkstabilisierungssystem für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, mit:
- (1) einer Sendestation, die aufweist:
- (1a) eine Richtfunkantenne zum Senden von Funksignalen, wobei die Richtfunkantenne an einer ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;
 (1b) eine Korrekturereinheit, geeignet zum Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann;
 (1c) eine Rückkanalempfangseinrichtung zum Empfangen von Rückkanalfunksignalen zur Steuerung der Korrekturereinheit;
- (2) einer Empfangsstation, die aufweist:
- (2a) eine Empfangseinrichtung, die an einer zweiten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist, wobei die Empfangseinrichtung geeignet ist zum orts aufgelösten Erfassen der Leistung eines empfangenen Funksignals und zum Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der erfassten orts aufgelösten Leistung des empfangenen Funksignals; und
 (2b) eine Verarbeitungseinheit, wobei die Verarbeitungseinheit konfiguriert ist, aus den Positionssignalen Korrektursignale zu generieren, die zur Steuerung der Korrekturereinheit geeignet sind;
 (2c) eine Rückkanalsendeeinrichtung zum Senden von Rückkanalfunksignalen entsprechend den von der Verarbeitungseinheit generierten Korrektursignalen;
- wobei die Richtfunkantenne und die Empfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Funkverbindung möglich ist; und die Rückkanalsendeeinrichtung und die Rückkanalempfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Übertragung von Rückkanalfunksignalen möglich ist.
- 9.** Richtfunkstabilisierungssystem nach Anspruch 8, wobei die Verarbeitungseinheit ein digitaler Signalprozessor oder ein Mikrocontroller ist.
- 10.** Richtfunkstabilisierungssystem nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Empfangseinrichtung eine Phased-Array-Antenne aufweist, wobei die Abmessung der Phased-Array-Antenne in vertikaler Richtung, vorzugsweise auch in horizontaler Richtung, größer ist als der Querschnitt des empfangenen Funksignals.
- 11.** Richtfunkstabilisierungssystem nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Empfangseinrichtung drei in verschiedenen Höhen angeordnete Parabolantennen aufweist, wobei:
- die drei Parabolantennen entlang einer vertikalen Geraden angeordnet sind oder entlang eines Bogens, der bezüglich der Empfangsrichtung konvex gekrümmt ist, angeordnet sind; und vorzugsweise die in mittlerer Höhe positionierte Parabolantenne einen größeren Gewinn aufweist als die darüber positionierte Parabolantenne und/oder die darunter positionierte Parabolantenne.
- 12.** Richtfunkstabilisierungssystem nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Empfangseinrichtung eine Parabolantenne aufweist, wobei die Parabolantenne einen Parabolspiegel und drei in vertikaler Richtung vor dem Parabolspiegel angeordnete rauscharme Signalumsetzer (LNB's) aufweist.
- 13.** Richtfunkstabilisierungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei:
- die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist; und die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne aufweist.
- 14.** Richtfunkstabilisierungssystem nach einem der An-

sprüche 8 bis 12, wobei:

die Richtfunkantenne an der ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist; und
 die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist, der zum Drehen der Richtfunkantenne konfiguriert ist.

15. Richtfunkstabilisierungsverfahren für ein Richtfunkstabilisierungssystem für eine ortsfeste drahtlose Funkverbindung, insbesondere im Bereich von 30 GHz bis 30 THz, vorzugsweise im Bereich von 30 GHz bis 3 THz, besonders bevorzugt im Bereich von 100 GHz bis 1 THz, wobei das Richtfunkstabilisierungssystem aufweist:

eine Sendestation mit:
 einer Richtfunkantenne zum Senden von Funksignalen, wobei die Richtfunkantenne an einer ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;
 eine Korrekturereinheit, wobei die Korrekturereinheit in der Richtfunkantenne integriert sein kann;
 eine Rückkanalempfangseinrichtung;

eine Empfangsstation mit:

einer Empfangseinrichtung, die an einer zweiten ortsfesten Befestigungseinrichtung angebracht ist;
 einer Verarbeitungseinheit;
 einer Rückkanalsendeinrichtung;

wobei die Richtfunkantenne und die Empfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Funkverbindung möglich ist; und die Rückkanalsendeinrichtung und die Rückkanalempfangseinrichtung so ausgerichtet sind, dass eine Übertragung von Rückkanalfunksignalen ist;
 mit den Schritten:

