



(10) **DE 10 2020 110 348 B3** 2021.08.05

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 110 348.4**
(22) Anmeldetag: **15.04.2020**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.08.2021**

(51) Int Cl.: **H04B 7/04 (2017.01)**
H04W 64/00 (2009.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dieses vertreten durch den Präsidenten der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116 Braunschweig, DE

(72) Erfinder:
Kleine-Ostmann, Thomas, Dr., 38112 Braunschweig, DE; Harz, Thomas, 38120 Braunschweig, DE; Mihalachi, Marius, Dr., 38100 Braunschweig, DE; Schrader, Thorsten, Dr., 38304 Wolfenbüttel, DE

(74) Vertreter:
Gramm, Lins & Partner Patent- und Rechtsanwälte PartGmbB, 38122 Braunschweig, DE

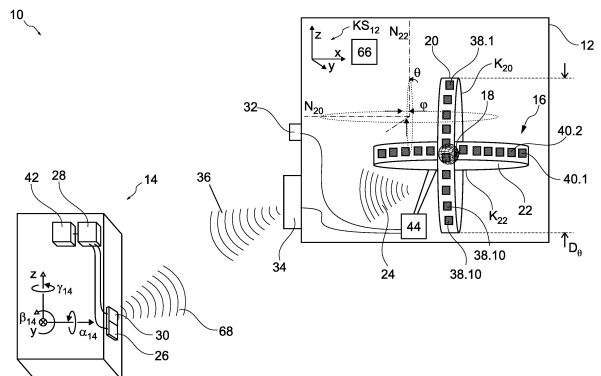
(56) Ermittelte Stand der Technik:
US 2007 / 0 055 746 A1

LERTES, E.: Funkortung und Funknavigation. Wiesbaden: Springer, 1995. S. 87-92. – ISBN 978-3-528-04936-2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Übermitteln von Daten zwischen einer Basisstation und einer Mobilstation und Datenübertragungssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Übermitteln von Daten zwischen einer Basisstation (12) und einer Mobilstation (14), mit den Schritten: (a) Ermitteln einer Winkellage ($W=(\theta,\varphi)$) der Mobilstation (14) relativ zu einer Basisstation (12) und (b) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals (36), insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz (f_D) von zumindest 10 Gigahertz, unter der Winkellage (W) zwischen Mobilstation (14) und Basisstation (12). Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass (c) das Ermitteln der Winkellage (W) ein (i) Ermitteln eines ersten Peilwinkels in Form eines Polarwinkels θ und (ii) Ermitteln eines zweiten Peilwinkels in Form eines Azimutalwinkels φ umfasst und (d) die Peilwinkel (θ, φ) mittels eines Drehfunkfeuers (16) ermittelt werden, das (i) eine Referenzsignal-Antenne (18) in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal (46) aussendet, (ii) zumindest eine Polarwinkel-Antennenanordnung (20), die sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises (K_{20}) erstreckt und ein umlaufendes Polarwinkel-Signal aussendet, und (iii) zumindest eine Azimutalwinkel-Antennenanordnung (22), die sich entlang eines Azimutalwinkel-Antennenkreises (K_{22}) erstreckt und ein umlaufendes Azimutalwinkel-Signal aussendet, aufweist, (iv) wobei eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale (N_{20}), die senkrecht auf dem Polarwinkel-Antennenkreis (K_{20}) steht, orthogonal zu einer Azimutalwinkel-Antennenkreisnormale (N_{22}), die senk-

recht auf dem Azimutalwinkel-Antennenkreis (K_{22}) steht, verläuft.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Übermitteln von Daten zwischen einer Basisstation und einer Mobilstation. Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Datenübertragungssystem mit einer Basisstation und einer Mobilstation, wobei die Basisstation ein Drehfunkfeuer aufweist, das (i) eine Referenzsignal-Antenne in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal aussendet und, (ii) zumindest eine Polarwinkel-Antennenanordnung, die sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises erstreckt, aufweist.

[0002] Datenübertragungssysteme bestehen beispielsweise aus einer ortsfesten Basisstation, in Form eines WLAN-Routers oder einer sonstigen Sendestation für elektromagnetische Wellen, und einer Mobilstation, beispielsweise einem mobilen Rechner oder einem Mobiltelefon.

[0003] Aus der US 2007/0055746 A1 ist bekannt, dass ein solches Datenübertragungssystem Sendeeinrichtungen aufweisen kann, um die Lage der Mobilstation durch Triangulation zu erfassen. Drehfunkfeuer ganz allgemein sind in dem Buch von Erwin Lertes, „Funkortung und Funknavigation“, Springer Verlag, 1995, beschrieben.

[0004] Es ist wünschenswert, zwischen der Basisstation und der Mobilstation Daten mit einer möglichst hohen Datenrate auszutauschen. Je höher die Daten-Trägerfrequenz, also die Trägerfrequenz des Datensignals, ist, desto größer ist die Datenrate, die übertragen werden kann. Es gibt daher Bestrebungen, diese Frequenz weiter zu steigern. Nachteilig ist daran, dass die Dämpfung des Datensignals umso stärker wird, je höher die Daten-Trägerfrequenz ist.

[0005] Es wird daher versucht, räumlich gebündelte Datensignale zu senden. Das hat den Vorteil, dass in der Keule, also in dem Bereich, in dem sich das gebündelte Datensignal ausbreitet, höhere Feldstärken verwendet werden können, sodass trotz der zunehmenden Dämpfung Daten übertragen werden können. Es hat sich jedoch als schwierig herausgestellt, die Richtung des räumlich gebündelten Datensignals schnell und prozesssicher zu bewerkstelligen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Nachteile im Stand der Technik zu vermindern.

[0007] Die Erfindung löst das Problem durch ein Verfahren zum Übermitteln von Daten zwischen einer Basisstation und einer Mobilstation mit den Schritten (a) Ermitteln einer Winkellage \mathbf{W} der Mobilstation relativ zu einer Basisstation und (b) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals, insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz f_D von zumindest 10 Gigahertz, unter der Winkellage \mathbf{W} zwischen

Mobilstation und Basisstation, (c) das Ermitteln der Winkellage \mathbf{W} ein (i) Ermitteln eines ersten Peilwinkels in Form eines Polarwinkels θ und (ii) Ermitteln eines zweiten Peilwinkels in Form eines Azimutalwinkels φ umfasst und (d) die Peilwinkel θ , φ mittels eines Drehfunkfeuers ermittelt werden, das (i) eine Referenzsignal-Antenne in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal aussendet, (ii) zumindest eine Polarwinkel-Antennenanordnung aus Polarwinkel-Antennen, die entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises angeordnet sind, wobei die Polarwinkel-Antennenanordnung ein umlaufendes Polarwinkel-Signal aussendet, und (iii) zumindest eine Azimutalwinkel-Antennenanordnung aus Azimutal-Antennen, die entlang eines Azimutalwinkel-Antennenkreises angeordnet sind, wobei die Azimutalwinkel-Antennenanordnung ein umlaufendes Azimutalwinkel-Signal aussendet, aufweist, (iv) wobei eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale, die senkrecht auf dem Polarwinkel-Antennenkreis steht, orthogonal zu einer Azimutalwinkel-Antennenkreisnormalen, die senkrecht auf dem Azimutalwinkel-Antennenkreis steht, verläuft.

