

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. Februar 2014 (27.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/029454 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/002063
- (22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juli 2013 (11.07.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2012 016 637.0
22. August 2012 (22.08.2012) DE
- (71) Anmelder: KATHREIN-WERKE KG [DE/DE]; Anton-Kathrein-Str. 1-3, 83022 Rosenheim (DE).
- (72) Erfinder: BIEBER, Robert; Uhlandstrasse 2, 83024 Rosenheim (DE).
- (74) Anwälte: FLACH, Dieter et al.; Adlzreiterstrasse 11, 83022 Rosenheim (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING A RELATIVE ALIGNMENT OF TWO GPS ANTENNAS IN RELATION TO ONE ANOTHER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN EINER RELATIVEN AUSRICHTUNG ZWEIER GPS-ANTENNEN ZUEINANDER

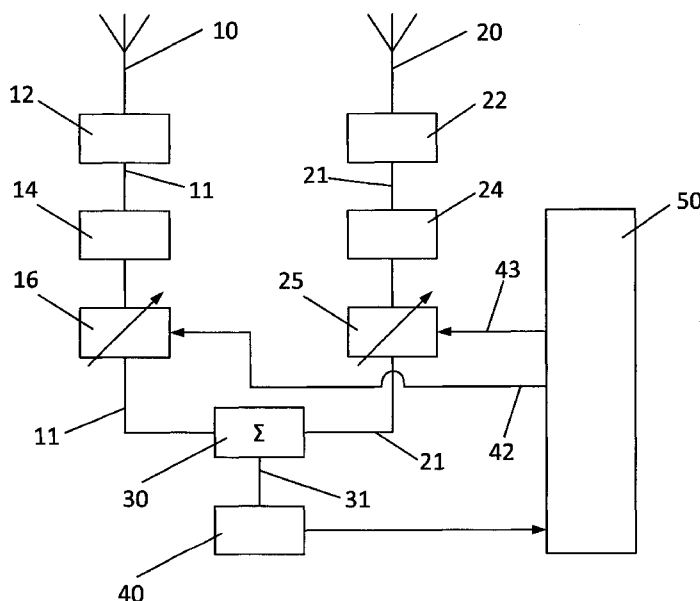


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention discloses a method and a device for determining a relative alignment of a first GPS antenna (10) to a second GPS antenna (20). The device comprises the first GPS antenna (10), the second GPS antenna (20), a phase shifter (16), which is electrically connected to the first GPS antenna (10), a combiner (30), which is electrically connected to the phase shifter (16) and the second GPS antenna (20), a GPS receiver (40), which is electrically connected to the combiner (30), and a controller (50), which is electrically connected to the GPS receiver (40) and the phase shifter (16). A GPS reception signal (Sig1) emitted by the first GPS antenna (10) is phase-shifted by means of the phase shifter (16) by a phase shift (ϕ) that can be set by way of the controller (50) and is added by means of the combiner (30) to a second GPS reception signal (Sig2) emitted by the second GPS antenna (20). The composite signal (Sum) thus produced is determined for at least three different phase shifts (ϕ), and on the basis of these data the profile of the composite signal (Sum) is determined. On the basis of the profile of the composite signal (Sum), the relative alignment of the two GPS antennas (10, 20) in relation to one another is determined.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne (10) zu einer zweiten GPS-Antenne (20). Die Vorrichtung umfasst die erste GPS-Antenne (10), die zweite GPS-Antenne (20), einen mit der ersten GPS-Antenne (10) elektrisch verbundenen Phasenschieber (16), eine mit dem Phasenschieber (16) und der zweiten GPS-Antenne (20) elektrisch verbundene Kombinationseinrichtung (30), einen mit der Kombinationseinrichtung (30) elektrisch verbundenen GPS-Empfänger (40) und eine Steuerungseinrichtung (50), die mit dem GPS-Empfänger (40) und dem Phasenschieber (16) elektrisch verbunden ist. Ein von der ersten GPS-Antenne (10) ausgegebenes GPS-Empfangssignal (Sig1) wird mittels des Phasenschiebers (16) um eine über die Steuerungseinrichtung (50) einstellbare Phasenverschiebung (ϕ) phasenverschoben und mit einem von der zweiten GPS-Antenne (20) ausgegebenen zweiten GPS-Empfangssignal (Sig2) mittels der Kombinationseinrichtung (30) summiert. Das so erzeugte Summensignal (Sum) wird für mindestens drei unterschiedliche Phasenverschiebungen (ϕ) ermittelt, und basierend auf diesen Daten wird der Verlauf des Summensignals (Sum) ermittelt. Basierend auf dem Verlauf des Summensignals (Sum) wird die relative Ausrichtung der beiden GPS-Antennen (10, 20) zueinander ermittelt.

5 Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen
Ausrichtung zweier GPS-Antennen zueinander

10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine
Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung
zweier GPS-Antennen zueinander. Mittels des Verfahrens und
mittels der Vorrichtung kann beispielsweise der Azimutwin-
kel und/oder der Elevationswinkel der zwei GPS-Antennen
15 zueinander und somit eines Gegenstandes ermittelt werden,
an dem die zwei GPS-Antennen befestigt sind.

Aus der US 5,943,008 ist eine Vorrichtung zum Bestimmen
einer Ausrichtung eines Antennenarrays bekannt. Das Anten-
20 nenarray umfasst mindestens drei Empfangsantennen zum
Empfangen von GPS-Satelliten-Signalen, die eine feste und
bekannte Positionierung zueinander aufweisen. Die Emp-
fangsantennen sind über eine Schnittstelle mit einem ein-
zelnen GPS-Empfänger elektrisch verbunden. Dabei ist eine
25 erste Antenne zum Ausgeben eines ersten GPS-Signals direkt
mit der Schnittstelle verbunden, wobei zwischen einer
zweiten Antenne zum Ausgeben eines zweiten GPS-Signals und
der Schnittstelle ein erster Verzögerungsschaltkreis und

zwischen einer dritten Antenne zum Ausgeben eines dritten GPS-Signals und der Schnittstelle ein zweiter Verzögerungsschaltkreis angeordnet ist. Der erste Verzögerungsschaltkreis verzögert das Weiterleiten des von der zweiten Empfangsantenne empfangenen GPS-Satelliten-Signals zu der Schnittstelle und zum GPS-Empfänger um eine erste feste Verzögerungszeit von beispielsweise 200ns, und der zweite Verzögerungsschaltkreis verzögert das Weiterleiten des von der dritten Empfangsantenne empfangenen GPS-Satelliten-Signals zu der Schnittstelle und zum GPS-Empfänger um eine zweite feste Verzögerungszeit von beispielsweise 400ns. Die ersten und zweiten Verzögerungsschaltkreise dienen mitunter dazu, dass die ersten, zweiten und dritten GPS-Signale von dem GPS-Empfänger vom GPS-Empfänger separat empfangen werden können, ohne miteinander zu interferieren. Der GPS-Empfänger weist eine Verarbeitungsfunktionalität auf, so dass der GPS-Empfänger unter Verwendung der relativen Positionen der Empfangsantennen, der bekannten ersten und zweiten Verzögerungszeiten und der bekannten Positionsbeziehung der Empfangsantennen zueinander Ausrichtungsfaktoren bestimmt. Dabei bestimmt der GPS-Empfänger die kleinen Unterschiede zwischen den vorbestimmten mit den unterschiedlichen Empfangsantennen assoziierten Verzögerungszeiten mit den gemessenen Code- und Phaseninformationen der Empfangssignale. Diese kleinen Unterschiede werden dann zum Bestimmen der Differenz zwischen den Positionen der drei Empfangsantennen verwendet. Folglich werden die Laufzeitunterschiede der GPS-Satelliten-Signale zu den einzelnen Empfangsantennen verwendet, um die relative Ausrichtung der Empfangsantennen zueinander zu bestimmen.

Für eine Präzisionserhöhung der Bestimmung der Ausrichtung

des Antennenarrays können mehr als drei Empfangsantennen vorgesehen sein, wobei zwischen jeder einzelnen Antenne und der Schnittstelle und dem GPS-Empfänger jeweils ein Verzögerungsschaltkreis angeordnet sein muss. Die jeweiligen Verzögerungsschaltkreise müssen voneinander unterschiedliche Verzögerungen aufweisen, damit die jeweiligen GPS-Signale von dem GPS-Empfänger separat empfangen werden können, da die GPS-Signale nicht miteinander interferieren dürfen.

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer einfachen, kostengünstigen und verbesserten Vorrichtung und eines verbesserten Verfahrens zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung zweier GPS-Antennen zueinander, mittels der die Bestimmung der Ausrichtung der zwei GPS-Antennen zueinander mit einer erhöhten Genauigkeit ermittelt werden kann.

20

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen und durch die Vorrichtung mit den im Anspruch 12 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

25

Im Genaueren umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne zu einer zweiten GPS-Antenne, die erste GPS-Antenne, die zur ersten GPS-Antenne beabstandete zweite GPS-Antenne, einen mit der ersten GPS-Antenne elektrisch verbundenen Phasenschieber, eine mit dem Phasenschieber und der zweiten GPS-Antenne elektrisch verbundene Summierungseinrichtung, einen mit der Kombinationseinrichtung elektrisch verbundenen GPS-Empfänger und eine Steuerungsein-

30

richtung, die mit dem GPS-Empfänger und dem Phasenschieber elektrisch verbunden ist. Bei Empfang des zumindest einen GPS-Satelliten-Signals gibt die erste GPS-Antenne ein erstes GPS-Empfangssignal und die zweite GPS-Antenne gibt
5 ein zweites GPS-Empfangssignal aus. Der Phasenschieber ist dazu ausgebildet, eine Phase des ersten GPS-Empfangssignals um eine Phasenverschiebung zu Verschieben, wobei die Phasenverschiebung variabel ist und mittels der Steuerungseinrichtung einstellbar ist. Die Phasenverschiebung
10 kann einen beliebigen Wert einschließlic Null Grad aufweisen. Die jeweiligen Phasenverschiebungen können äquidistant zueinander sein oder können zueinander unterschiedliche Winkelabstände aufweisen. Die Kombinationseinrichtung, die eine Summierungseinrichtung umfassen kann
15 und auch als power combiner bezeichnet wird, ist dazu ausgebildet, das zweite GPS-Empfangssignal mit dem um die Phasenverschiebung phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal zu kombinieren, um ein Kombinationssignal zu erzeugen, das dem GPS-Empfänger zugeführt wird. Das Kombinationssignal kann vorzugsweise das Summensignal des zweiten
20 GPS-Empfangssignals mit dem um die Phasenverschiebung phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignals sein. Der GPS-Empfänger erzeugt ein Abtastsignal und/oder ein Signal-Rauschverhältnissignal aus dem Kombinationssignal
25 und überträgt das Abtastsignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal zur Steuerungseinrichtung, die das das Abtastsignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal zusammen mit der eingestellten Phasenverschiebung speichert. Die Vorrichtung ist dazu ausgebildet, diese Verfahrensschritte, die auch als Wiederholungsschritte bezeichnet
30 werden, jeweils für zumindest drei unterschiedliche Phasenverschiebungen durchzuführen, wobei alternativ der Empfang des GPS-Satelliten-Signals lediglich einmalig

erfolgen kann. Eine elektrische Verbindung der einzelnen oben beschriebenen Bauteile erfolgt über Signalleitungen.

Der Phasenschieber kann auf jede aus dem Stand der Technik bekannte Art und Weise realisiert sein. Insbesondere kann
5 der Phasenschieber unterschiedlich lange Signalleitungen bzw. Verzögerungsleitungen, Induktivitäten und Kapazitäten umfassen. Der Phasenschieber kann auch als ein Allpass realisiert sein. Der Phasenschieber kann auch als digita-
10 ler Phasenschieber realisiert sein.