- (a) orts aufgelöstes Erfassen der Leistung eines empfangenen Funksignals mit der Empfangseinrichtung;
 (b) Ausgeben von Positionssignalen entsprechend der orts aufgelöst erfassten Leistung des empfangenen Funksignals an die Verarbeitungseinheit;
 (c) Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit, wobei das Auswerten ein Ermitteln der Richtungsabweichung der Ausrichtung der Richtfunkantenne von einer Sollrichtung aufweist;
 (d) Generieren von Korrektursignalen, die zur Steuerung der Korrekturereinheit geeignet sind, aus den Positionssignalen durch die Verarbeitungseinheit;

- (e) Senden der Korrektursignale mittels geeigneter Rückkanalfunksignale durch die Rückkanalsendeinrichtung an die Rückkanalempfangseinrichtung;
 (f) Empfangen der Korrektursignale durch die Rückkanalempfangseinrichtung;
 (g) Korrigieren der Abstrahlcharakteristik der Richtfunkantenne entsprechend den empfangenen Korrektursignalen durch die Korrekturereinheit.

16. Richtfunkstabilisierungsverfahren nach Anspruch 15, wobei die Empfangseinrichtung eine Phased-Array-Antenne aufweist, wobei die Abmessung der Phased-Array-Antenne in vertikaler Richtung, vorzugsweise auch in horizontaler Richtung, größer ist als der Querschnitt des empfangenen Funksignals; und wobei:

das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist:

Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jedem der Elemente der Phased-Array-Antenne; und

das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:

Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen;
 Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist.

17. Richtfunkstabilisierungsverfahren nach Anspruch 15, wobei die Empfangseinrichtung drei in verschiedenen Höhen angeordnete Parabolantennen aufweist; und wobei:

das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist:

Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jeder der Parabolantennen; und

das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:

Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen;

- Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist. 5
18. Richtfunkstabilisierungsverfahren nach Anspruch 15, wobei die Empfangseinrichtung eine Parabolantenne aufweist, wobei die Parabolantenne einen Parabolspiegel und drei in vertikaler Richtung vor dem Parabolspiegel angeordnete rauscharme Signalumsetzer (LNB's) aufweist; und wobei:
- das orts aufgelöstes Erfassen der Leistung folgenden Schritt aufweist: 15
- Messen der Leistung eines empfangenen Funksignals an jedem der rauscharmen Signalumsetzer; und 20
- das Auswerten der Positionssignale durch die Verarbeitungseinheit folgende Schritte aufweist:
- Bestimmung der Position der maximalen Leistung des empfangenen Funksignals aus den Positionssignalen; 25
- Bestimmung der Abweichung der Position der maximalen Leistung zu einer Sollposition, wobei die Sollposition durch die Position der maximalen Leistung eines Funkstrahls in Sollrichtung gegeben ist. 30
19. Richtfunkstabilisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 15 bis 18, wobei: 35
- die Richtfunkantenne eine Phased-Array-Antenne ist;
- die Korrekturereinheit die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne aufweist; und 40
- das Generieren der Korrektursignale folgende Schritte aufweist:
- lineares Verstärken der Richtungsabweichung; und 45
- Ermitteln von Winkeldifferenzen für Phasenverschiebungen für die Phasenverschieber der Phased-Array-Antenne.
20. Richtfunkstabilisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 15 bis 18, wobei: 50
- die Richtfunkantenne an der ersten ortsfesten Befestigungseinrichtung drehbar angebracht ist; 55
- die Korrekturereinheit mindestens einen Servomotor aufweist;
- das Auswerten durch die Verarbeitungseinheit
- den folgenden Schritt aufweist:
- Ermitteln einer Ausgleichsdrehung der Richtfunkantenne aus den Positionssignalen; und
- das Korrigieren durch die Korrekturereinheit folgenden Schritt aufweist:
- Drehen der Richtfunkantenne entsprechend der ermittelten Ausgleichsdrehung.