[0008] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein gattungsgemäßes Datenübertragungssystem, bei dem die Basisstation ein Drehfunkfeuer aufweist, das (i) eine Referenzsignal-Antenne in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal aussendet, (ii) eine Polarwinkel-Antennenanordnung, die sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises erstreckt, und (iii) eine Azimutalwinkel-Antennenanordnung, die sich entlang eines Azimutalwinkel-Antennenkreises erstreckt, aufweist, (iv) wobei eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale, die senkrecht auf dem Polarwinkel-Antennenkreis steht, orthogonal zu einer Azimutalwinkel-Antennenkreisnormale, die senkrecht auf dem Azimutalwinkel-Antennenkreis steht, verläuft.

[0009] Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass die Winkellage, unter der das räumlich gebündelte Datensignal von der Basisstation gesendet werden muss, um die Mobilstation zu treffen, mit vergleichsweise hoher Genauigkeit bestimmt werden kann. Drehfunkfeuer sind aus dem Stand der Technik für die Navigation von Flugzeugen bekannt und wurden dort so weit verfeinert, dass Messunsicherheiten erreichbar sind, die nur wenige Grad betragen. Diese Drehfunkfeuer dienen der Ermittlung eines Richtungswinkels in der Ebene.

[0010] Vorteilhaft ist zudem, dass die Bestimmung der Winkellage in der Regel vergleichsweise einfach ist. So ist die elektronische Schaltung, die zur Berechnung der Winkellage verwendet werden kann, strukturell relativ einfach. Es erscheint zudem möglich, eine derartige elektronische Schaltung als integrierten Schaltkreis herzustellen, was eine billige Massenfertigung ermöglicht.

[0011] Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung wird unter der Winkellage derjenige Satz an Winkeln, in der Regel zwei oder drei Winkel, verstanden, für den gilt, dass ein räumlich gebündeltes Datensignal, das in dieser Winkellage abgegeben wird, die Basisstation trifft. Die Winkellage wird vorzugsweise in einem gemeinsamen Koordinatensystem von Basis- und Mobilstation angegeben.

[0012] Unter dem räumlich gebündelten Datensignal wird insbesondere ein Strahl elektromagnetischer Strahlung verstanden, der gerichtet abgestrahlt wird.

[0013] Unter den Peilwinkeln werden die beiden Winkel verstanden, die von der Mobilstation aus den Signalen des Drehfunkfeuers ermittelt werden. Die Peilwinkel werden damit im Koordinatensystem der Mobilstation angegeben. Dazu äquivalent ist eine Angabe der Peilwinkel im gemeinsamen Koordinatensystem.

[0014] Unter dem Merkmal, dass die Polarwinkel-Antennenkreisnormale orthogonal zur Azimutalwinkel-Antennenkreisnormale verläuft, wird insbesondere verstanden, dass die beiden Normalen einen Winkel von im technischen Sinne 90° einschließen. Das bedeutet, dass es möglich, nicht aber notwendig ist, dass der Winkel zwischen den beiden Normalen präzise 90° beträgt. Insbesondere sind Winkelabweichungen möglich, sofern diese so klein sind, dass das Datensignal, das unter der Winkellage ausgesendet wird, die Mobilstation trifft. Insbesondere ist eine Abweichung nur von beispielsweise $\pm 5^\circ$ im mathematischen Sinne senkrecht verlaufend möglich.

[0015] Das Ermitteln der Peilwinkel erfolgt vorzugsweise durch Bestimmen einer Phasenverschiebung zwischen dem Referenzsignal einerseits und dem Polarwinkelsignal bzw. dem Azimutalwinkel-Signal andererseits. Aus der entsprechenden Phasenverschiebung ergibt sich auf eindeutige Weise der Polarwinkel bzw. der Azimutalwinkel.

[0016] Vorzugsweise sendet die Referenzantenne ein moduliertes Referenzsignal, insbesondere ein amplituden- oder frequenzmoduliertes Referenzsignal. Das Referenzsignal hat vorzugsweise eine Trägerfrequenz, von zumindest 10 GHz. Es ist dann möglich, dass Drehfunkfeuer mit kleinen Abmessungen herzustellen, die beispielsweise kleiner sind als $4\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$, was eine bevorzugte Ausführungsform darstellt. Ein derartig kleines Drehfunkfeuer ist zur Verwendung in Mobil- und Basisstationen geeignet, ohne diese zu groß werden zu lassen. Die Trägerfrequenz ist vorzugsweise kleiner als 100 GHz. Bei höheren Trägerfrequenzen wird die Dämpfung zu stark.

[0017] Es handelt sich um ein konventionelles Drehfunkfeuer, bei dem nur die Amplitudenvariation in Fol-

ge des Umschaltens der Einzelantennen auf dem Antennenkreis genutzt wird, wenn die Antennen ausschließlich nach außen strahlen, insbesondere wenn die Antennen planare Antennen sind. Strahlen die Einzelantennen des Antennenkreises in alle Richtungen, so kann die Frequenzmodulation in Folge des Umschaltens der Einzelantennen genutzt werden und es handelt sich um ein Doppler-Drehfunkfeuer.

[0018] Vorzugsweise besitzt die Polarwinkel-Antennenanordnung zumindest 50, insbesondere zumindest 75, Polarwinkel-Antennen. Die Polarwinkel-Antennen sind vorzugsweise Planarantennen, diese sind besonders einfach herstellbar. Es kann vorteilhaft sein, wenn die Polarwinkel-Antennenanordnung zumindest 100, insbesondere zumindest 1.000, Polarwinkel-Antennen aufweist. Vorzugsweise ist die Zahl der Polarwinkel-Antennen kleiner als 20.000, insbesondere 10.000.

[0019] Günstig ist es, wenn die Antennen Patchantennen sind, diese sind besonders einfach herzustellen. Vorzugsweise sind die Polarwinkel-Antennenanordnung und die Azimutalwinkel-Antennenanordnung baugleich.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Polarwinkel-Antennen sukzessive mit einer Umlauffrequenz von zumindest 5 Kilohertz, insbesondere zumindest 30 Kilohertz, angesteuert. Beispielsweise beträgt die Umlauffrequenz 15 Kilohertz. Die Umlauffrequenz entspricht einer Referenzsignalmodulationsfrequenz, mit der das Referenzsignal moduliert, insbesondere amplituden- oder frequenzmoduliert, wird.

[0021] Vorzugsweise beträgt ein Polarwinkel-Antennenkreisdurchmesser des Polarwinkel-Antennenkreises höchstens 70 mm, insbesondere höchstens 35 mm. Das erlaubt eine kompakte Bauform. Vorzugsweise beträgt ein Azimutalwinkel-Antennenkreisdurchmesser des Azimutalwinkel-Antennenkreises höchstens 70 mm, insbesondere höchstens 35 mm.

[0022] Das Polarwinkel-Signal hat vorzugsweise eine Polarwinkelsignal-Frequenz von zumindest 10 GHz. Das ermöglicht eine kleine Bauform des Drehfunkfeuers. Vorzugsweise unterscheidet sich die Polarwinkelsignal-Frequenz um weniger als 1 Megahertz und/oder mehr als 5 Kilohertz von der Azimutalwinkelsignal-Frequenz.

[0023] Die Polarwinkelsignal-Frequenz entspricht vorzugsweise der Trägerfrequenz, die um eine Polarwinkel-Verschiebefrequenz verschoben ist.