Da die Frequenz des Kombinationssignals und somit die Frequenz des Abtastsignals und/oder die Frequenz des Signal-Rauschverhältnissignals und die unterschiedlich
15 eingestellten Phasenverschiebungen bekannt sind, ermittelt die Vorrichtung mittels der Steuerungseinrichtung basierend auf den so erhaltenen zumindest drei Abtastsignalen und/oder Signal-Rauschverhältnissignal, die jeweils bei unterschiedlichen Phasenverschiebungen gewonnen wurden,
20 den Verlauf des Abtastsignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals. Da die relative Positionierung der ersten GPS-Antenne und der zweiten GPS-Antenne bekannt ist, ist der so ermittelte Verlauf des Abtastsignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals charakteris-
25 tisch für die Ausrichtung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne, so dass die Vorrichtung mittels der Steuerungseinrichtung basierend auf dem Verlauf des des Abtastsignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals die relative Ausrichtung der GPS-Antennen zueinander er-
30 mitteln kann.

Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Ausrichtung der zwei GPS-Antennen zueinander mit einer hohen

Präzision möglich. Die erfindungsgemäße Vorrichtung benötigt aufgrund der Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens lediglich zwei GPS-Antennen, um die Ausrichtung der zwei GPS-Antennen zueinander mit hoher Präzision zu ermitteln. Ein weiterer Vorteil ist, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung lediglich einen GPS-Empfänger benötigt. Die Präzision der Ausrichtungsbestimmung kann dadurch erhöht werden, dass die Wiederholungsschritte öfter als drei mal für jeweils unterschiedliche Phasenverschiebungen durchgeführt werden, so dass der Verlauf des Kombinations-
signals und somit der Verlauf des Abtastsignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals genauer ermittelt werden kann. Das Kombinationssignal kann bei einem Phasenhub des Phasenschiebers von beispielsweise 360° für beispielsweise 360 unterschiedliche Phasenverschiebungen mit winkelläquidistanten Abständen von 1° bestimmt werden. In diesem Fall ist der Verlauf des Kombinationssignals aufgrund der hohen Anzahl von Messpunkten sehr genau.

Weiterhin kann die Präzision der Ausrichtungsbestimmung dadurch erhöht werden, dass mehr als ein GPS-Satelliten-Signal mittels der ersten und der zweiten GPS-Antennen empfangen werden. Zum einen können dafür das von einem GPS-Satelliten ausgesendete GPS-Satelliten-Signal zu unterschiedlichen Zeitpunkten von der ersten und zweiten GPS-Antenne empfangen werden, und zum anderen können zu einem oder zu mehreren Zeitpunkten die GPS-Satelliten-Signale von mehreren GPS-Satelliten von der ersten und zweiten GPS-Antenne empfangen werden.

Insofern ist das Verfahren zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne zu einer zu dieser beabstandeten zweiten GPS-Antenne bevorzugt so ausgebil-

det, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Empfangen von zumindest einem GPS-Satelliten-Signal mittels der ersten GPS-Antenne unter Ausgabe einer der Anzahl der GPS-Satelliten-Signale entsprechenden Anzahl von ersten GPS-Empfangssignalen und mittels der zweiten GPS-Antenne unter Ausgabe einer der Anzahl der GPS-Satelliten-Signale entsprechenden Anzahl von zweiten GPS-Empfangssignalen;
5
- 10 - Verschieben einer Phase des/der ersten GPS-Empfangssignals/Empfangssignale um eine Phasenverschiebung mittels eines Phasenschiebers;
- Kombinieren des/der zweiten GPS-Empfangssignals/Empfangssignale mit dem/den entsprechenden um die
15 Phasenverschiebung phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal/GPS-Empfangssignale zum Erzeugen von einer der Anzahl der GPS-Satelliten-Signale entsprechenden Anzahl von Kombinationssignalen mittels einer Kombinationseinrichtung;
20 - Erzeugen einer der Anzahl der GPS-Satelliten-Signale entsprechenden Anzahl von Abtastsignalen und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignalen aus dem/den Kombinationssignal/Kombinationssignalen mittels eines GPS-Empfängers;
25 - Speichern des/der von der Phasenverschiebung abhängigen Abtastsignal/Abtastsignalen und/oder des/der von der Phasenverschiebung abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignal/Signal-Rausch-Verhältnissignale mittels einer Steuerungseinrichtung;
30 - Ermitteln des Verlaufs / der Verläufe des/der von der Phasenverschiebung abhängigen Abtastsignals/Abtastsignale und/oder des/der von der Phasenverschiebung abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissig-

- nals/Signal-Rausch-Verhältnissignale mittels der Steuerungseinrichtung; und
- Ermitteln der relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne basierend auf dem Verlauf / den Verläufen des/der Abtastsignals/Abtastsignale und/oder des/der Signal-Rausch-Verhältnissignals/Signal-Rausch-Verhältnissignale mittels der Steuerungseinrichtung.
- 10 Der erste Verfahrensschritt wird dabei, wie bereits oben erläutert wurde, entweder einmal für eine Phasenverschiebung oder zumindest dreimal für zumindest drei unterschiedliche Phasenverschiebungen ausgeführt. Die zweiten bis fünften Verfahrensschritte werden für zumindest drei
- 15 unterschiedliche Phasenverschiebungen ausgeführt. Anschließend können dann die sechsten und siebten Verfahrensschritte ausgeführt werden.
- Vorzugsweise umfasst das Ermitteln des Verlaufs des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals ein Ermitteln zumindest einer ersten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum aufweist, und/oder zumindest einer zweiten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal ein
- 20 Minimum aufweist. Weiterhin basiert das Ermitteln der relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne zumindest auf der ersten so ermittelten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum
- 25 aufweist, und/oder auf zumindest der zweiten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal ein Minimum aufweist.
- 30

Da die Frequenz des Summensignals und somit die Frequenz des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals bekannt ist, lassen sich deren Verläufe einfach durch Angabe einer ersten bzw. zweiten Phasenverschiebung charakterisieren, bei der das Kombinationssignal und/oder das Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum bzw. ein Minimum aufweist. Die Frequenz des Summensignals ist bekannt, da die Frequenz der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals bekannt ist (für GPS-Signale beträgt die Frequenz der Trägerwelle beispielsweise 1,5 GHz). Die Phasenverschiebung, bei der das Summensignal ein Maximum bzw. ein Minimum aufweist, ist charakteristisch für die relative Positionierung eines das GPS-Satelliten-Signal ausstrahlenden Satelliten bezüglich der ersten GPS-Antenne und der zweiten GPS-Antenne, so dass basierend auf zumindest der ersten Phasenverschiebung und/oder auf zumindest der zweiten Phasenverschiebung die Ausrichtung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne einfach ermittelt werden kann, da die relative Positionierung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne bekannt ist.

Vorzugsweise umfasst das Ermitteln des Verlaufs des von der Phasenverschiebung abhängigen Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals ein Berechnen des Verlaufs des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals in Abhängigkeit der Phasenverschiebung.

So kann beispielsweise basierend auf lediglich drei Datenpaaren bestehend aus jeweils einer Phasenverschiebung und einer Amplitude des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals der Verlauf des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals

berechnet werden. Diese Berechnung kann beispielsweise durch einen so genannten Fit durchgeführt werden. Wenn der Verlauf des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals so berechnet wird, kann beispielsweise die Position einer Phasenverschiebung leicht errechnet werden, bei der das Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals ein Maximum bzw. ein Minimum aufweist. Aufgrund der bekannten Frequenz des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals und aufgrund der berechneten Phasenverschiebung(en), bei der das Kombinationssignal und/oder des Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum bzw. ein Minimum bzw. mehrere Maxima bzw. mehrere Minima aufweist, kann die Ausrichtung der ersten GPS-Antenne zu der zweiten GPS-Antenne auf diese Art und Weise mit einer hohen Genauigkeit ermittelt werden, ohne die Notwendigkeit von vielen Messungen des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals bei vielen unterschiedlichen Phasenverschiebungen.

Vorzugsweise umfasst das Berechnen des Verlaufs des von der Phasenverschiebung abhängigen Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals ein Berechnen zumindest einer ersten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder des Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum aufweist, und/oder zumindest einer zweiten Phasenverschiebung, bei der das Kombinationssignal und/oder des Signal-Rauschverhältnissignal ein Minimum aufweist. Dieses Berechnen des Verlaufs kann beispielsweise durch einen so genannten Fit durchgeführt werden, für den lediglich drei Datenpaare notwendig sind, jeweils bestehend aus einer Phasenverschiebung und aus einer zugehörigen Amplitude des Kombinationssignals und/oder des

Signal-Rauschverhältnissignals. Somit können die Phasenverschiebungen, bei denen das Kombinationssignal und/oder des Signal-Rauschverhältnissignal ein Maximum bzw. ein Minimum aufweist, genau bestimmt werden, ohne den Verlauf
5 des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals mittels vieler unterschiedlicher Phasenverschiebungen zu bestimmen. Eine entsprechende Bestimmung des Verlaufs des Kombinationssignals und/oder des Signal-Rauschverhältnissignals ist daher sehr schnell möglich.

10 Vorzugsweise ist der vorbestimmte Abstand der zweiten GPS-Antenne zu ersten GPS-Antenne weniger oder gleich einer halben Wellenlänge der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals.

15 Wenn der Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen kleiner oder gleich der halben Wellenlänge der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals beträgt, dann weist das Ergebnis der Ermittlung der relativen Ausrichtung der zwei GPS-
20 Antennen zueinander lediglich zwei sogenannte Eindeutigkeitsbereiche auf. Wenn die Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen und die Verbindungslinie einer GPS-Antenne mit dem GPS-Satelliten parallel zueinander ausgerichtet sind und folglich einen Winkel von 0° einschließen, dann beträgt der Laufstreckenunterschied des GPS-Satelliten-Signals zu den zwei GPS-Antennen gerade dem Abstand der zwei
25 GPS-Antennen zueinander. Das von der ersten GPS-Antenne ausgegebene erste Empfangssignal weist dann zu dem von der zweiten GPS-Antenne ausgegebene zweiten Empfangssignal eine Phasenverschiebung von 180° , so dass eine Summierung
30 beider Empfangssignale ein Minimum ergibt. Wenn die Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen und die Verbindungslinie einer GPS-Antenne mit dem GPS-Satelliten nicht par-

allel zueinander ausgerichtet sind und einen Winkel von mehr als 0° einschließen, dann beträgt der Laufstreckenunterschied des GPS-Satelliten-Signals zu den zwei GPS-Antennen weniger als der Abstand der zwei GPS-Antennen zueinander, so dass das von der ersten GPS-Antenne ausgegebene erste Empfangssignal zu dem von der zweiten GPS-Antenne ausgegebene zweiten Empfangssignal eine Phasenverschiebung von weniger als 180° aufweist. Der GPS-Satellit kann in diesem Fall entweder näher an der ersten GPS-Antenne oder aber näher an der zweiten GPS-Antenne positioniert sein. Somit ergeben sich für einen Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen von weniger als der Hälfte der Trägerwellenlänge genau zwei Eindeutigkeitsbereiche, denn der GPS-Satellit kann sich gemäß dem Ermittlungsergebnis in zwei Hemisphären befinden. Wenn die Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen und die Verbindungslinie einer GPS-Antenne mit dem GPS-Satelliten nicht parallel zueinander ausgerichtet sind und einen Winkel von 90° einschließen, dann beträgt der Laufstreckenunterschied des GPS-Satelliten-Signals zu den zwei GPS-Antennen gerade Null, so dass das von der ersten GPS-Antenne ausgegebene erste Empfangssignal zu dem von der zweiten GPS-Antenne ausgegebene zweiten Empfangssignal keine Phasenverschiebung aufweist.