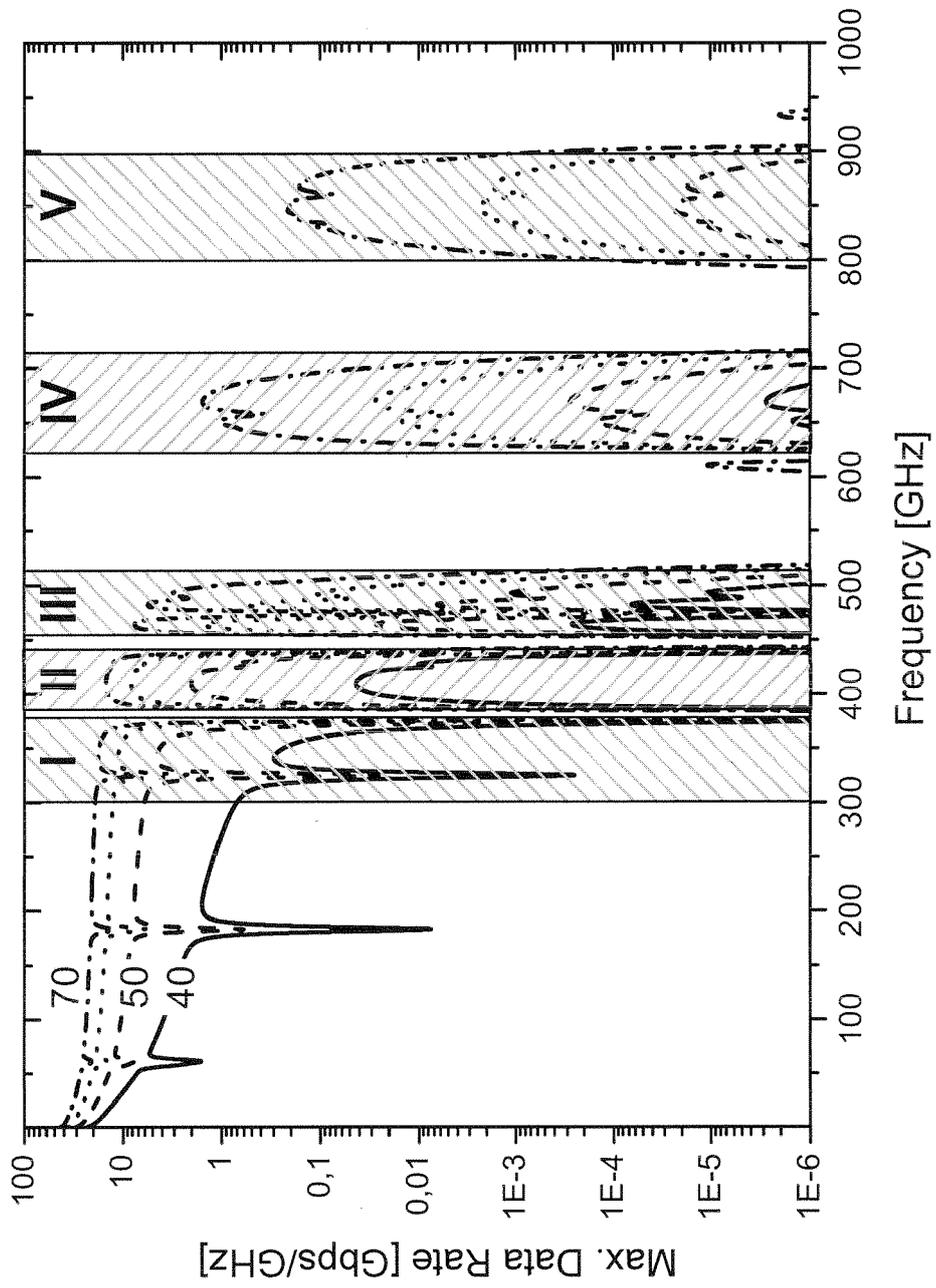


Fig. 1