[0024] Vorzugsweise besitzt die Azimutalwinkel-Antennenanordnung die oben für die Polarwinkel-Antennenanordnung beschriebenen Eigenschaften.

[0025] Günstig ist es, wenn das Azimutalwinkel-Signal eine Azimutalwinkelsignal-Frequenz von zumindest 10 GHz hat, wobei die Azimutalwinkelsignal-Frequenz der Trägerfrequenz, die um eine Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz verschoben ist, entspricht. Die Differenz zwischen Polarwinkelsignal-Verschiebefrequenz und Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz ist vorzugsweise größer als die Umlauffrequenz und beträgt vorzugsweise zumindest das 10-fache der Umlauffrequenz. Günstig ist es, wenn die Differenz der Verschiebefrequenzen höchstens das 100-fache der Umlauffrequenz beträgt. Auf diese Weise sind die Signale zur Bestimmung des Azimutalwinkels und des Polarwinkels einerseits gut voneinander trennbar, andererseits ist der zum Durchführen des Verfahrens notwendige Frequenzbereich vertretbar klein.

[0026] Alternativ zu einem amplitudenmodulierten Frequenzsignal kann die Referenzsignal-Antenne ein frequenzmoduliertes Referenzsignal aussenden, wobei das Referenzsignal eine Trägerfrequenz von zumindest 10 GHz hat. Vorzugsweise ist die Trägerfrequenz kleiner als 100 GHz.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform besitzt die Basisstation eine zweite Polarwinkel-Antennenanordnung, die zweite Polarwinkel-Antennen aufweist, die sich entlang eines zweiten Polarwinkel-Antennenkreises K'_{20} erstrecken. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Polarwinkel-Antennenkreise K_{20} , K'_{20} gegeneinander verkippt sind. Auf diese Weise wird vermieden, dass es in keiner Position der Mobilstation relativ zur Basisstation zu einem Signalverlust in Folge der Abstrahlcharakteristiken der Antennen kommen kann.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des kontinuierlichen Sendens der Winkellage an die Basisstation. Die Basisstation sendet daraufhin das räumlich gebündelte Datensignal in die Richtung, die durch die Winkellage angegeben wird. Die Mobilstation kann ebenfalls gebündelt Daten in Richtung der Basisstation übertragen.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren weist vorzugsweise die folgenden Schritte auf:

- (i) Erfassen von Lagewinkeln des Drehfunkfeuers im Raum mittels zumindest eines Mobilstation-Lagesensors, der insbesondere ein vektorielles Magnetometers und einen Beschleunigungssensor aufweist, (ii) Berechnen der Winkellage aus den Peilwinkeln und den Lagewinkeln und (iii) Senden der Winkellage an die Basisstation. Mittels des Mobilstation-Lagesensors wird ein Koordinatensystem definiert, das als gemeinsa-

mes Koordinatensystem bezeichnet wird, seine Winkelorientierung von einem Lagesensor der Basisstation und einem Lagesensor der Mobilstation gleich gemessen wird.

[0030] Beispielsweise verläuft eine Koordinatenachse des gemeinsamen Koordinatensystems nach unten und eine Koordinatenachse in Richtung des magnetischen Nordpols. Die Peilwinkel werden vorzugsweise bezüglich des gemeinsamen Koordinatensystems berechnet. Um daraus die Winkellage im Koordinatensystem der Basisstation zu berechnen, werden die Lagewinkel des Drehfunkfeuers im Raum bestimmt. Da die Lage des Koordinatensystems der Basisstation im Raum ebenfalls bekannt ist, lässt sich aus den Peilwinkeln, den Lagewinkeln und ggf. der Basisstation-Lage der Basisstation im Raum die Winkellage (in Koordinaten des gemeinsamen Koordinatensystems Basisstation) berechnen.

[0031] Die Winkellage \mathbf{W} wird in der Mobilstation aus den abgestrahlten Signalen des Drehfunkfeuers ermittelt. Die Lage der Basisstation im Raum ist bekannt, nämlich entweder durch ortsfeste Ausrichtung bei Installation oder durch einen gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorhandenen Basisstation-Lagesensor.

[0032] Hat, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform, die Mobilstation ihre Lage im Raum bestimmt, sendet sie diese Lage an die Basisstation. Das wird kontinuierlich wiederholt. Wenn die Basisstation die Lageinformation der Mobilstation empfangen hat, kann sie Nutzdaten in Richtung \mathbf{W} zur Mobilstation senden.

[0033] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren die Schritte (i) Erfassen der Winkellage, (ii) Erfassen der Lagewinkel der Basisstation, (iii) Erfassen der Lagewinkel der Mobilstation, (iv) Berechnen einer Senderichtung, in der sich die Basisstation relativ zur Mobilstation befindet und (v) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals, insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz von zumindest 10 Gigahertz, in die Senderichtung. So wird erreicht, dass die Mobilstation das Datensignal in Richtung der Basisstation abstrahlt.

[0034] Eine Mobilstation eines erfindungsgemäßen Datenübertragungssystems besitzt vorzugsweise einen Mobilstation-Lagesensor zum Erfassen der Lagewinkel des Drehfunkfeuers im Raum. Der Mobilstation-Lagesensor ist beispielsweise ein Magnetometer, mittels dem die Lage der Mobilstation relativ zum Erdmagnetfeld messbar ist in Kombination mit einem Beschleunigungssensor, der die Lage der Horizontalebene ermittelt.

[0035] Vorzugsweise weist die Mobilstation einen Mobilstation-Rechner auf, der ausgebildet ist zum au-

tomatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten (i) Ermitteln einer Winkellage $W=\theta,\varphi$ durch Ermitteln eines ersten Peilwinkels in Form eines Polarwinkels θ , Ermitteln eines zweiten Peilwinkels in Form eines Azimutalwinkels φ und (ii) Senden der Winkellage W an die Basisstation. Die Basisstation besitzt vorzugsweise einen Basisstations-Rechner, der ausgebildet ist zum automatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten (i) Erfassen der Winkellage W und (ii) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals, insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz f_D von zumindest 10 Gigahertz, unter der Winkellage W an die Mobilstation.

[0036] Erfindungsgemäß ist zudem eine Mobilstation vorgesehen, die ausgebildet ist zum Ermitteln der Peilwinkel mittels Signalen, die von einem Drehfunkfeuer stammen, zum Erfassen der Lagewinkel und zum Berechnen und Senden der Winkellage.

[0037] Erfindungsgemäß ist zudem eine Basisstation für ein Datenübertragungssystem, die ein Drehfunkfeuer mit den Merkmalen von (d) von Anspruch 1 aufweist.

[0038] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Datenübertragungssystems,

Fig. 2 ein schematisches Schaltbild eines Drehfunkfeuers für ein erfindungsgemäßes Datenübertragungssystem und eine erfindungsgemäße Basisstation,

Fig. 3 ein schematisches Schaltbild einer Auswerteschaltung einer erfindungsgemäßen Mobilstation eines erfindungsgemäßen Datenübertragungssystems und

Fig. 4 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Datenübertragungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0039] **Fig. 1** zeigt schematisch ein Datenübertragungssystem **10**, das eine Basisstation **12** und eine Mobilstation **14**, im vorliegenden Fall in Form eines schematisch angedeuteten Smartphones aufweist. Die Basisstation **12** umfasst ein schematisch eingezeichnetes Drehfunkfeuer **16**, das eine Referenzsignal-Antenne **18** in Form einer Rundstrahlantenne aufweist. Das Drehfunkfeuer **16** besitzt zudem eine Polarwinkel-Antennenanordnung **20** und eine Azimutalwinkel-Antennenanordnung **22**.