Wenn der Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen größer als die Hälfte der Trägerwellenlänge ist, dann gibt es für ein Ermittlungsergebnis der Ausrichtung der GPS-Antennen zueinander mehr als zwei Eindeutigkeitsbereiche. Denn dann beträgt der Laufstreckenunterschied des GPS-Satelliten-Signals zu den zwei GPS-Antennen gerade die Hälfte der Trägerwellenlänge für einen Winkel zwischen der Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen mit der Verbindungslinie

einer GPS-Antenne mit dem GPS-Satelliten, der größer als 0° ist. Wenn der Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen ein n -faches, wobei n eine positive ganze Zahl ist, der halben Trägerwellenlänge beträgt, dann beträgt die Streckendifferenz des GPS-Satelliten-Signals zu den zwei GPS-Antennen für einen Winkel φ , den die Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen und die Verbindungslinie einer GPS-Antenne mit dem GPS-Satelliten einschließen, gerade die halbe Trägerwellenlänge, also $\lambda/2$, wenn der Winkel φ folgende Bedingung erfüllt:

$$\varphi = \arccos(1/n)$$

Für $n = 2$ ist $\varphi = 60^\circ$, so dass dann der erste Eindeutigkeitsbereich ein Kegel ist, dessen Zentralachse senkrecht zur Verbindungslinie der zwei GPS-Antennen ausgerichtet ist und der dessen Schenkel einen Winkel von 60° ($= 180^\circ - 2 * 60^\circ$) einschließen. Für $n = 3$ ist $\varphi = 70,53^\circ$, so dass die Schenkel des Kegels, der den ersten Eindeutigkeitsbereich darstellte, einen Winkel von $38,94^\circ$ ($= 180^\circ - 2 * 70,53^\circ$) einschließen.

Durch Reduzieren des Abstandes der zwei GPS-Antennen auf maximal die Hälfte der Trägerwellenlänge werden somit die Eindeutigkeitsbereiche reduziert, so dass die Bestimmung der Ausrichtung der GPS-Antennen zueinander vereinfacht ist.

Gemäß dem Verfahren zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne zu einer zweiten GPS-Antenne können auch mehr als ein GPS-Satelliten-Signal von mehreren GPS-Satelliten empfangen werden, wobei die zusätzlichen Daten zur Erhöhung der Bestimmungsgenauigkeit

- der relativen Ausrichtung der GPS-Antennen zueinander verwendet werden. Weiterhin können die zusätzlichen Daten für eine Plausibilitätsprüfung verwendet werden, gemäß die Plausibilität der bestimmten Ausrichtung der GPS-Antennen untersucht wird. Ergeben sich bei der Auswertung der GPS-Signale mehrere mögliche Ausrichtungen der GPS-Antennen zueinander, dann kann die plausibelste Ausrichtung bestimmt werden.
- 10 Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung ferner eine Abschwächungseinrichtung, die mit der zweiten GPS-Antenne, der Summierungseinrichtung und der Steuerungseinrichtung elektrisch verbunden ist. Die Abschwächungseinrichtung ist angepasst zum Abschwächen des zweiten GPS-Empfangssignals.
- 15 Der der ersten GPS-Antenne nachgeschaltete Phasenschieber kann eine Abschwächung des GPS-Empfangssignals bewirken. Mittels der Abschwächungseinrichtung können die Amplituden des ersten GPS-Empfangssignals und des zweiten GPS-Empfangssignals aneinander angepasst werden.
- 20 Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich nachfolgend aus den erläuterten Ausführungsbeispielen. Dabei zeigen im Einzelnen:
- 25 **Figur 1:** ein schematisches Blockschalttdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung zweier GPS-Antennen zueinander;
- 30 **Figur 2a:** eine schematische Darstellung einer Positionierung eines GPS-Satelliten bezüglich einer ersten und einer zweiten GPS-Antenne;

- Figur 2b: eine schematische Darstellung des Verlaufs eines Summensignals, das sich durch Summieren eines zweiten GPS-Signals mit einem um eine Phasenverschiebung phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal ergibt, in Abhängigkeit der Phasenverschiebung für die in Figur 2a dargestellten Positionierung;
- Figur 3a: eine schematische Darstellung einer anderen Positionierung eines GPS-Satelliten bezüglich der ersten und der zweiten GPS-Antenne;
- Figur 3b: eine schematische Darstellung des Verlaufs eines Summensignals, das sich durch Summieren des zweiten GPS-Signals mit dem phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal ergibt, in Abhängigkeit der Phasenverschiebung für die in Figur 3a dargestellten Positionierung bei einem ersten Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen;
- Figur 3c: eine schematische Darstellung des Verlaufs eines Summensignals, das sich durch Summieren des zweiten GPS-Signals mit dem phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal ergibt, in Abhängigkeit der Phasenverschiebung für die in Figur 3a dargestellten Positionierung bei einem zweiten Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen;
- Figur 4a: eine schematische Darstellung einer weite-

ren anderen Positionierung eines GPS-Satelliten bezüglich der ersten und der zweiten GPS-Antenne;

5 Figur 4b: eine schematische Darstellung des Verlaufs eines Summensignals, das sich durch Summieren des zweiten GPS-Signals mit dem phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal ergibt, in Abhängigkeit der Phasenverschiebung für die in Figur 3a dargestellten Positionierung bei einem ersten Abstand zwischen den zwei GPS-Antennen;

10

15 Figur 5: eine schematische Darstellung zweier Summensignale, die jeweils basierend auf zwei unterschiedlichen, von unterschiedlichen GPS-Satelliten ausgestrahlten GPS-Satelliten-Signale zurückzuführen sind;

20 Figur 6: eine schematische Darstellung des Verlaufs zweier Signal-Rausch-Verhältnisse, die auf unterschiedlichen GPS-Satelliten-Signale basieren, die von unterschiedlichen GPS-Satelliten ausgestrahlt wurden;

25 Figur 7: ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

30 Figur 8: eine schematische räumliche Darstellung von drei Antennenanordnungen, die um einen Mast herum unter Erzeugung von drei unterschiedlichen Abstrahlwinkeln angeordnet sind, wobei jede Antennenanordnung eine

erfindungsgemäße Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung zweier GPS-Antennen zueinander aufweist.

5 In der nun folgenden Beschreibung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Bauteile bzw. gleiche Merkmale, so dass eine in Bezug auf eine Figur durchgeführte Beschreibung bezüglich eines Bauteils auch für die anderen Figuren gilt, so dass eine wiederholende Beschreibung vermieden
10 wird.

Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschalttdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung zweier GPS-Antennen 10, 20 zueinander.
15 Die Vorrichtung umfasst eine erste GPS-Antenne 10 und eine zweite GPS-Antenne 20, die zueinander einen vorbestimmten Abstand aufweisen. Die erste GPS-Antenne 10 ist dazu ausgebildet, bei Empfang eines GPS-Satelliten-Signals PDS, das von einem GPS-Satelliten Sat (Figuren 2a, 3a, 4a)
20 ausgesendet wird, ein erstes GPS-Empfangssignals Sig1 auszugeben. Das GPS-Satelliten-Signal PDS kann insbesondere ein Positionsdatensignal PDS umfassen. Die erste GPS-Antenne 10 ist mit einem Bandpassfilter 12 elektrisch verbunden, so dass lediglich das erste GPS-Empfangssignal
25 Sig1 zu einem mit dem Bandpassfilter 12 verbundenen Verstärker 14 weitergeleitet wird. Üblicherweise beträgt die Frequenz der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals 1,5 GHz, so dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters im engen Bereich von 1,5 GHz liegt. Der Verstärker 14 ver-
30 stärkt das erste GPS-Empfangssignal Sig1 und leitet dieses zu einem mit dem Verstärker 14 elektrisch verbundenen Phasenschieber 16 weiter. Der Phasenschieber 16 ist elektrisch mit einer Steuerungseinrichtung 50 verbunden, wobei

der Phasenschieber 16 von der Steuerungseinrichtung 15 Steuerungsbefehle zum Einstellen einer Phasenverschiebung φ erhält.

5 Die zweite GPS-Antenne 20 ist mit einem Bandpassfilter 22 elektrisch verbunden, der identisch zu dem Bandpassfilter 12 aufgebaut sein kann. Der Bandpassfilter 22 wiederum ist mit einem Verstärker 24 elektrisch verbunden, der baugleich zu dem Verstärker 14 ist. Mit dem Verstärker 24 ist
10 eine Abschwächungseinrichtung 25 elektrisch verbunden, die das von der zweiten GPS-Antenne 20 ausgegebene zweite GPS-Empfangssignal Sig2 abschwächt. Jedoch ist die Abschwächungseinrichtung 25 nicht unbedingt notwendig, um mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Ausrichtung der ersten
15 GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 zu bestimmen.

Die Abschwächungseinrichtung 25 ist elektrisch mit der Steuerungseinrichtung 50 verbunden und empfängt von dieser Steuerungssignale zum Einstellen der variablen Abschwächung. Die Abschwächungseinrichtung 25 dient zum Anpassen
20 der Amplitude des zweiten GPS-Signals Sig2 an die Amplitude des ersten GPS-Signals Sig1. Denn das erste GPS-Signal Sig1 erfährt durch den Phasenschieber 16 neben der Phasenverschiebung φ auch eine Abschwächung.

25 Die Vorrichtung zum Bestimmen der relativen Ausrichtung der zwei GPS-Antennen 10, 20 zueinander umfasst ferner eine Kombinationseinrichtung 30, die auch als Power-Combiner 30 bezeichnet wird und die im dargestellten Ausführungsbeispiel als Summierungseinrichtung 30 realisiert
30 ist. Sowohl der Phasenschieber 16 als auch die Abschwächungseinrichtung 25 sind mit der Summierungseinrichtung 30 elektrisch verbunden. Die Summierungseinrichtung 30

summiert bzw. kombiniert das um die Phasenverschiebung φ phasenverschobene erste GPS-Empfangssignal Sig1 und das von der Abschwächungseinrichtung 25 abgeschwächte zweite GPS-Empfangssignal Sig2 miteinander. Diese Summierung erfolgt dabei unter Berücksichtigung der relativen Phasenlagen des ersten GPS-Empfangssignals Sig1 und des zweiten GPS-Signals Sig2.

Ein GPS-Empfänger 40 ist mit der Summierungseinrichtung 30 elektrisch verbunden und dazu ausgebildet, ein von der Summierungseinrichtung 30 erzeugtes Summensignal Sum, das durch Summieren des phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignals Sig1 mit dem abgeschwächten zweiten GPS-Empfangssignal Sig2 erzeugt wird, zu empfangen. Der GPS-Empfänger 40 gibt neben der Position noch weitere Daten aus, unter anderem ein Signal-Rauschverhältnissignal SNR bzw. Ein Signalrauschverhältnis der GPS-Satelliten-Signale PDS als auch den Azimut und die Elevation der jeweiligen empfangenen GPS-Satelliten Sat. Diese Daten sind alle in einer Standard-NMEA Ausgabe enthalten. Der GPS-Empfänger 40 ist mit der Steuerungseinrichtung 50 zum Ausgeben von Daten an die Steuerungseinrichtung 50 elektrisch verbunden. Die Steuerungseinrichtung 50 wiederum umfasst einen Prozessor und/oder einen Speicher bzw. ist mit einem nicht dargestellten Speicher verbunden. Folglich weist die Steuerungseinrichtung eine Steuerungsfunktionalität, eine Verarbeitungsfunktionalität und/oder eine Speicherfunktionalität auf. Mittels der Steuerungseinrichtung 50 sind folglich von dem GPS-Empfänger 40 ausgegebene Daten speicherbar, die Phasenverschiebung φ des Phasenschiebers 16 einstellbar und die Abschwächung der Abschwächungseinrichtung 25 einstellbar.

Im Folgenden wird anhand der Figuren 2a bis 4b die Abhängigkeit des Verlaufs des Summensignals Sum sowohl von der Position eines GPS-Satelliten Sat bezüglich der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20 als auch von der vom Phasenschieber 16 eingestellten Phasenverschiebung φ , um die das erste GPS-Empfangssignal Sig1 phasenverschoben ist, erläutert. Figur 2a zeigt eine Positionierung des GPS-Satelliten Sat, bei der dieser symmetrisch zwischen der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20 angeordnet ist. Folglich befindet sich der GPS-Satellit Sat auf einem Punkt einer Ebene, die zwischen der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20 verläuft, also die Verbindungslinie zwischen der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20 in deren Mitte schneidet. Daher ist der Abstand des GPS-Satelliten Sat zu der ersten GPS-Antenne 10 und zu der zweiten GPS-Antenne 20 gleich groß, so dass der zurückzulegende Weg des GPS-Satelliten-Signals PDS, das von dem GPS-Satelliten Sat ausgestrahlt wird, zu der ersten GPS-Antenne 10 gleich lang wie zu der zweiten GPS-Antenne 20 ist. Daher weisen das von der ersten GPS-Antenne 10 ausgegebene erste GPS-Empfangssignal Sig1 und das von der zweiten GPS-Antenne 20 ausgegebene zweite GPS-Empfangssignal Sig2 gleiche Phasen auf.