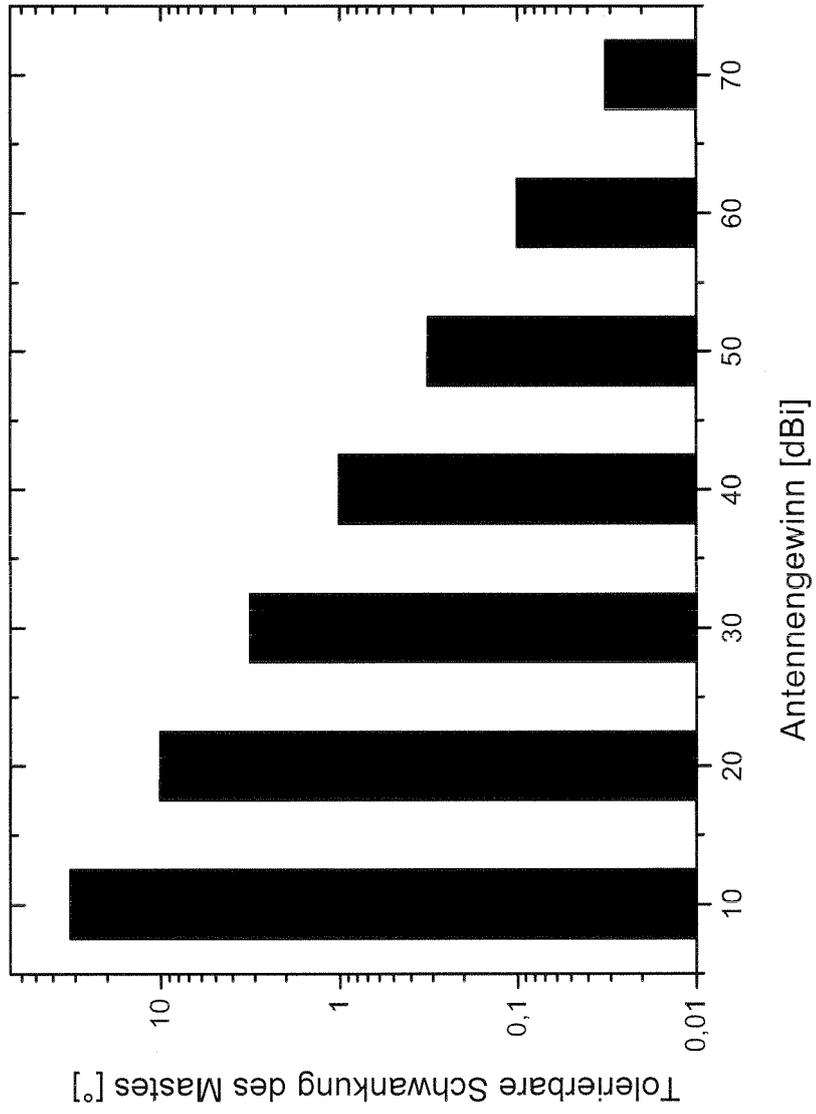
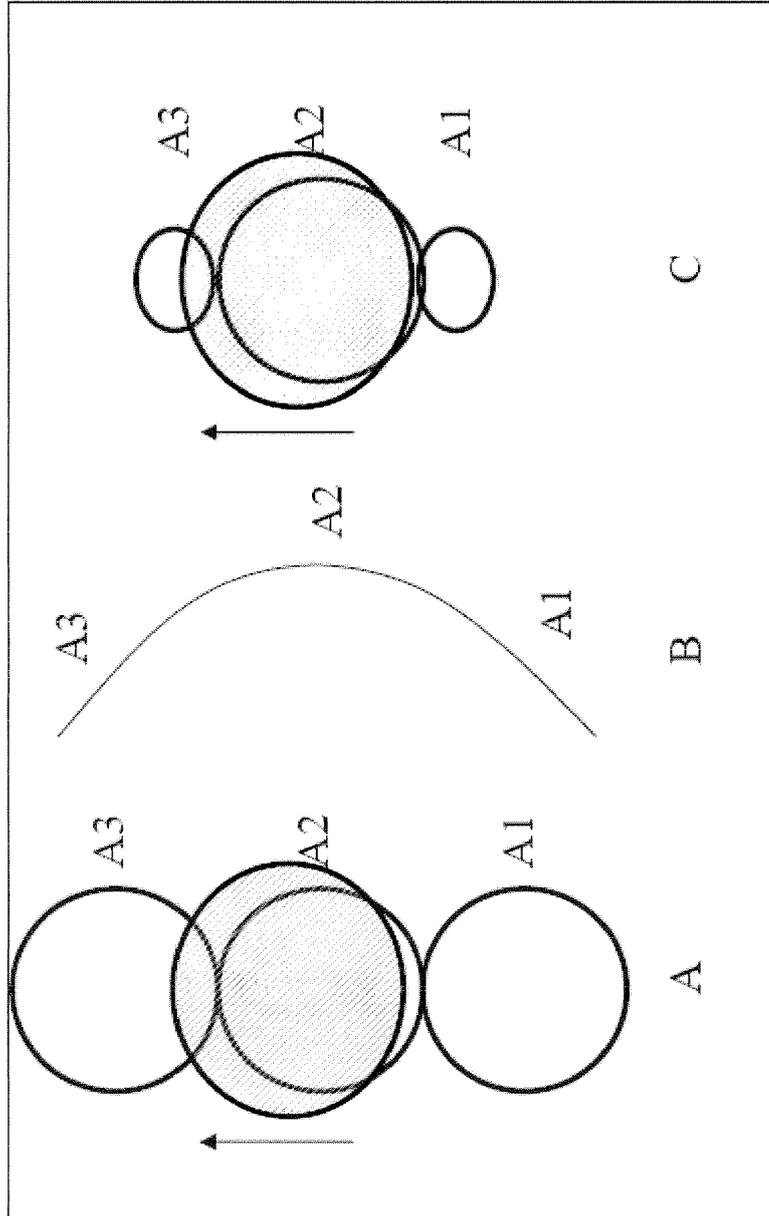