[0040] Die Polarwinkel-Antennenanordnung **20** erstreckt sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises K_{20} , der eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale N_{20} hat. Die Azimutalwinkel-Antennenanordnung **22** erstreckt sich entlang eines Azimutalwinkel-Antennenkreises K_{22} , der eine Azimutalwinkel-Antennen-

kreisnormale N_{22} hat. Die beiden Normalen N_{20} , N_{22} stehen senkrecht aufeinander. Die Referenzsignal-Antenne **18** ist im Mittelpunkt des Polarwinkel-Antennenkreises K_{20} und des Azimutalwinkel-Antennenkreises K_{22} angeordnet.

[0041] Die Referenzsignal-Antenne **18** sendet ein Referenzsignal, das sich mit einem Polarwinkelsignal, das von der Polarwinkel-Antennenanordnung **20** ausgeht und einem Azimutalwinkelsignal, das von der Azimutalwinkel-Antennenanordnung **22** ausgeht, zu einem Peilsignal **24** überlagert, das schematisch eingezeichnet ist. Das Peilsignal **24** breitet sich in alle Raumrichtungen aus, es ist der Übersichtlichkeit wegen aber nur ein kleiner Raumwinkelbereich eingezeichnet.

[0042] Die Mobilstation **14** besitzt eine Empfangsantenne **26**, mit der das Peilsignal **24** empfangen wird. Aus dem Peilsignal **24** berechnet ein Mobilstations-Rechner **28**, der mit der Empfangsantenne **26** verbunden ist, einen Polarwinkel θ und einen Azimutalwinkel φ , die gemeinsam eine Winkellage W bilden. Die Winkellage W beschreibt die Winkelposition der Mobilstation **14** in einem Koordinatensystem KS_{12} der Basisstation **1**

[0043] Die Mobilstation **14** sendet diese Winkellage W mittels einer Sendeantenne **30** an die Basisstation **12** zurück. Die Sendeantenne **30** ist eine elektronisch schwenkbare Antenne. Die Basisstation **12** besitzt eine Basisstation-Empfangsantenne **32** zum Empfangen dieses Signals. Mittels einer Datenantenne **34** wird ein gebündeltes Datensignal **36** unter der Winkellage W abgestrahlt. Das Datensignal **36** ist damit direkt auf die Mobilstation **14** gerichtet. Das Datensignal **36** hat eine Daten-Trägerfrequenz f_D von zumindest 10 GHz. Es ist aber nicht notwendig, eine Empfangsantenne **26** und eine Sendeantenne **30** zu verwenden, üblicherweise wird die Empfangsantenne **26** auch als Sendeantenne **30** verwendet, indem eine einzige bidirektional angesteuerte Antenne eingesetzt wird.

[0044] Empfangsantenne **32** und Sendeantenne **34** werden üblicherweise mit einer einzigen bidirektional angesteuerten Antenne realisiert.

[0045] Die Polarwinkel-Antennenanordnung **20** umfasst eine Mehrzahl an Polarwinkel-Antennen $38.i$ ($i = 1, 2, \dots, N_{38}$), die entlang des Polarwinkel-Antennenkreises K_{20} angeordnet sind. Die Azimutalwinkel-Antennenanordnung **22** umfasst mehrere Azimutalwinkel-Antennen $40.j$ ($j = 1, \dots, N_{40}$), die entlang des Azimutalwinkel-Antennenkreises K_{22} angeordnet sind. Ein Polarwinkel-Antennenkreisdurchmesser D_θ beträgt im vorliegenden Fall $D_\theta = 35$ mm. Ein Azimutalwinkel-Antennenkreisdurchmesser D_φ ist im vorliegenden Vergleich so groß wie der Polarwinkel-Antennenkreisdurchmesser D_θ .

[0046] Dies ist - unabhängig von den anderen Merkmalen der beschriebenen Ausführungsformen - eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung.

[0047] Fig. 1 zeigt, dass die Mobilstation 14 einen Mobilstation-Lagesensor 42 aufweisen kann, mittels dem Lagewinkel α_{14} , β_{14} , γ_{14} im Raum bestimmt werden können. Das erfolgt beispielsweise durch Messen des Erdmagnetfelds und der Richtung der Schwerkraft, wodurch zwei Koordinatensystem-Richtungen festgelegt sind. Die dritte Koordinatensystem-Richtung wird so gewählt, dass sich ein orthogonales Rechtssystem ergibt. Die Mobilstation 14 sendet seine Lage, wie sie sich aus den α_{14} , β_{14} , γ_{14} ergibt, an die Basisstation 12.

[0048] Die Basisstation 12 kann einen Basisstation-Lagesensor 66 aufweisen, mittels dem Lagewinkel α_{12} , β_{12} , γ_{12} der Basisstation 12 im Raum bestimmt werden können. Das erfolgt beispielsweise durch Messen des Erdmagnetfelds und der Richtung der Schwerkraft, wodurch zwei Koordinatensystem-Richtungen festgelegt sind. Die dritte Koordinatensystem-Richtung wird so gewählt, dass sich ein orthogonales Rechtssystem ergibt. Die Basisstation 12 sendet seine Lage, wie sie sich aus den Lagewinkeln α_{12} , β_{12} , γ_{12} ergibt, kontinuierlich an die Mobilstation 14. Aus den Lagewinkeln α_{12} , β_{12} , γ_{12} und der Winkelrichtung \mathbf{W} berechnet der Mobilstations-Rechner 28 die Richtung, unter der die Sendeantenne 30 gebündelte Signale 68 senden muss, um auf die Datenantenne 34 zu zielen.

[0049] Fig. 2 zeigt eine Erzeugungsschaltung 44 zum Erzeugen von Frequenzen zum Beaufschlagen der Referenzsignal-Antenne 18, der Polarwinkel-Antennenanordnung 20 und der Azimutalwinkel-Antennenanordnung 22 (vgl. Fig. 1). Ein Trägersignal mit der Trägerfrequenz f_T von im vorliegenden Fall $f_T = 10$ GHz wird mit einer Umlauffrequenz f_u gemischt, sodass sich das Referenzsignal 46 ergibt, das an die Referenzsignal-Antenne 18 geleitet wird.

[0050] Das Trägersignal 24 wird danach mit einer Polarwinkelverschiebefrequenz $f_{\Delta\Theta}$ gemischt, sodass eine Polarwinkelsignal-Frequenz f_Θ entsteht. Im vorliegenden Fall gilt $f_{\Delta\Theta} = 100$ kHz. Diese wird mit der Umlauffrequenz f_u sukzessive umlaufend auf die Polarwinkelantennen 38.i geleitet. In anderen Worten wird jede Polarwinkel-Antenne 38.i für einen Zeitraum von $1/(f_u \cdot N_{38})$ mit der Polarwinkelsignal-Frequenz f_Θ beaufschlagt, danach wird die benachbarte Polarwinkel-Antenne 38.i+1 mit der Polarwinkelsignal-Frequenz f_Θ beaufschlagt.