Wenn das erste GPS-Empfangssignal Sig1 und das zweite GPS-Empfangssignal Sig2 durch die Summierungseinrichtung 30 summiert werden, wobei das erste GPS-Empfangssignal Sig1 nicht mittels des Phasenschiebers 16 phasenverschoben ist, dann addieren sich die zwei GPS-Empfangssignale Sig1, Sig2 mit identischen Phasen, so dass das so erzeugte Summensignal Sum ein Maximum aufweist. Wenn hingegen das von der ersten GPS-Antenne 10 ausgegebene erste GPS-Empfangssignal

Sig1 mittels des Phasenschiebers 16 phasenverschoben wird, dann interferieren sich das erste GPS-Empfangssignal Sig1 und das zweite GPS-Empfangssignal Sig2 teilweise weg, wobei sich bei dem so erzeugten Summensignal Sum jeweils
5 ein Minimum ergibt, wenn die Phasenverschiebung ein ganzzahliges Vielfaches von 180° ist. Figur 2b zeigt den Verlauf des Summensignals Sum in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung φ , um die das erste GPS-Empfangssignal Sig1 phasenverschoben wurde, für die in Figur 2a dargestellte
10 Positionierung des GPS-Satelliten Sat bezüglich der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20.

Figur 3a zeigt eine andere Positionierung des GPS-Satelliten Sat gegenüber den ersten und zweiten GPS-Antennen 10,
15 20. Der GPS-Satellit Sat befindet sich auf einem Punkt einer annähernden Verbindungslinie von der ersten GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20. Daher ist der von dem GPS-Satelliten-Signal PDS zwischen dem GPS-Satelliten Sat und der ersten GPS-Antenne 10 zurückzulegende
20 Weg länger als der von dem GPS-Satelliten-Signal PDS zwischen dem GPS-Satelliten Sat und der zweiten GPS-Antenne 20 zurückzulegende Weg.

Der Abstand zwischen der ersten GPS-Antenne 10 und der
25 zweiten GPS-Antenne 20 ist in Figur 3 mit D angegeben. Da die Frequenz der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals PDS bekannt ist und üblicherweise 1,5 GHz beträgt, würde bei einem Abstand D zwischen der ersten GPS-Antenne 10 und der zweiten GPS-Antenne 20 von 0,1 m das von der ersten
30 GPS-Antenne 10 ausgegebene erste GPS-Empfangssignal Sig1 gegenüber dem von der zweiten GPS-Antenne 20 ausgegebene zweite GPS-Empfangssignal Sig2 um 180° phasenverschoben sein. Denn dann beträgt der Abstand D gerade die Hälfte

der Wellenlänge der Trägerwelle, so dass der Laufzeit-
unterschied des GPS-Satelliten-Signals PDS vom GPS-Satel-
liten Sat zu der ersten GPS-Antenne 10 und zu der zweiten
GPS-Antenne 20 gerade zu einer Phasenverschiebung φ von
5 180° führt. Es muss also im Allgemeinen für die in Figur
3a dargestellte Positionierung folgende Bedingung erfüllt
sein, damit das erste GPS-Empfangssignal Sig1 gegenüber
dem zweiten GPS-Empfangssignal Sig2 um 180° phasenver-
schoben ist:

10

$$D = n \cdot c / 2f$$

n ist dabei eine ungerade ganze Zahl (1, 3, 5, 7, ...).
Wenn das erste GPS-Empfangssignal Sig1 mittels des Phasen-
schiebers 16 um 180° phasenverschoben wird, dann weist das
15 Summensignal Sum ein Maximum auf, da dann die Phasen des
ersten GPS-Empfangssignals Sig1 und des zweiten GPS-Emp-
fangssignal Sig2 wieder gleich sind. Figur 3b zeigt den
Verlauf des Summensignals Sum in Abhängigkeit der einge-
20 stellten Phasenverschiebung φ für die in Figur 3a dar-
gestellte Positionierung des Satelliten Sat gegenüber den
ersten und zweiten GPS-Antennen 10, 20, wobei in diesem
Fall die oben dargestellte Relation bezüglich des Abstan-
des der zwei GPS-Antennen 10, 20 erfüllt ist.

25

Figur 3c hingegen zeigt den Verlauf des Summensignals Sum
in Abhängigkeit der Phasenverschiebung φ für einen Fall,
in dem der Abstand D zwischen der ersten GPS-Antenne 10
und der zweiten GPS-Antenne 20 nicht die oben dargestellte
30 Beziehung erfüllt.

Figur 4a wiederum zeigt eine weitere andere Positionierung
des GPS-Satelliten Sat gegenüber den ersten und zweiten

GPS-Antennen 10, 20, und Figur 4b zeigt den Verlauf des Summensignals Sum in Abhängigkeit der eingestellten Phasenverschiebung ϕ für die in Figur 4a dargestellte Positionierung des GPS-Satelliten Sat.

5

Der Verlauf des Summensignals Sum in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung ϕ hängt also von der unterschiedlichen Positionierung des GPS-Satelliten Sat gegenüber den ersten und zweiten GPS-Antennen 10, 20 ab, so dass der Verlauf
10 des Summensignals Sum in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung ϕ bei bekanntem Abstand der ersten GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 charakteristisch für die Position des GPS-Satelliten Sat ist. Daher kann aus dem Verlauf des Summensignals Sum zusammen mit dem vom GPS-
15 Satelliten Sat übertragenen GPS-Satelliten-Signal PDS auf die relative Positionierung der ersten GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 rückgeschlossen werden.

Figur 5 zeigt zwei Summensignale Sum, die auf die oben
20 beschriebene Weise erzeugt werden. Die beiden dargestellten Summensignale unterscheiden sich dadurch, dass die jeweiligen GPS-Empfangssignale Sig1, Sig2 aus GPS-Satelliten-Signalen PDS resultieren, die von GPS-Satelliten Sat ausgestrahlt wurden, die unterschiedliche Positionierungen gegenüber den ersten und zweiten GPS-Antennen
25 10, 20 aufweisen. Aus Figur 5 ist ersichtlich, dass die so erzeugten Summensignale Sum für zwei Phasenverschiebungen ϕ identisch sind. Folglich müssen zumindest drei Phasenverschiebungen ϕ mittels des Phasenschiebers 16 durchgeführt werden und gleichzeitig müssen die Amplituden der
30 zugehörigen Summensignale bestimmt werden, um den Verlauf des Summensignals Sum zuverlässig und eindeutig ermitteln zu können.

Figur 6 zeigt die Abhängigkeit von zwei unterschiedlichen Signal-Rausch-Verhältnissen SNR (signal-to-noise ratio) in Abhängigkeit von einer eingestellten Phasenverschiebung ϕ . Aus Figur 6 ist ersichtlich, dass die Maxima der Signal-Rausch-Verhältnisse ausgeprägter sind als die entsprechenden Minima. Dies ergibt sich aufgrund der Verarbeitung der GPS-Empfangssignale Sig1, Sig2 in dem GPS-Empfänger 40. Aus Figur 6 ist ersichtlich, dass auch das Signal-Rausch-Verhältnis SNR einen charakteristischen Verlauf aufweist, der von der eingestellten Phasenverschiebung ϕ abhängig ist, so dass die Ausrichtung der ersten GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 auch in Abhängigkeit des Signal-Rausch-Verhältnisses SNR bestimmt werden kann.

Figur 7 zeigt ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens, das von der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführt wird. In einem ersten Wiederholungsschritt S1 wird ein GPS-Satelliten-Signal PDS mittels der ersten GPS-Antenne 10 und mittels der zweiten GPS-Antenne 20 empfangen. Dabei gibt die erste GPS-Antenne 10 das erste GPS-Empfangssignal Sig1 aus und die zweite GPS-Antenne 20 gibt das zweite GPS-Empfangssignal Sig2 aus. Dem ersten Wiederholungsschritt S1 schließt sich ein zweiter Wiederholungsschritt 2 an, in dem die Phase des ersten GPS-Empfangssignals Sig1 um eine Phasenverschiebung ϕ mittels des Phasenverschiebers 16 verschoben wird. Dabei wird die Phasenverschiebung ϕ durch den Phasenverschieber 16 mittels der Steuerungseinrichtung 50 gesteuert.

In einem dritten Wiederholungsschritt S3 wird das zweite GPS-Empfangssignal Sig2 mit dem um die Phasenverschiebung ϕ phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal Sig1 sum-

miert, um ein Summensignal Sum zu erzeugen. In einem vierten Wiederholungsschritt S4 wird ein Abtastsignal und/oder das Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR aus dem Summensignal Sum erzeugt. Das Abtastsignal kann beispielsweise I-Daten und Q-Daten des Summensignals Sum umfassen. Im folgenden wird lediglich auf das Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR eingegangen, jedoch sind die folgenden Ausführungen auch auf das Abtastsignal anwendbar. Anschließend wird in einem fünften Wiederholungsschritt S5 das das Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR zusammen mit der Information über die Phasenverschiebung ϕ mittels der Steuerungseinrichtung 50 gespeichert.

Diese Wiederholungsschritte werden mindestens für drei unterschiedliche Phasenverschiebungen ϕ durchgeführt. Aus Figur 7 ist ersichtlich, dass nach dem fünften Wiederholungsschritt S5 geprüft wird, ob die eingestellte Phasenverschiebung ϕ einer maximalen Phasenverschiebung $\phi_{\max}$ entspricht. Entspricht die eingestellte Phasenverschiebung ϕ nicht der maximalen Phasenverschiebung $\phi_{\max}$, ist diese also niedriger als die maximale Phasenverschiebung $\phi_{\max}$, dann wird die eingestellte Phasenverschiebung ϕ um ein Phaseninkrement $\Delta\phi$ erhöht, und es wird entweder zum Wiederholungsschritt S1 oder zum Wiederholungsschritt S2 zurückgesprungen. Wie bereits oben erwähnt werden diese Wiederholungsschritte zumindest dreimal durchgeführt, so dass bei einem Phasenhub von beispielsweise 360° das Phaseninkrement in dem Fall maximal 120° betragen darf.

Nachdem so zumindest drei Datenpaare bestehend jeweils aus einem Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR und einer dem Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR zugeordneter Phasenverschiebung ϕ gespeichert wurden, wird in einem Verfahrens-

schritt S6 der Verlauf des von der Phasenverschiebung φ abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR mittels der Steuerungseinrichtung 50 ermittelt. Diese Ermittlung des Verlaufs des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR kann
5 beispielsweise dadurch erfolgen, dass bei einer genügend genauen Messung bzw. Abtastung des Verlaufs des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR die Phasenverschiebung φ in einer Suchtabelle ermittelt wird, bei der das Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR ein Maximum bzw. ein Minimum
10 aufweist. Beispielsweise kann das Phaseninkrement $\Delta\varphi$ lediglich 1° betragen, so dass bei einem Phasenhub von 360° 360 Signal-Rausch-Verhältnissignale SNR erzeugt werden, so dass in der so erzeugten Suchtabelle lediglich die Phasenverschiebung φ ermittelt werden muss, bei der das Signal-Rausch-Verhältnissignal SNR minimal bzw. maximal ist,
15 wobei bei einer so hoch auflösenden Messung bzw. Abtastung des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR die Positionierung des Minimums bzw. des Maximums des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR sehr genau erfolgen kann.