Fig. 2

Fig. 3



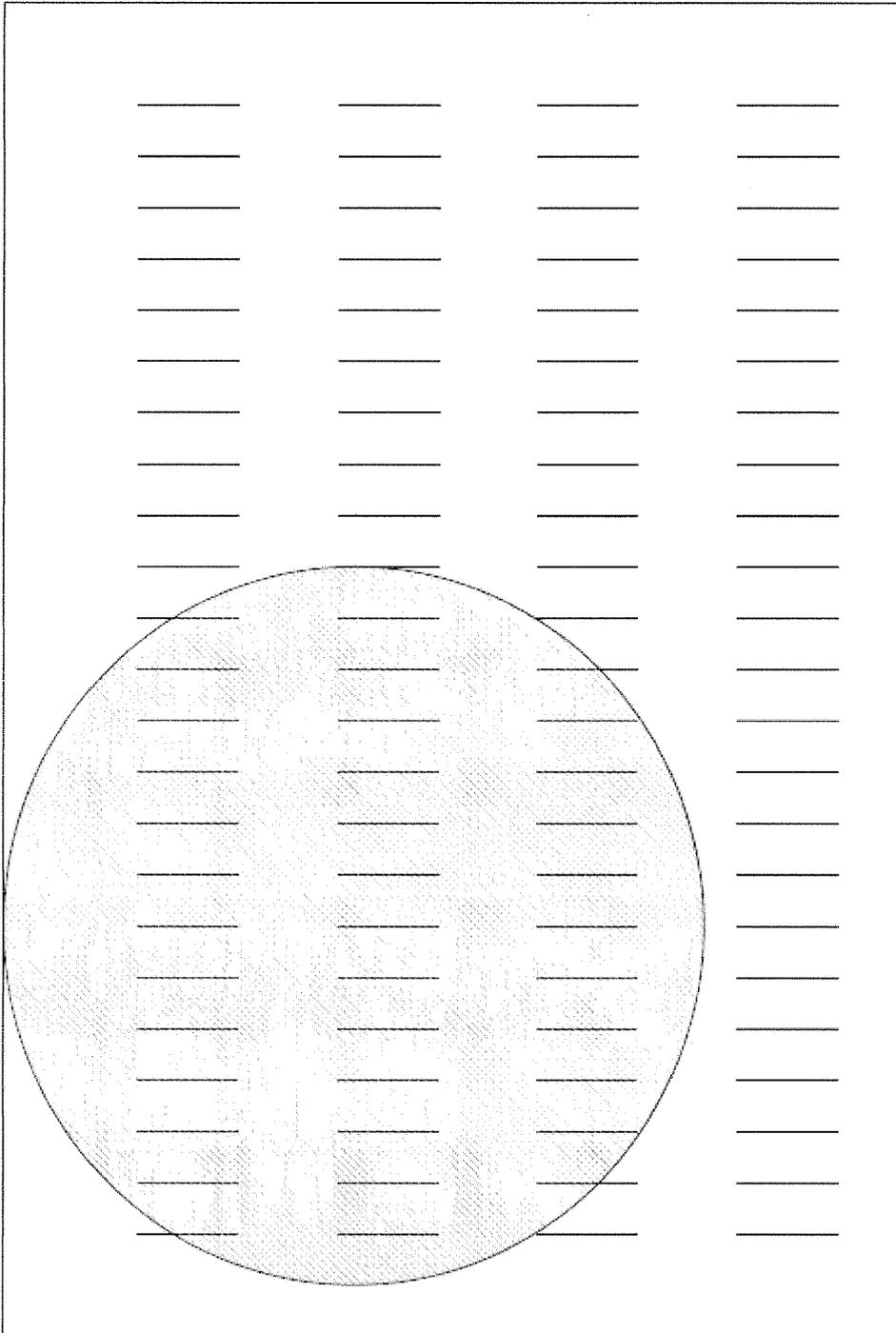


Fig. 4

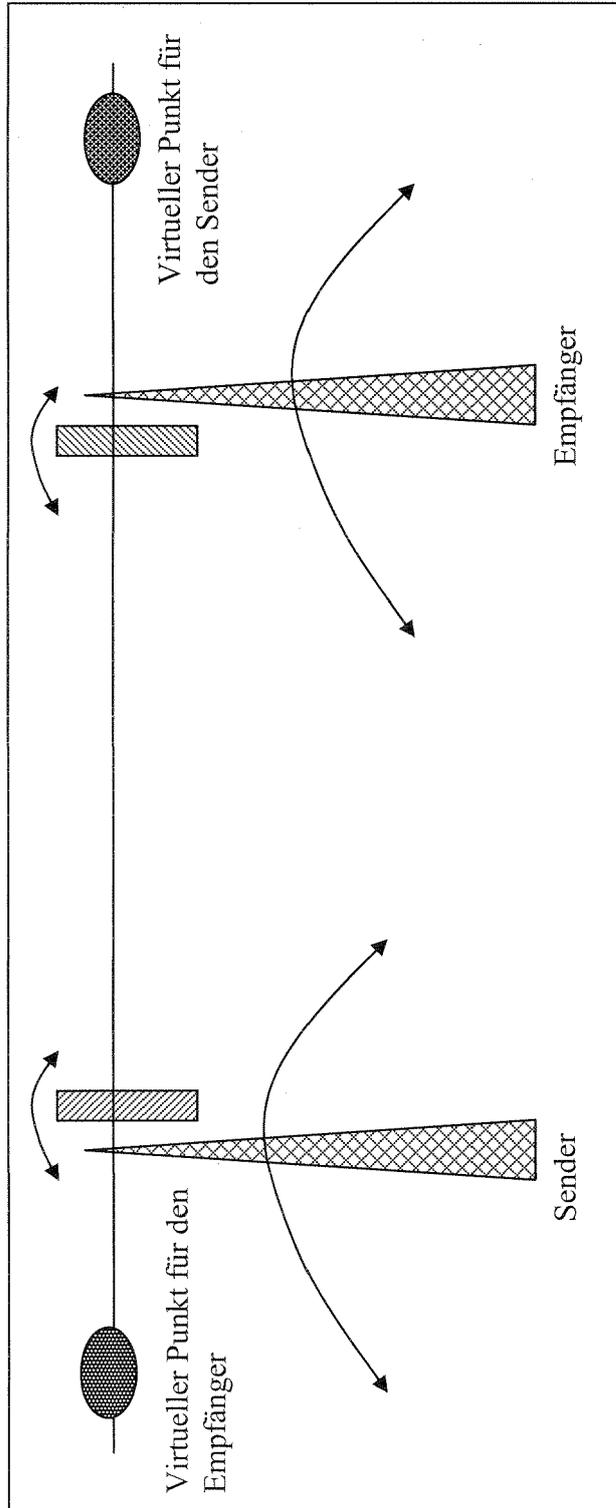


Fig. 5

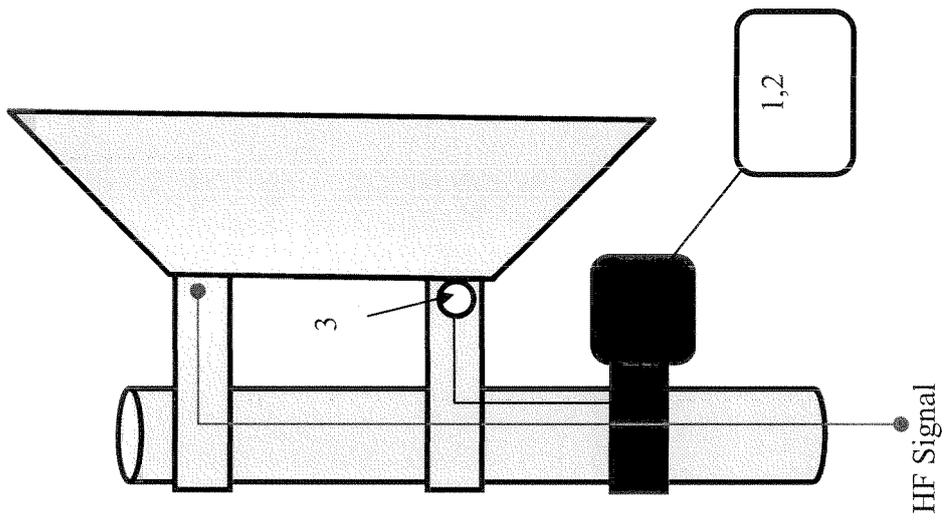


Fig. 6



Fig. 7

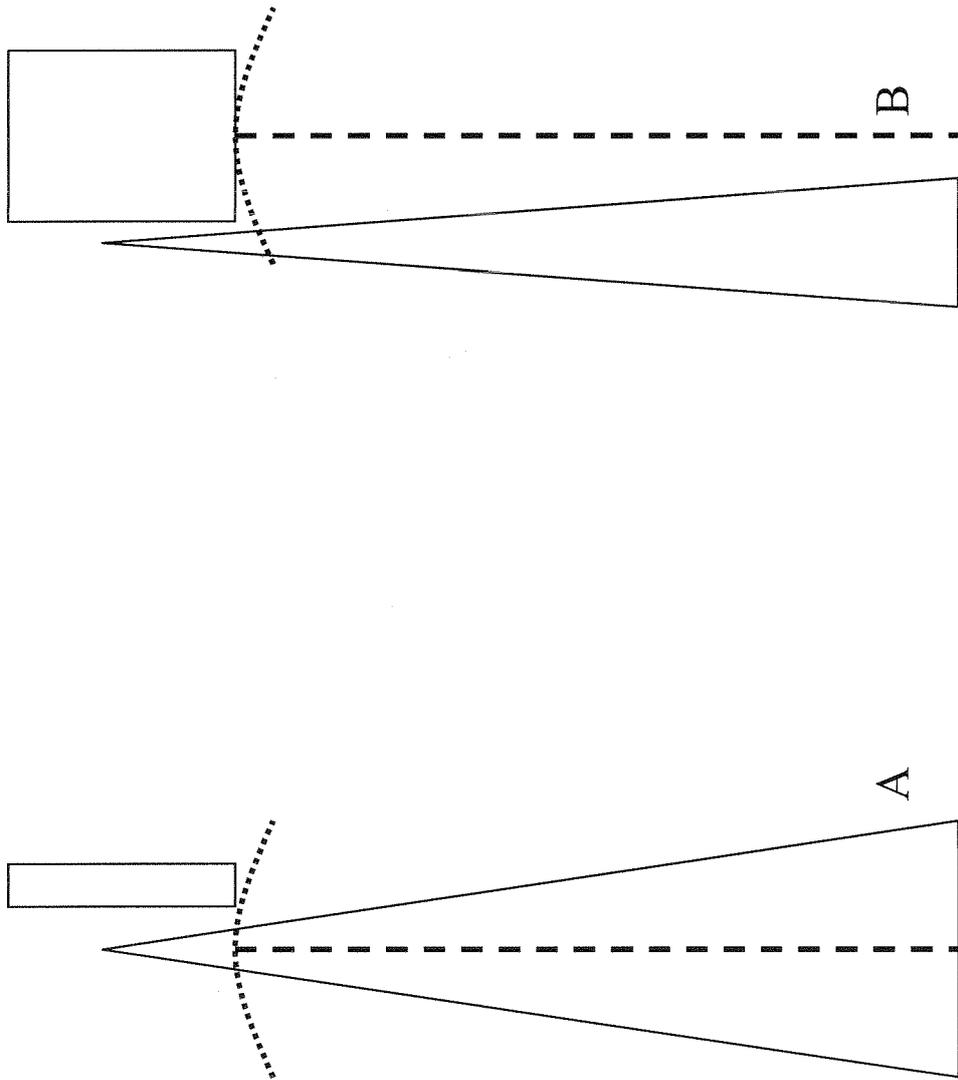


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 7565

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 058 843 A1 (ANT NACHRICHTENTECH [DE]) 1. September 1982 (1982-09-01)	1-3,5-7, 19,20	INV. H01Q1/00
Y	* Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 6 - Seite 4, Zeile 16 * * Abbildungen 1-3 *	4	H01Q1/12 H01Q1/18
X	US 2 497 065 A (BRADDON FREDERICK D) 14. Februar 1950 (1950-02-14)	1-3,5-7, 19,20	
Y	* Spalte 1, Zeile 19 - Spalte 2, Zeile 42 * * Abbildung 1 *	4	
Y	DE 14 98 041 A1 (TELEFUNKEN PATENT) 17. Dezember 1970 (1970-12-17)	4	