[0051] Die Polarwinkelverschiebefrequenz $f_{\Delta\Theta}$ beträgt im vorliegenden Fall 50 kHz. Die Trägersignalfrequenz beträgt $f_T = 10$ GHz. Die Umlauffrequenz f_u beträgt beispielsweise $f_u = 10$ kHz oder $f_u = 30$ kHz. Die Trägersignalfrequenz f_T wird danach in eine

Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz $f_{\Delta\phi}$ verschoben, sodass eine Azimutalwinkelsignal-Frequenz f_ϕ erhalten wird. Im vorliegenden Fall gilt $f_{\Delta\phi} = 400$ kHz. Diese wird auf die Azimutalwinkel-Antennen 40.j geleitet und läuft mit der Umlauffrequenz f_u auf der Azimutalwinkel-Antennenanordnung 22 um.

[0052] Fig. 3 zeigt eine Auswerteschaltung 48, die Teil des Mobilstation-Rechners 28 (vgl. Fig. 1) ist, aber nicht notwendigerweise auf dem gleichen Chip oder gleichen Platine realisiert sein muss. Das von der Empfangsantenne 26 empfangene Signal wird zunächst mit der Trägerfrequenz von im vorliegenden Fall $f_T = 50$ GHz eines lokalen Oszillators (LO) 50 gemischt und danach mittels eines Bandpassfilters 52, der lediglich die Umlauffrequenz f_u herausfiltert, gefiltert. Dieses Signal wird einem Diskriminator 54 zugeleitet. Zudem wird das Signal mit einem zweiten Bandpassfilter 56 gefiltert, der lediglich die Frequenz $f_{\Delta\phi}$ herausfiltert. Das so erhaltene Signal durchläuft einen Demodulator 58 und danach einen weiteren Bandpassfilter, der die Umlauffrequenz f_u herausfiltert. Das so erhaltene Signal wird ebenfalls auf den Diskriminator 54 geleitet. Als Ergebnis ergibt sich die Phase $\Delta\phi$.

[0053] Fig. 3 zeigt die Variante eines doppelten Doppler-Drehfunkfeuers: beide Empfangszweige für die von den Antennenkreisen ausgesendeten Signale bestehend aus Bandpassfilter, Demodulator und weiterem Bandpassfilter, sind für die Frequenzmodulation ausgelegt. Für den Fall, dass die Antennen nur nach radial außen strahlen, müssten diese für Amplitudenmodulation ausgelegt werden. Dann hätte die Schaltung statt der Kombination Bandpassfilter, Demodulator und weiterer Bandpassfilter nur einen Bandpassfilter. Das Referenzsignal könnte dagegen zur Verbesserung der Ortung frequenzmoduliert werden. Dessen Auswertung erfolgt dann durch die Schaltung Bandpassfilter, Demodulator und weiterer Bandpassfilter.

[0054] Das hinter dem ersten Bandpassfilter 52 anliegende Signal, das auf den ersten Diskriminator 54 geleitet wird, wird zudem auf einen zweiten Diskriminator 54 geleitet. Das Signal vom Mischer 51 wird zudem über einen dritten Bandpassfilter 60 geleitet, der die Polarwinkel-Verschiebefrequenz $f_{\Delta\Theta}$ herausfiltert. Das Signal gelangt danach auf einen zweiten Demodulator 58 und danach einen weiteren Bandpassfilter 62, der die Umlauffrequenz f_u herausfiltert. Das so erhaltene Signal wird auf den zweiten Diskriminator 54 geleitet. Nach Durchlaufen eines Tiefpassfilters 64 ergibt sich die Phase $\Delta\Theta$. Aus den Phasen $\Delta\phi$ und $\Delta\Theta$ wird vom Mobilstation-Rechner 28 (vgl. Fig. 1) die Winkellage berechnet, die den Polarwinkel Θ und den Azimutalwinkel ϕ umfasst.

[0055] Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Datenübertragungssystems

10, bei dem die Basisstation **12** ein zweites Drehfunkfeuer **16'** aufweist, das wie das erste Drehfunkfeuer **16** aufgebaut ist. Die Komponenten des zweiten Drehfunkfeuers **16'** tragen Bezugszeichen mit Apostroph. Die beiden Drehfunkfeuer **16**, **16'** sind sowohl in Richtung der Polarwinkel-Antennenkreisnormalen \mathbf{N}_{20} als auch in Richtung der Azimutalwinkel-Antennenkreisnormalen \mathbf{N}_{22} vorzugsweise parallel verschoben zueinander angeordnet. Vorzugsweise sind die Drehfunkfeuer **16** **16'** zudem gegeneinander verdreht.

Bezugszeichenliste

10	Datenübertragungssystem
12	Basisstation
14	Mobilstation
16	Drehfunkfeuer
18	Referenzsignal-Antenne
20	Polarwinkel-Antennenanordnung
22	Azimutalwinkel-Antennenanordnung
24	Peilsignal
26	Empfangsantenne
28	Mobilstations-Rechner
30	Sendeantenne
32	Basisstations-Empfangsantenne
34	Datenantenne
36	Datensignal
38	Polarwinkel-Antenne
40	Azimutalwinkel-Antenne
42	Mobilstation-Lagesensor
44	Erzeugungsschaltung
46	Referenzsignal
48	Auswerteschaltung
50	Oszillator
51	Mischer
52	Bandpassfilter
54	Diskriminator
56	zweites Bandpassfilter
58	Demodulator
60	drittes Bandpassfilter
62	Bandpassfilter
64	Tiefpassfilter
66	Basisstation-Lagesensor
68	Signal

α_{12}	Lagewinkel der Basisstation
β_{12}	Lagewinkel der Basisstation
γ_{12}	Lagewinkel der Basisstation
α_{14}	Lagewinkel der Mobilstation
β_{14}	Lagewinkel der Mobilstation
γ_{14}	Lagewinkel der Mobilstation
D_{θ}	Polarwinkel-Antennenkreisdurchmesser
D_{ϕ}	Azimutalwinkel-Antennenkreisdurchmesser
f_D	Daten-Trägerfrequenz
f_T	Trägerfrequenz
i, j	Laufindex
K_{20}	Polarwinkel-Antennenkreis
K_{22}	Azimutalwinkel-Antennenkreis
K_{12}	Koordinatensystem der Basisstation
N_{20}	Polarwinkel-Antennenkreisnormale
N_{22}	Azimutalwinkel-Antennenkreisnormale
N_{38}	Zahl der Polarwinkel-Antennen
N_{40}	Zahl der Azimutalwinkel-Antennen
W	Winkellage