20

Alternativ oder zusätzlich kann der Verfahrensschritt S6 zum Ermitteln des Verlauf des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR einen Verfahrensschritt zum Berechnen des Verlaufs des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR in Abhängigkeit der Phasenverschiebung φ umfassen. Wenn beispielsweise der Verlauf des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR lediglich in Abhängigkeit von drei unterschiedlichen Phasenverschiebungen φ ermittelt wird, dann kann aufgrund der Bekanntheit der Frequenz des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR mittels einer Berechnung bzw. mittels eines so
25 genannten Fits auf den Verlauf des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR zurückgeschlossen werden bzw. dieser kann berechnet werden. Folglich ist auch eine genaue Bestimmung
30

von Minima bzw. Maxima des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR möglich, wenn lediglich wenige Phasenverschiebungen φ durchgeführt werden.

- 5 In einem weiteren Verfahrensschritt S7 wird dann basierend auf dem Verlauf des Signal-Rausch-Verhältnissignals SNR mittels der Steuerungseinrichtung 50 die relative Ausrichtung der ersten GPS-Antenne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 ermittelt.

10

In Figur 8 ist ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne 10 zu einer zweiten GPS-Antenne 20 dargestellt. Figur 8 zeigt eine Halte- und Tragevorrichtung 200, beispielsweise in Form eines Mastes 200, an dem in Umfangsrichtung versetzt liegend drei Antennen bzw. Einzelantennen 100a, 100b, 100c gehalten sind, die beispielsweise aus drei ein- oder mehrspaltigen Antennenarrays bestehen, die üblicherweise einen im wesentlichen vertikal ausgerichteten Reflektor und davor angeordnete Strahlereinrichtungen umfassen. Es kann sich dabei um einfach- oder dualpolarisierte Strahlereinrichtungen für die Übertragung in einem Frequenzband oder für Zwei- oder Mehrfrequenzbänder handeln, wenn es sich beispielsweise um eine Dual- oder Mehrbandantennenanordnung handelt. Die einzelnen Antenneneinrichtungen 100a, 100b, 100c sind im gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils mit einem Radom als Schutz umgeben.

- 30 Durch geeignete mechanische oder steuerbare Maßnahmen können die grundsätzlich beispielsweise in einem 120°-Winkel versetzt zueinander liegenden Antennen 100a, 100b, 100c auch in einem zumindest geringfügig davon abweichen-

den Winkel ein- bzw. verstellt werden, um beispielsweise die unterschiedlichen drei Sektoren unterschiedlich auszu-
leuchten.

5 Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind nunmehr jeweils auf
der oberen Stirnseite 102 oder oberhalb des Stirnseiten-
bereichs 102 jeweils zwei mit Seitenversatz angeordnete
GPS-Antennen 10, 20 vorgesehen. Weiterhin umfasst die
Antennenanordnung die weiteren erfindungsgemäßen Bauteile,
10 die in der Beschreibung unter Bezug auf Figur 1 darge-
stellt bzw. beschrieben wurden. Mittels des oben beschrie-
benen Verfahrens ist die Ausrichtung der ersten GPS-Anten-
ne 10 zu der zweiten GPS-Antenne 20 und somit die Aus-
richtung der einzelnen Antennen 100a, 100b, 100c möglich.

15 Somit kann die Ausrichtung einer Antennenanordnung bzw.
einzelner Antennen 100a, 100b, 100c, die jeweils mit einer
erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestattet sind, exakt
bestimmt werden.

20

25

Bezugszeichenliste:

	10	erste GPS-Antenne
5	11	Signalleitung
	12	Bandpassfilter
	14	Verstärker
	16	Phasenschieber
	20	zweite GPS-Antenne
10	21	Signalleitung
	22	Bandpassfilter
	24	Verstärker
	25	Abschwächungseinrichtung
15	30	Kombinationseinrichtung, Summierungseinrichtung, power combiner
	31	Signalleitung
	40	GPS-Empfänger
	41, 42, 43	Signalleitung
	50	Steuerungseinrichtung
20	100, 100a, 100b, 100c	Gegenstand, Antenne, Einzelantenne
	102	Stirnseitenbereich
	200	Halte- und Tragevorrichtung / Mast
25	φ	Phasenverschiebung
	φ_1	ersten Phasenverschiebung, bei der das Summensignal ein Maximum
	φ_2	zweite Phasenverschiebung, bei der das Summensignal ein Minimum aufweist
30	$\varphi_{\max}$	Maximalphasenverschiebung
	$\Delta\varphi$	Phasenverschiebungsincrement
	D	Abstand zwischen erster GPS-Antenne und zweiter GPS-Antenne

	n	Anzahl, wie oft die Wiederholungsschritte durchgeführt werden
	PDS	GPS-Satelliten-Signal
	S1 - S6	Verfahrensschritte
5	Sat	GPS-Satellit
	Sig1	erstes GPS-Empfangssignal
	Sig2	zweites GPS-Empfangssignal
	Sum	Summensignal

5

345 P 593 PCT

10

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung
15 einer ersten GPS-Antenne (10) zu einer zu dieser beabstan-
deten zweiten GPS-Antenne (20), wobei folgende Wiederho-
lungsschritte für mindestens drei unterschiedliche Phasen-
verschiebungen (φ) durchgeführt werden:

- 20 - Empfangen (S1) zumindest eines GPS-Satelliten-Signals
(PDS) mittels der ersten GPS-Antenne (10) unter Aus-
gabe eines ersten GPS-Empfangssignals (Sig1) und mit-
tels der zweiten GPS-Antenne (20) unter Ausgabe eines
zweiten GPS-Empfangssignals (Sig2);
- 25 - Verschieben (S2) einer Phase des ersten GPS-Empfangs-
signals (Sig1) um eine Phasenverschiebung (φ) mittels
eines Phasenschiebers (16);
- Kombinieren (S3) des zweiten GPS-Empfangssignals
(Sig2) mit dem um die Phasenverschiebung (φ) phasen-
verschobenen ersten GPS-Empfangssignal (Sig1) zum Er-
zeugen eines Kombinationssignals (Sum) mittels einer
30 Kombinationseinrichtung (30);
- Erzeugen (S4) eines Abtastsignals und/oder eines Sig-
nal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) aus dem Kombina-
tionssignal (Sum) mittels eines GPS-Empfängers (40);

- Speichern (S5) des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Abtastsignals und/oder des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels einer Steuerungseinrichtung (50),
5 wobei nach Durchlaufen dieser Wiederholungsschritte folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:
 - Ermitteln (S6) des Verlaufs des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Abtastsignals und/oder des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels der Steuerungseinrichtung (50); und
10
 - Ermitteln (S7) der relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne (10) zu der zweiten GPS-Antenne (20) basierend auf dem Verlauf des Abtastsignals und/oder des
15 Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels der Steuerungseinrichtung (50).

2. Verfahren zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne (10) zu einer zu dieser beabstandeten zweiten GPS-Antenne (20), umfassend einen Verfahrensschritt des einmaligen Empfangens (S1) zumindest eines GPS-Satelliten-Signals (PDS) mittels der ersten GPS-Antenne (10) unter Ausgabe eines ersten GPS-Empfangssignals (Sig1) und mittels der zweiten GPS-Antenne (20) unter
20 Ausgabe eines zweiten GPS-Empfangssignals (Sig2), wobei folgende Wiederholungsschritte für mindestens drei unterschiedliche Phasenverschiebungen (φ) durchgeführt werden:
- Verschieben (S2) einer Phase des ersten GPS-Empfangssignals (Sig1) um eine Phasenverschiebung (φ) mittels
30 eines Phasenschiebers (16);
 - Kombinieren (S3) des zweiten GPS-Empfangssignals (Sig2) mit dem um die Phasenverschiebung (φ) phasenverschobenen ersten GPS-Empfangssignal (Sig1) zum Er-

- zeugen eines Kombinationssignals (Sum) mittels einer Kombinationseinrichtung (30);
- Erzeugen (S4) eines Abtastsignals und/oder eines Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) aus dem Kombinationssignal (Sum) mittels eines GPS-Empfängers (40);
 - Speichern (S5) des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Abtastsignals und/oder des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels einer Steuerungseinrichtung (50),
- wobei nach Durchlaufen dieser Wiederholungsschritte folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:
- Ermitteln (S6) des Verlaufs des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Abtastsignals und/oder des von der Phasenverschiebung (φ) abhängigen Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels der Steuerungseinrichtung (50); und
 - Ermitteln (S7) der relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne (10) zu der zweiten GPS-Antenne (20) basierend auf dem Verlauf des Abtastsignals und/oder des Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) mittels der Steuerungseinrichtung (50).

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

- der Verfahrensschritt des Ermittelns (S6) des Verlaufs des Abtastsignals und/oder des Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) umfasst das Ermitteln zumindest einer ersten Phasenverschiebung (φ_1), bei der das Abtastsignal und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignal (SNR) ein Maximum aufweist, und/oder zumindest einer zweiten Phasenverschiebung (φ_2), bei der das Abtastsignal und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignal (SNR) ein Minimum aufweist; und

- der Verfahrensschritt des Ermitteln (S7) der relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne (10) zu der zweiten GPS-Antenne (20) basiert auf zumindest der ersten Phasenverschiebung (ϕ_1) und/oder auf zumindest der zweiten Phasenverschiebung (ϕ_2).

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verfahrensschritt zum Ermitteln (S6) des Verlaufs des von der Phasenverschiebung (ϕ) abhängigen Abtastsignals und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) einen Verfahrensschritt zum Berechnen des Verlaufs des Abtastsignals und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) in Abhängigkeit der Phasenverschiebung (ϕ) umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verfahrensschritt zum Berechnen des Verlaufs des von der Phasenverschiebung (ϕ) abhängigen Abtastsignals und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignals (SNR) einen Verfahrensschritt zum Berechnen zumindest einer ersten Phasenverschiebung (ϕ_1), bei der das Abtastsignal und/oder das Signal-Rausch-Verhältnissignal (SNR) ein Maximum aufweist, und/oder zumindest einer zweiten Phasenverschiebung (ϕ_2), bei der das Abtastsignal und/oder Signal-Rausch-Verhältnissignal (SNR) ein Minimum aufweist, umfasst.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens drei unterschiedlichen Phasenverschiebungen (ϕ), für die die Wiederholungsschritte durchgeführt werden, zueinander winkelläquidistant sind.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **da-**

durch **gekennzeichnet**, dass die Wiederholungsschritte eine Anzahl (n) entsprechend dem Quotienten einer Maximalphasenverschiebung ($\varphi_{\max}$) und einem Phasenverschiebungsincrement ($\Delta\varphi$) für Phasenverschiebungen (φ) durchgeführt werden, die ganzzahlige Vielfache des Phasenverschiebungsincrements ($\Delta\varphi$) sind.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maximalphasenverschiebung ($\varphi_{\max}$) mindestens 360° und das Phasenverschiebungsincrement ($\Delta\varphi$) maximal 120° beträgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wiederholungsschritte ferner folgende Verfahrensschritte umfassen:

- Bestimmen, ob die Phasenverschiebung (φ) der Maximalphasenverschiebung ($\varphi_{\max}$) entspricht, mittels der Steuerungseinrichtung (50);
- Erhöhen der Phasenverschiebung (φ) um das Phasenverschiebungsincrement ($\Delta\varphi$) mittels der Steuerungseinrichtung (50), wenn die Phasenverschiebung (φ) nicht der Maximalphasenverschiebung ($\varphi_{\max}$) entspricht; und
- Ändern der Phasenverschiebung (φ) des Phasenschiebers (16) mittels der Steuerungseinrichtung (50).

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausrichtung einen Azimutwinkel und/oder einen Elevationswinkel umfasst.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner einen Schritt zum Abschwächen des zweiten GPS-Empfangssignals (Sig2) mittels einer Abschwächungseinrichtung (25) umfasst.