A	* Seiten 2-7 * * Abbildungen 1,2 *	1,7	
A	US 2009/033576 A1 (SMOYER CLINTON J [US] ET AL) 5. Februar 2009 (2009-02-05)	8-18	
	* Absätze [0004] - [0010], [0025] - [0047] * * Abbildungen 1,2A-2D,3-10 *		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 4 696 053 A (MASTRIANI DENNIS [US] ET AL) 22. September 1987 (1987-09-22)	8-18	H01Q
	* Spalte 2, Zeilen 5-66 * * Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 8, Zeile 5 * * Abbildungen 1,4(a)-4(c) *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. September 2012	Prüfer Kruck, Peter
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



Nummer der Anmeldung

EP 12 15 7565

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

- Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:
- Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

- Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
- Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:
- Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:
- Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPU).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 7565

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-7, 19, 20

Richtfunkantenne mit autonomer Stabilisierung der
Richtfunkcharakteristik;

2. Ansprüche: 8-18

Stabilisierung einer Richtfunkstrecke zwischen einer
Sendestation und einer Empfangsstation mit Hilfe einer
Rückkopplungsregelung.

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

EP 12 15 7565

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.

04-09-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0058843 A1	01-09-1982	DE 3106321 A1 EP 0058843 A1	09-09-1982 01-09-1982
-----	-----	-----	-----
US 2497065 A	14-02-1950	KEINE	
-----	-----	-----	-----
DE 1498041 A1	17-12-1970	KEINE	
-----	-----	-----	-----
US 2009033576 A1	05-02-2009	KEINE	
-----	-----	-----	-----
US 4696053 A	22-09-1987	KEINE	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0461

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 1498041 A [0002]
- DE A1 [0002]
- DE 102008008387 [0002]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **ROBERT C. HANSEN.** Phased Array Antennas (Wiley Series in Microwave and Optical Engineering. John Wiley & Sons, 12. Januar 2010 [0058])