Patentansprüche

1. Verfahren zum Übermitteln von Daten zwischen einer Basisstation (12) und einer Mobilstation (14), mit den Schritten:
 - (a) Ermitteln einer Winkellage ($W=(\theta, \phi)$) der Mobilstation (14) relativ zu einer Basisstation (12) und
 - (b) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals (36), insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz (f_D) von zumindest 10 Gigahertz, unter der Winkellage (W) zwischen Mobilstation (14) und Basisstation (12), gekennzeichnet dadurch, dass
 - (c) das Ermitteln der Winkellage (W) ein
 - (i) Ermitteln eines ersten Peilwinkels in Form eines Polarwinkels θ und
 - (ii) Ermitteln eines zweiten Peilwinkels in Form eines Azimutalwinkels ϕ umfasst und
 - (d) die Peilwinkel (θ, ϕ) mittels eines Drehfunkfeuers (16) ermittelt werden, das
 - (i) eine Referenzsignal-Antenne (18) in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal (46) aussendet,
 - (ii) zumindest eine Polarwinkel-Antennenanordnung (20), die sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises (K_{20}) erstreckt und ein umlaufendes Polarwinkel-Signal aussendet, und
 - (iii) zumindest eine Azimutalwinkel-Antennenanordnung (22), die sich entlang eines Azimutalwinkel-Antennenkreises (K_{22}) erstreckt und ein umlaufendes Azimutalwinkel-Signal aussendet, aufweist,

(iv) wobei eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale (N_{20}), die senkrecht auf dem Polarwinkel-Antennenkreis (K_{20}) steht, orthogonal zu einer Azimutalwinkel-Antennenkreisnormale (N_{22}), die senkrecht auf dem Azimutalwinkel-Antennenkreis (K_{22}) steht, verläuft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die Referenzsignal-Antenne (18) ein moduliertes Referenzsignal (46) aussendet und dass
(b) das Referenzsignal (46) eine Trägerfrequenz (f_T) von zumindest 10 Gigahertz hat.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die Polarwinkel-Antennenanordnung (20) zumindest 50, insbesondere zumindest 75, Polarwinkel-Antennen (38) aufweist, und dass
(b) die Polarwinkel-Antennen (38) planare Antennen sind.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarwinkel-Antennen (38) sukzessive mit einer Umlauffrequenz (f_u) von zumindest 5 Kilohertz, insbesondere zumindest 30 Kilohertz, angesteuert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Referenzsignal (46) mit der Umlauffrequenz (f_u) amplitudenmoduliert ist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) ein Polarwinkel-Antennenkreisdurchmesser (D_e) des Polarwinkel-Antennenkreises (K_{20}) höchstens 70 Millimeter, insbesondere höchstens 35 Millimeter, beträgt und/oder
(b) ein Azimutalwinkel-Antennenkreisdurchmesser (D_φ) des Azimutalwinkel-Antennenkreises (K_{22}) höchstens 70 Millimeter, insbesondere höchstens 35 Millimeter, beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) das Polarwinkel-Signal eine Polarwinkelsignal-Frequenz (f_e) von zumindest 10 Gigahertz hat,
(b) wobei die Polarwinkelsignal-Frequenz (f_e) gleich der um eine Polarwinkel-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\theta}$) verschobenen Trägerfrequenz (f_T) ist und die Polarwinkel-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\theta}$) größer ist als die Umlauffrequenz (f_u) und höchstens das 100-fache der Umlauffrequenz (f_u) beträgt.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) das Azimutalwinkel-Signal eine Azimutalwinkelsignal-Frequenz (f_φ) von zumindest 10 Gigahertz hat,
(b) wobei die Azimutalwinkelsignal-Frequenz (f_φ) gleich der um eine Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\varphi}$) verschobenen Trägerfrequenz (f_T) ist und

die Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\varphi}$) größer ist als die Umlauffrequenz (f_u) und höchstens das 100-fache der Umlauffrequenz (f_u) beträgt.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Polarwinkelsignal-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\theta}$) von der Azimutalwinkel-Verschiebefrequenz ($f_{\Delta\varphi}$) um zumindest die Umlauffrequenz (f_u), insbesondere zumindest das Zehnfache der Umlauffrequenz (f_u), unterscheidet.

10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(c) die Referenzsignal-Antenne (18) ein frequenzmoduliertes Referenzsignal (46) aussendet und dass
(d) das Referenzsignal (46) eine Trägerfrequenz (f_T) von zumindest 10 Gigahertz hat.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** den Schritt: kontinuierlich Senden der Winkellage (W) an die Basisstation (12).

12. Datenübertragungssystem (10) mit

(a) einer Basisstation (12) und
(b) einer Mobilstation (14),
(c) wobei die Basisstation (12) ein Drehfunkfeuer (16) aufweist, das
(i) eine Referenzsignal-Antenne (18) in Form einer Rundstrahlantenne, die ein Referenzsignal (46) aussendet, und
(ii) zumindest eine Polarwinkel-Antennenanordnung (20), die sich entlang eines Polarwinkel-Antennenkreises (K_{20}) erstreckt, hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass
(d) die Basisstation (12)
(i) zumindest eine Azimutwinkel-Antennenanordnung, die sich entlang eines Azimutwinkel-Antennenkreises erstreckt, aufweist, und
(ii) eine Polarwinkel-Antennenkreisnormale (N_{20}), die senkrecht auf dem Polarwinkel-Antennenkreis (K_{20}) steht, orthogonal zu einer Azimutalwinkel-Antennenkreisnormalen, die senkrecht auf dem Azimutalwinkel-Antennenkreis (K_{22}) steht, verläuft.

13. Datenübertragungssystem (10) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die Mobilstation (14) einen Mobilstation-Lagesensor (42) zum Erfassen von Lagewinkeln (α_{14} , β_{14} , γ_{14}) der Mobilstation (14) im Raum aufweist und
(b) dass die Basisstation (12) einen Basisstation-Lagesensor (66) zum Erfassen von Lagewinkeln (α_{12} , β_{12} , γ_{12}) der Basisstation (12) im Raum aufweist.

14. Datenübertragungssystem (10) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die Mobilstation (14) einen Mobilstation-Rechner (28) aufweist, der ausgebildet ist zum automatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten:

- (i) Ermitteln einer Winkellage ($W=(\theta,\varphi)$) durch Ermitteln eines ersten Peilwinkels in Form eines Polarwinkels θ , Ermitteln eines zweiten Peilwinkels in Form eines Azimutalwinkels φ und
- (ii) Senden der Winkellage (W) an die Basisstation (12) und dass
- (b) die Basisstation (12) einen Basisstations-Rechner aufweist, der ausgebildet ist zum automatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten:
 - (i) Erfassen der Winkellage (W) und
 - (ii) Senden und Empfangen eines räumlich gebündelten Datensignals (36), insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz (f_D) von zumindest 10 Gigahertz, unter der Winkellage (W) zwischen Mobilstation (14) und Basisstation (12).