12. Vorrichtung zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung einer ersten GPS-Antenne (10) zu einer zu dieser beabstandeten zweiten GPS-Antenne (20) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Vorrichtung folgendes umfasst:

- die erste GPS-Antenne (10) und die zweite GPS-Antenne (20) zum Empfangen eines GPS-Satelliten-Signals (PDS), die jeweils mit dem Gegenstand (100, 100a, 100b, 100c) direkt oder zumindest mittelbar verbindbar oder mit dem Gegenstand (100, 100a, 100b, 100c) fest verbunden sind, wobei die zweite GPS-Antenne (20) zur ersten GPS-Antenne (10) beabstandet ist;
- einen Phasenschieber (16), der mit der ersten GPS-Antenne (10) zumindest mittelbar mittels einer Signalleitung (11) verbundenen ist;
- eine Kombinationseinrichtung (30), die mittels der Signalleitung (11) mit dem Phasenschieber (16) und mittels einer weiteren Signalleitung (21) mit der zweiten GPS-Antenne (20) zumindest mittelbar verbunden ist;
- einen GPS-Empfänger (40), der mit der Kombinationseinrichtung (30) mittels einer Signalleitung (31) elektrisch verbunden ist; und
- eine Steuerungseinrichtung (50), die mit dem GPS-Empfänger (40) zumindest mittelbar über eine Signalleitung (41) und über eine weitere Signalleitung (42) zumindest mittelbar mit dem Phasenschieber (16) verbunden ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die erste GPS-Antenne (10) zur zweiten GPS-Antenne (20) einen vorbestimmten Abstand (D) aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der vorbestimmte Abstand (D) der zweiten GPS-Antenne (20) zur ersten GPS-Antenne (10) kleiner oder gleich einer halben Wellenlänge der Trägerwelle des GPS-Satelliten-Signals (PDS) ist.

5

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14 zum Durchführen des Verfahrens zum Bestimmen einer relativen Ausrichtung der ersten GPS-Antenne (10) zu der zweiten GPS-Antenne (20) nach Anspruch 11, wobei die Vorrichtung
10 ferner eine zwischen der zweiten GPS-Antenne (20) und der kombinationseinrichtung (30) angeordnete Abschwächungseinrichtung (25) umfasst, die über die Signalleitung (21) zumindest mittelbar mit der zweiten GPS-Antenne (20) und der Kombinationseinrichtung (30) und über eine weitere
15 Signalleitung (43) zumindest mittelbar mit der Steuerungseinrichtung (50) verbunden ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei die erste GPS-Antenne (10) zur zweiten GPS-Antenne (20)
20 lediglich einen horizontalen Abstand aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei die erste GPS-Antenne (10) zur zweiten GPS-Antenne (20) lediglich einen vertikalen Abstand aufweist.

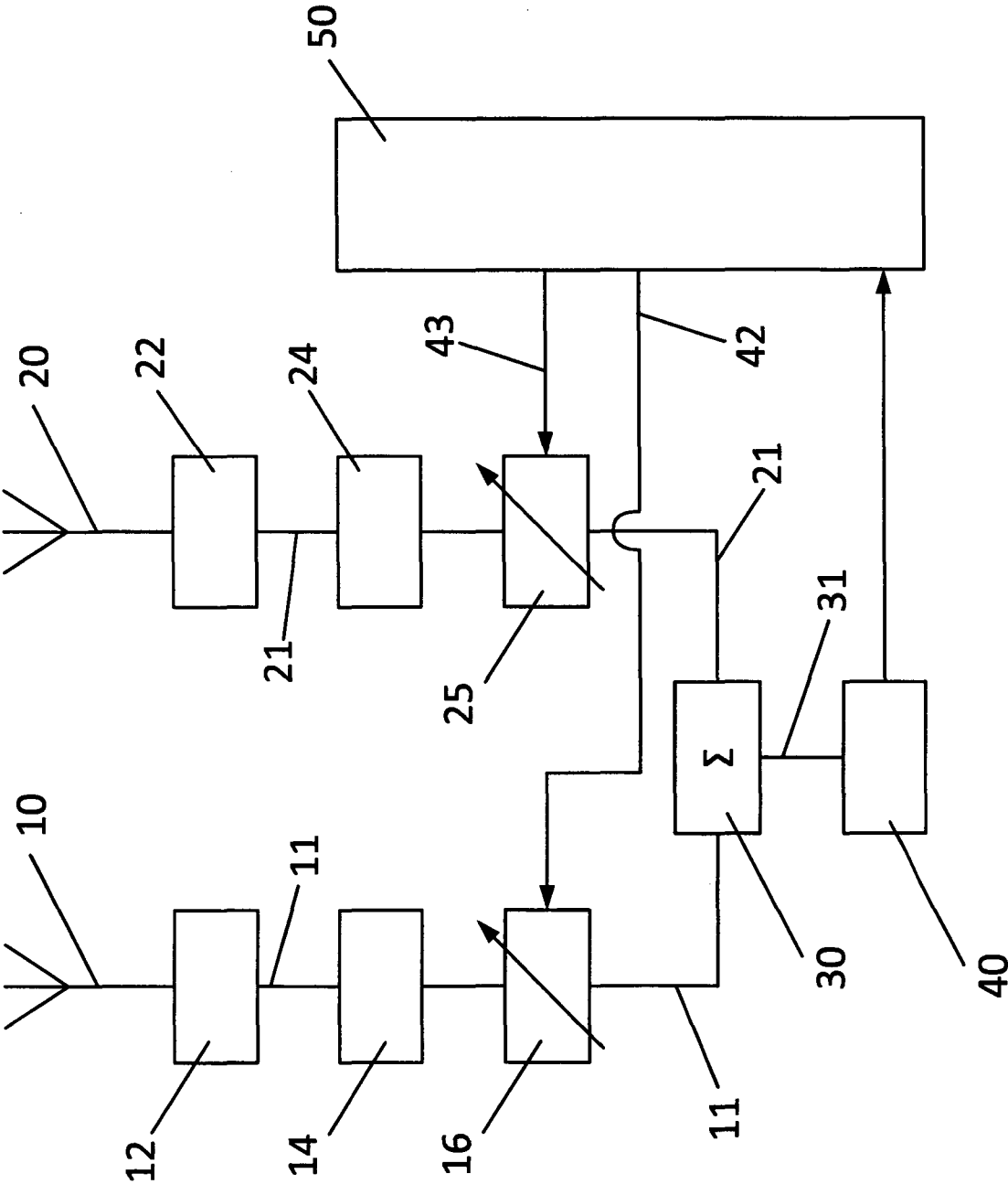
25

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, ferner umfassend eine dritte GPS-Antenne, die einen zu einer Verbindungslinie zwischen der ersten GPS-Antenne (10) und der zweiten GPS-Antenne (20) senkrecht orientierten Abstand aufweist.
30

19. Antenne (100, 100a, 100b, 100c), umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18 zum Bestimmen

der Ausrichtung der Antenne (100, 100a, 100b, 100c), wobei die Vorrichtung mit der Antenne (100, 100a, 100b, 100c) zumindest mittelbar verbunden ist oder in der Antenne (100, 100a, 100b, 100c) integriert ist.

Fig. 1



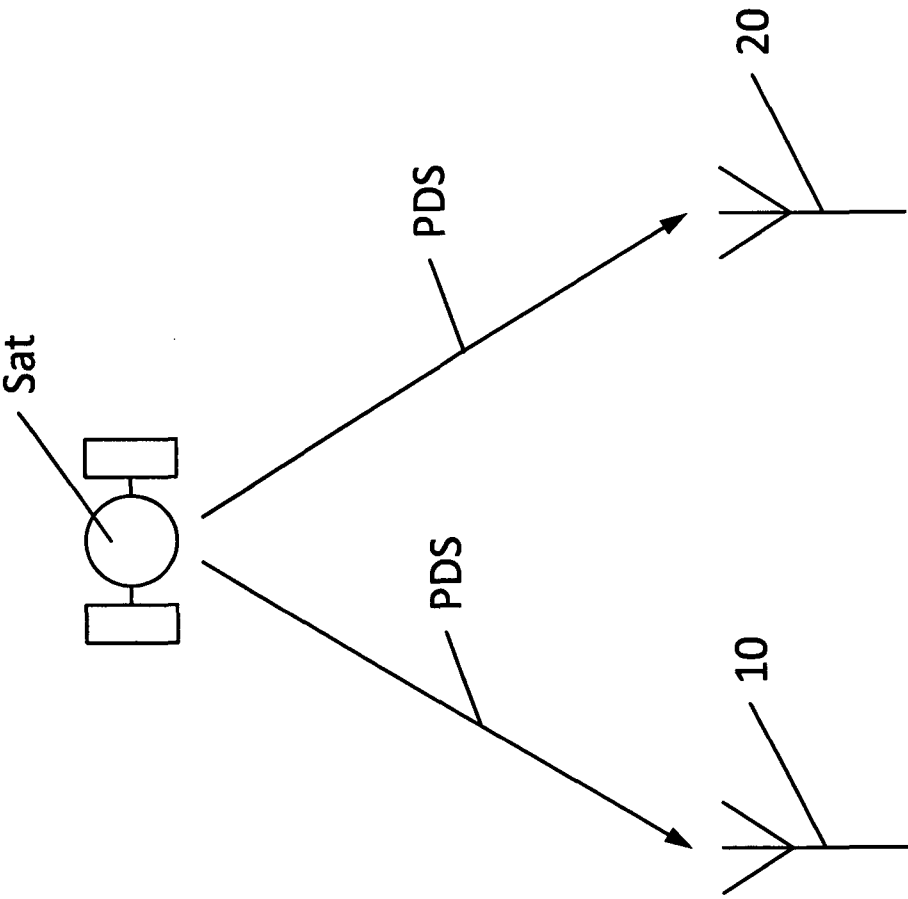


Fig. 2a

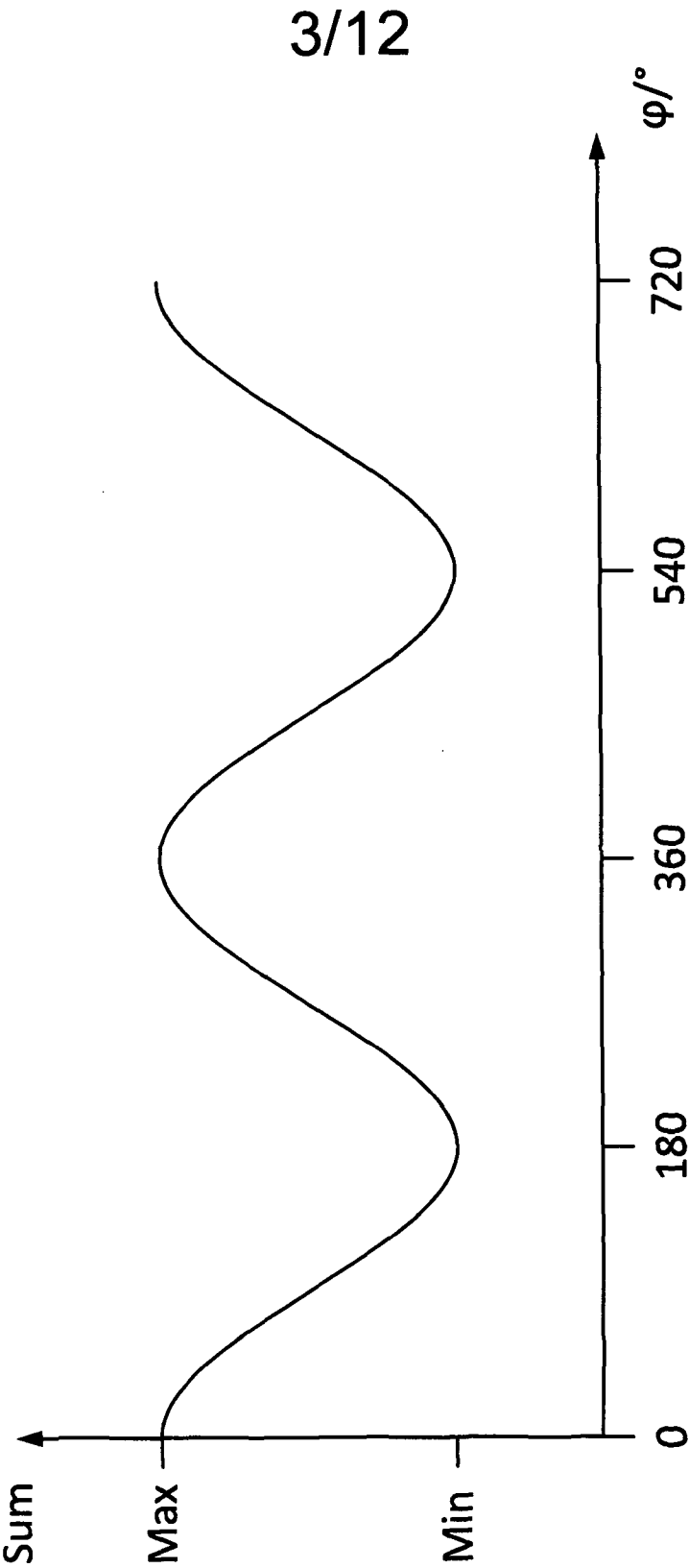


Fig. 2b

4/12

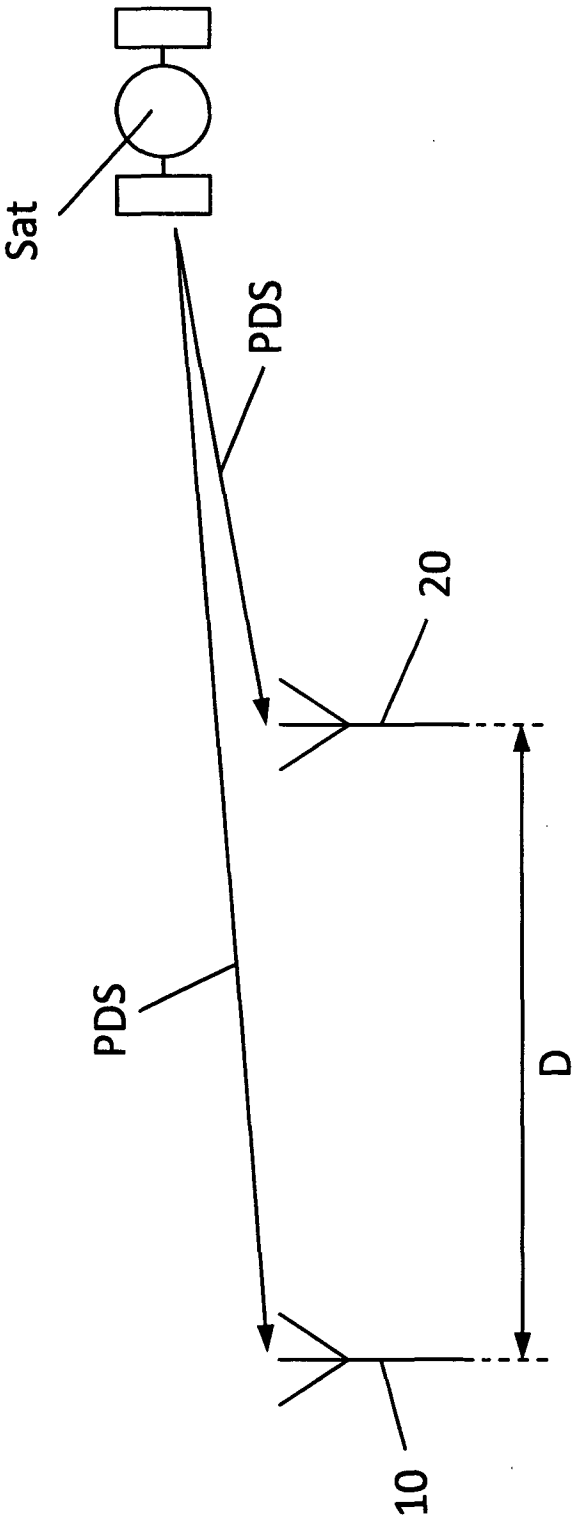


Fig. 3a

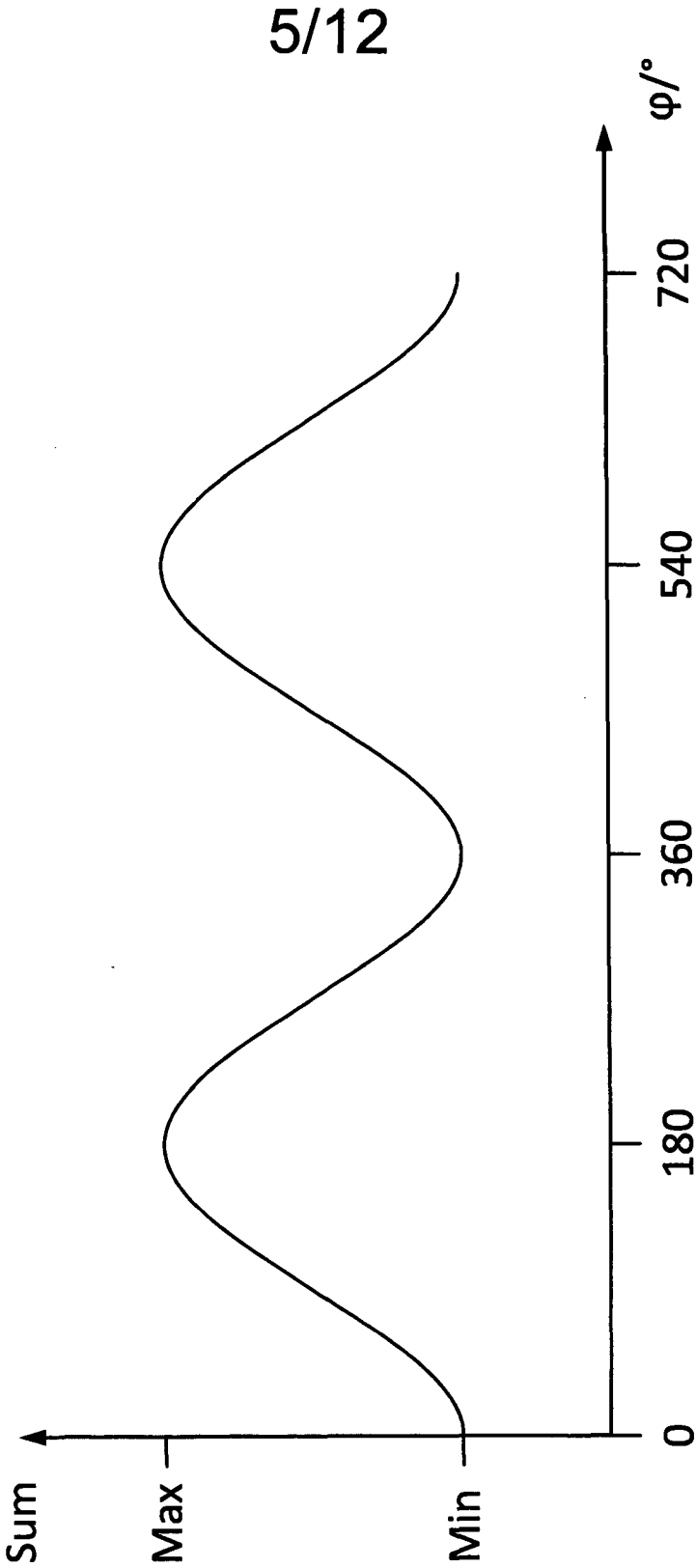


Fig. 3b