15. Datenübertragungssystem (10) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- (a) der Mobilstations-Rechner (28) ausgebildet ist zum automatischen Durchführen eines Verfahrens mit den Schritten:
 - (i) Erfassen der Winkellage (W),
 - (ii) Erfassen der Lagewinkel ($\alpha_{12}, \beta_{12}, \gamma_{12}$) der Basisstation (12)
 - (iii) Erfassen der Lagewinkel ($\alpha_{14}, \beta_{14}, \gamma_{14}$) der Mobilstation (14) von der Mobilstation (14),
 - (iv) Berechnen einer Senderichtung, in der sich die Basisstation (12) relativ zur Mobilstation (14) befindet und
 - (v) Senden eines räumlich gebündelten Datensignals (36), insbesondere mit einer Daten-Trägerfrequenz (f_D) von zumindest 10 Gigahertz, in die Senderichtung.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

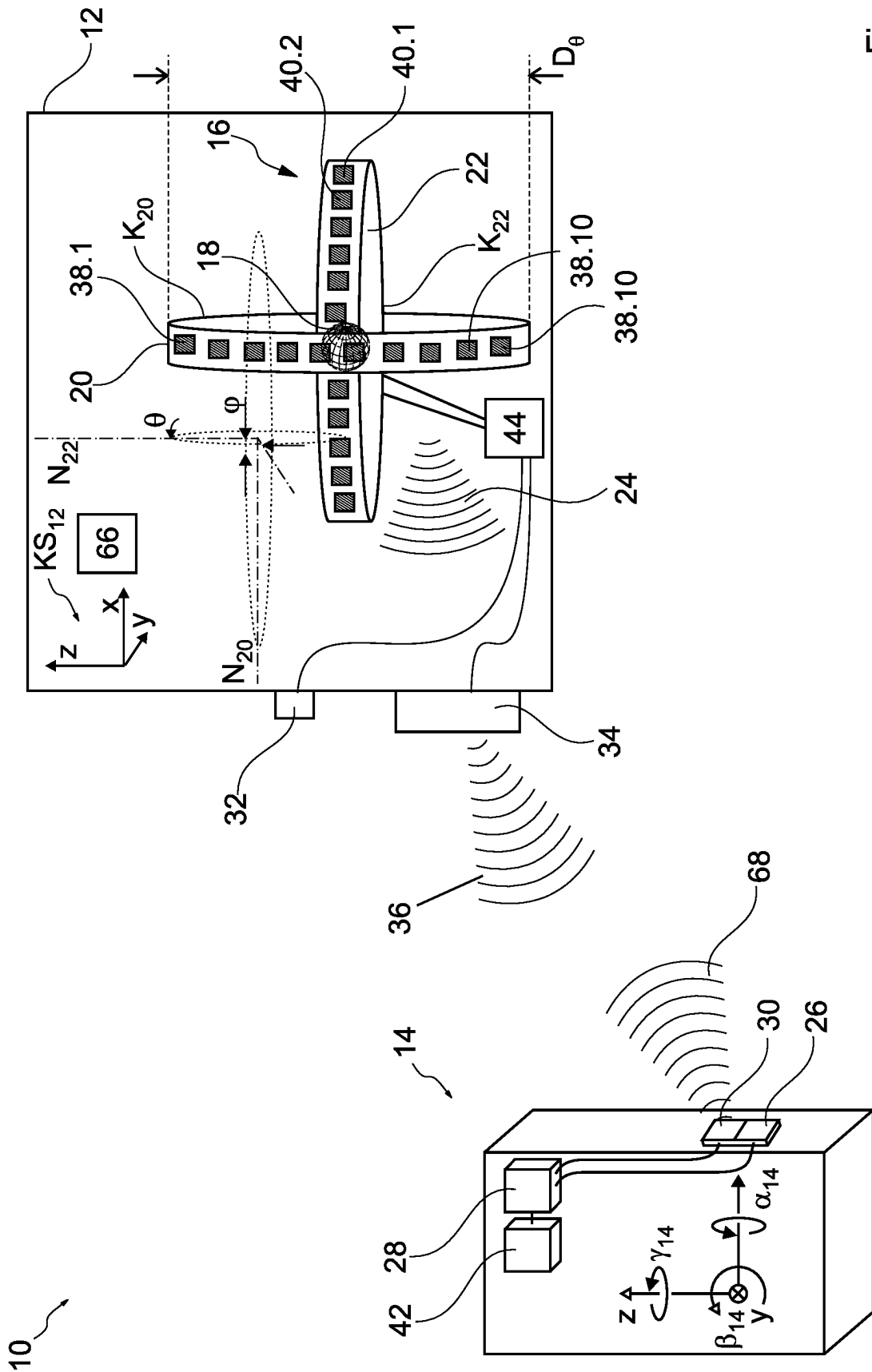


Fig. 1

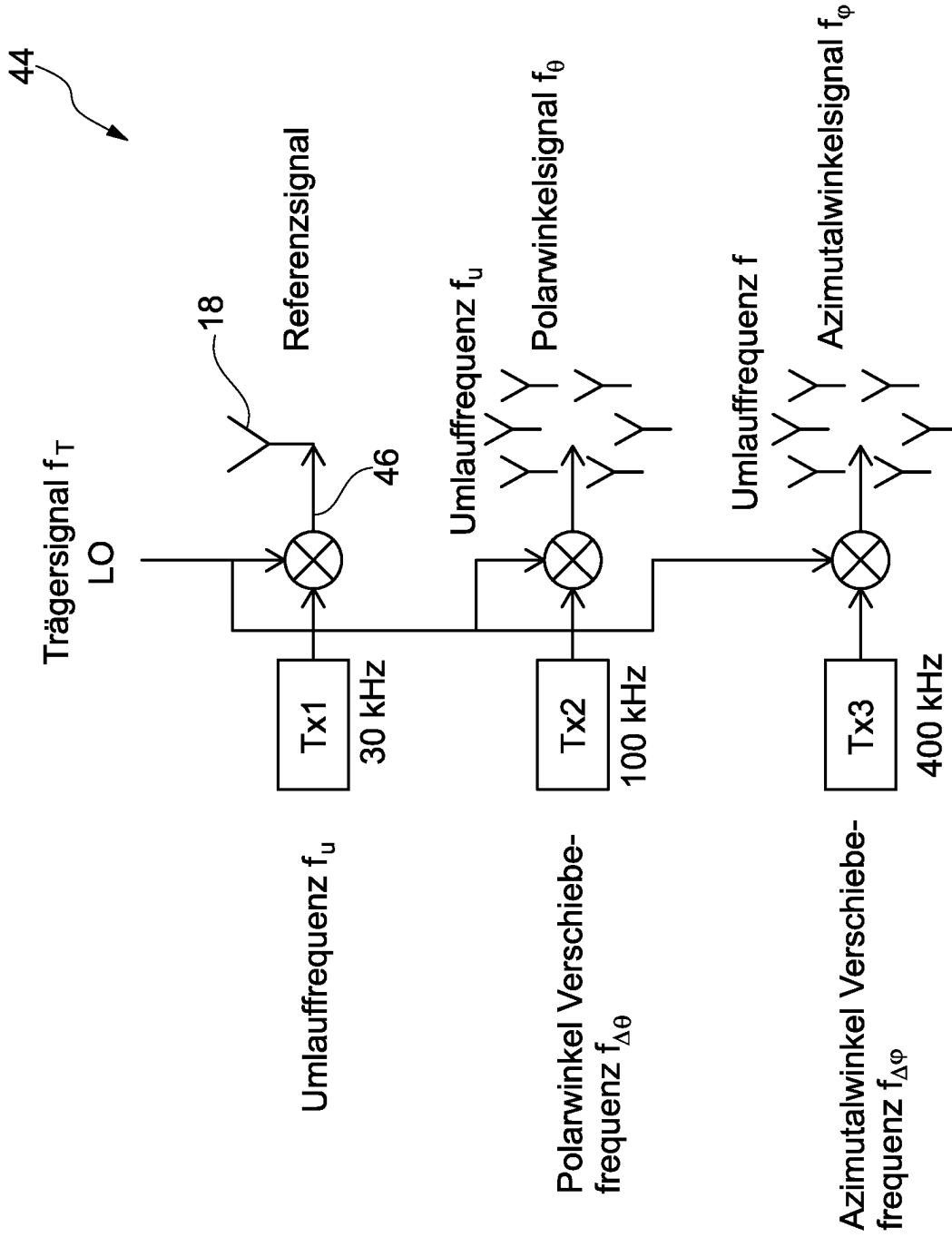


Fig. 2

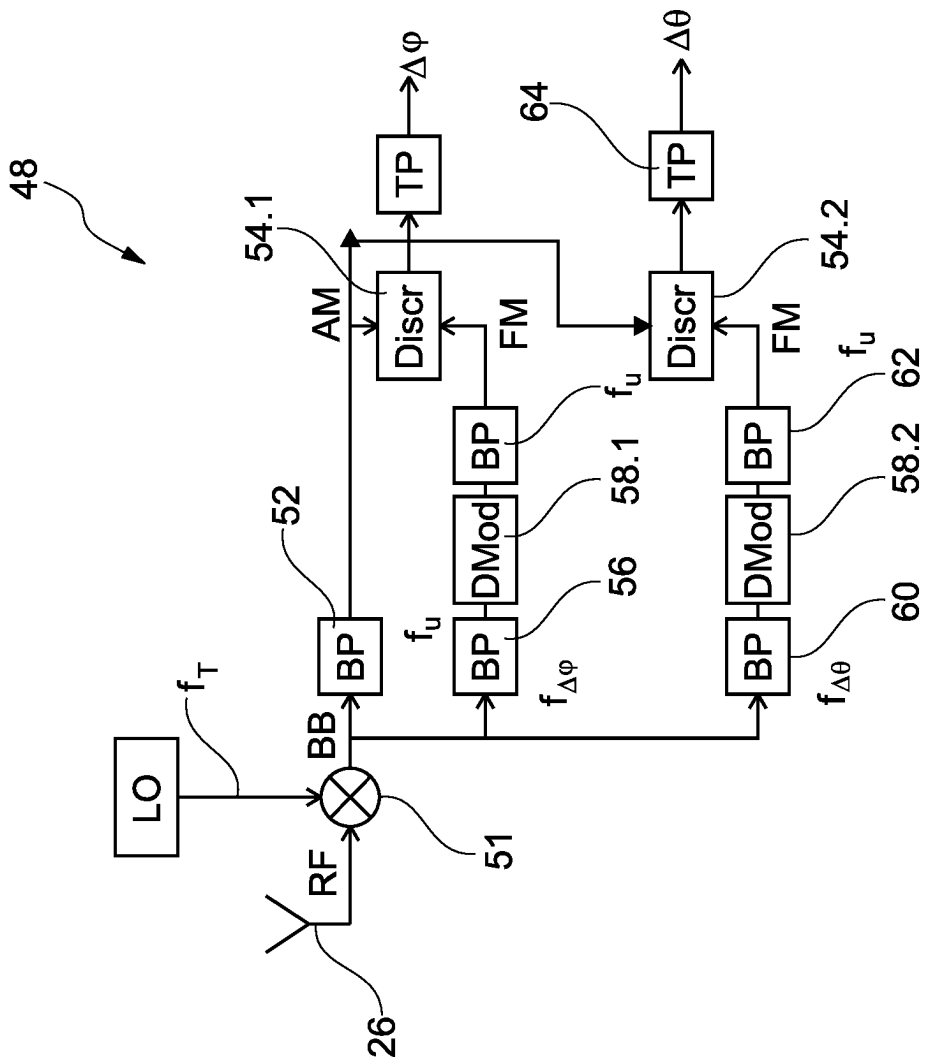


Fig. 3

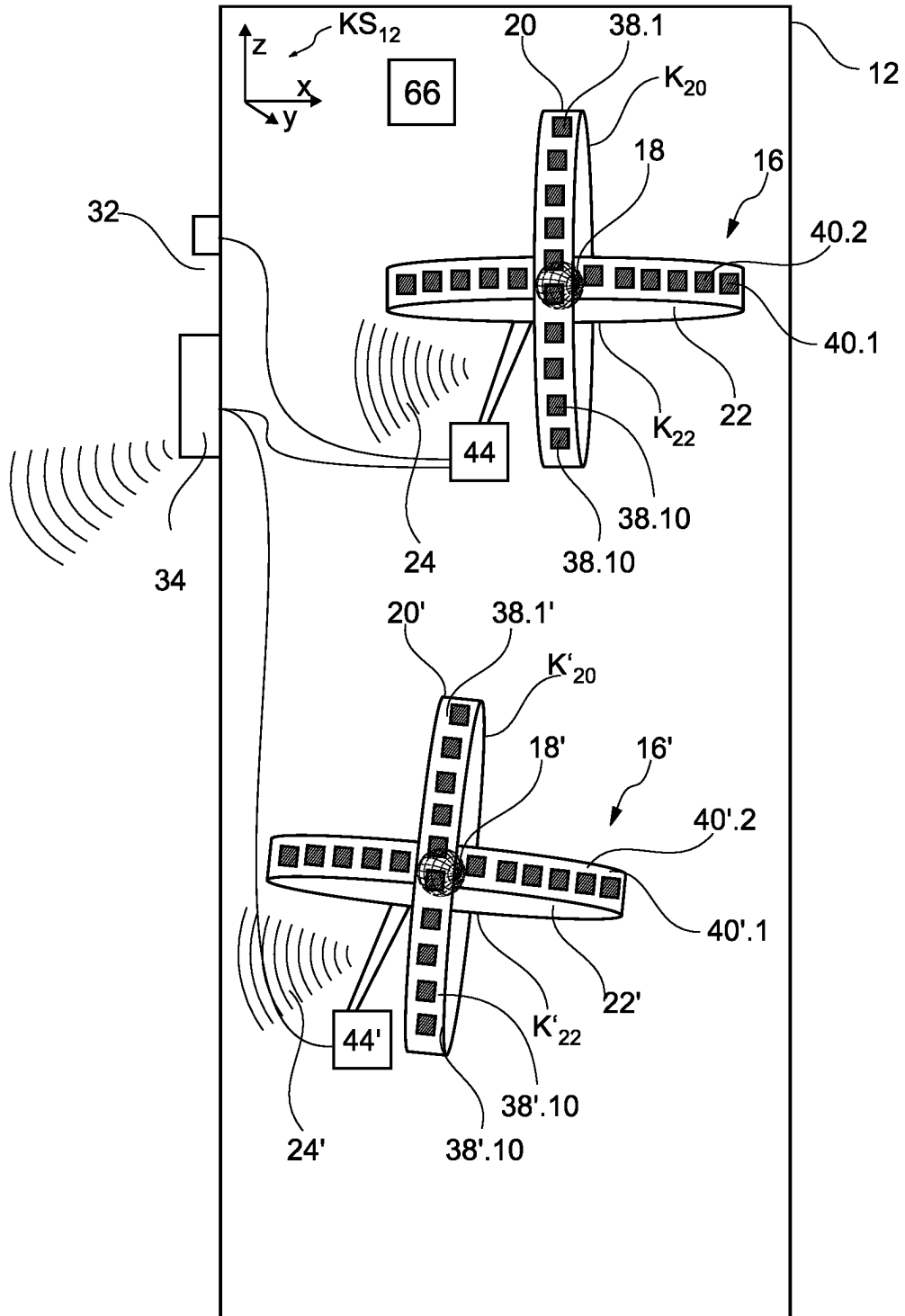


Fig. 4