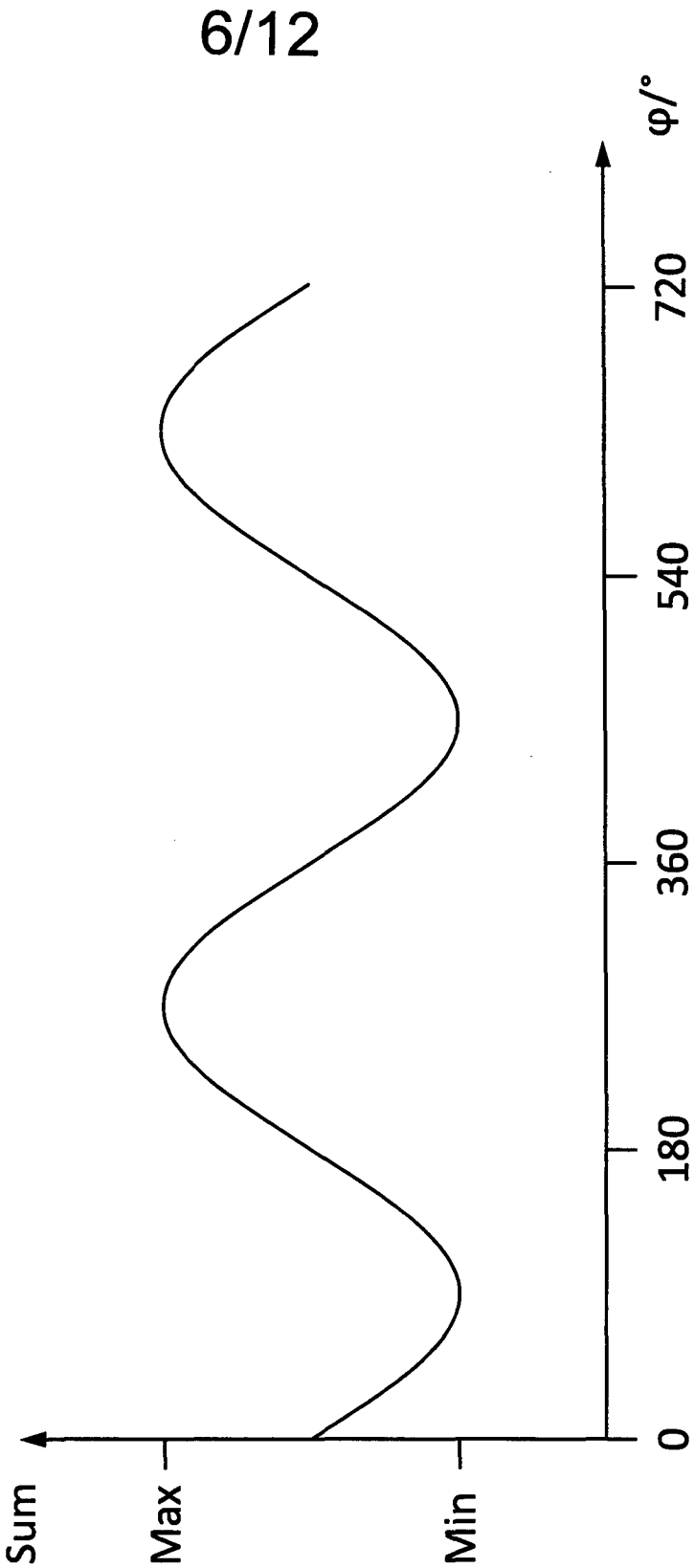


Fig. 3c

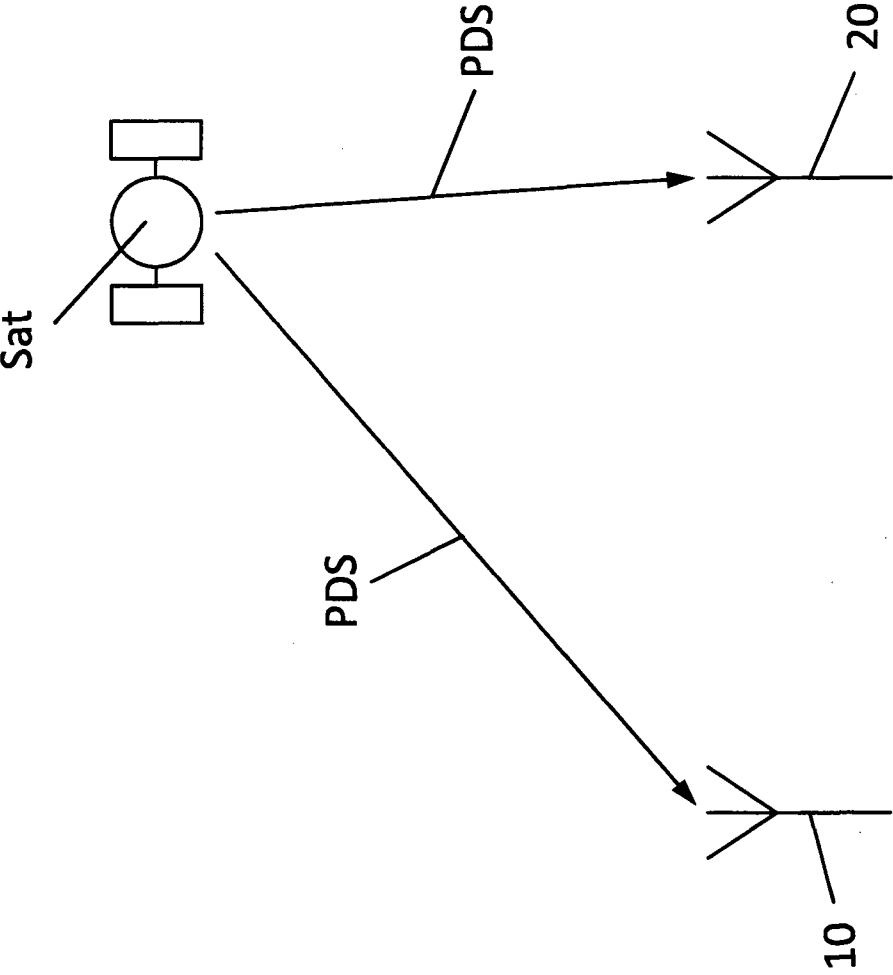


Fig. 4a

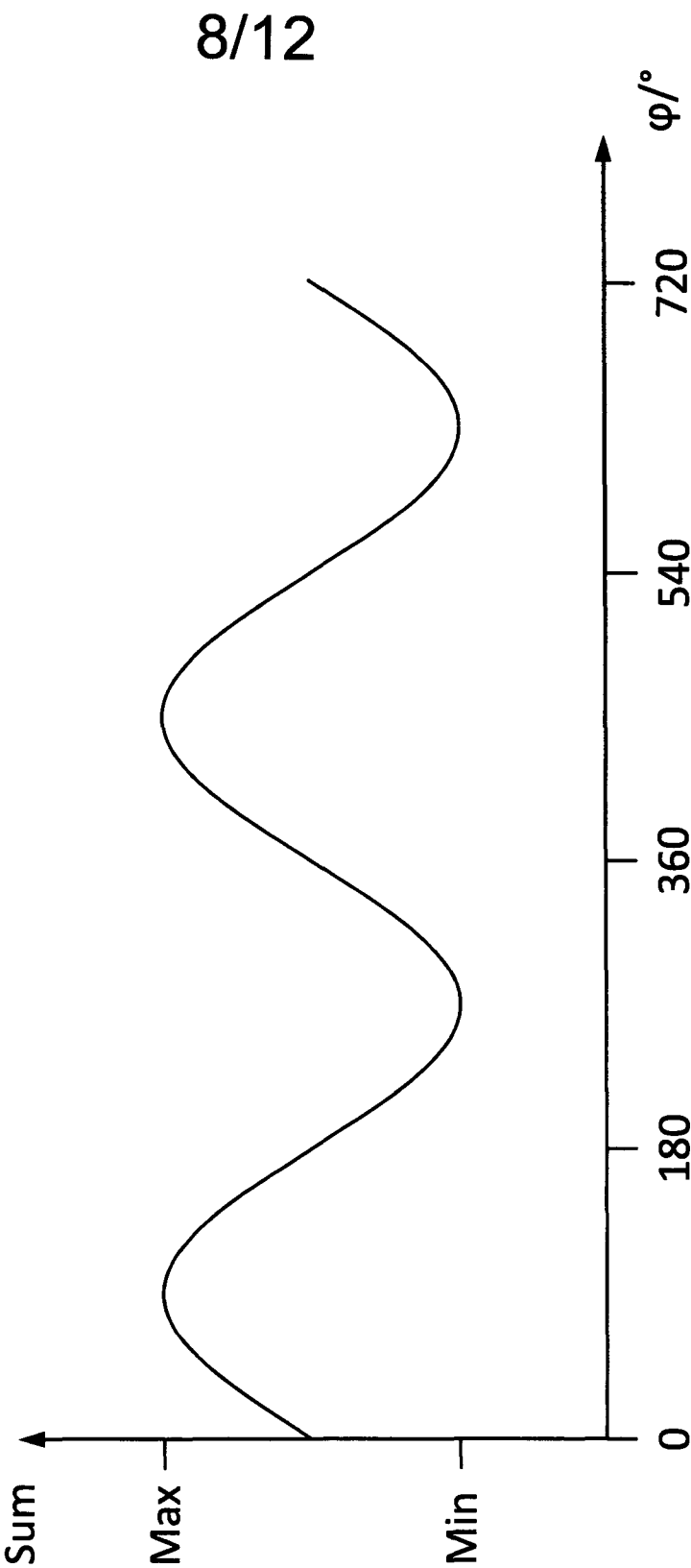


Fig. 4b

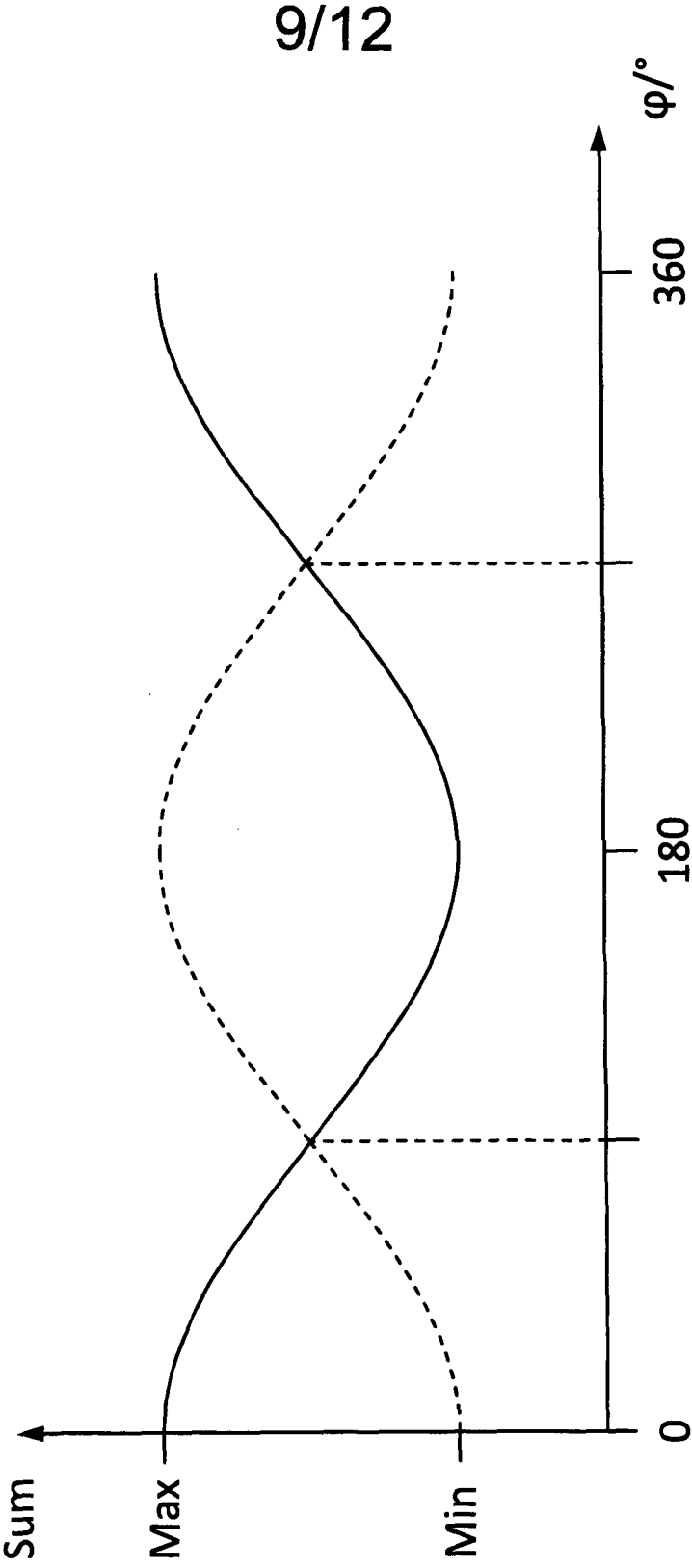


Fig. 5

10/12

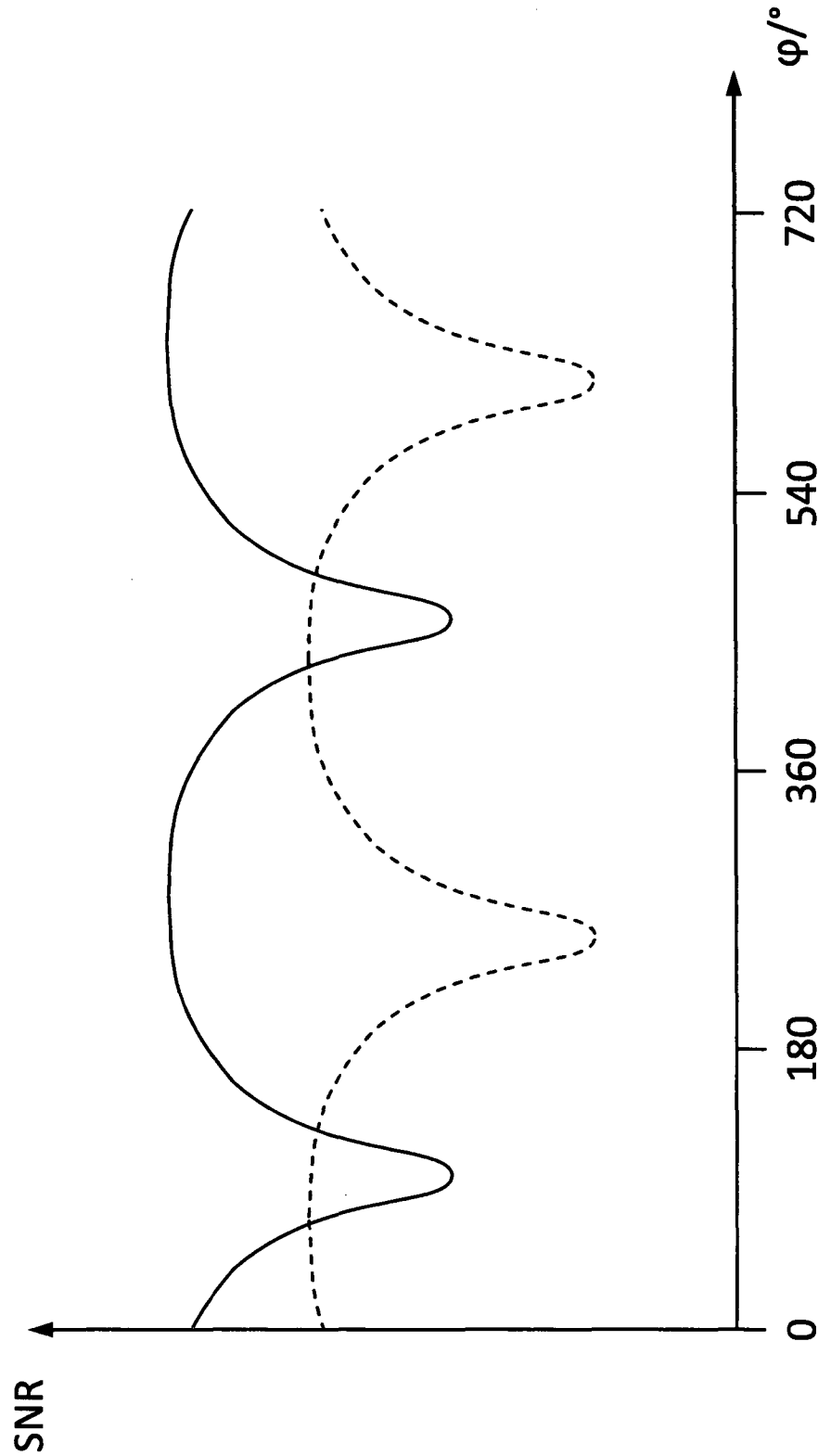


Fig. 6

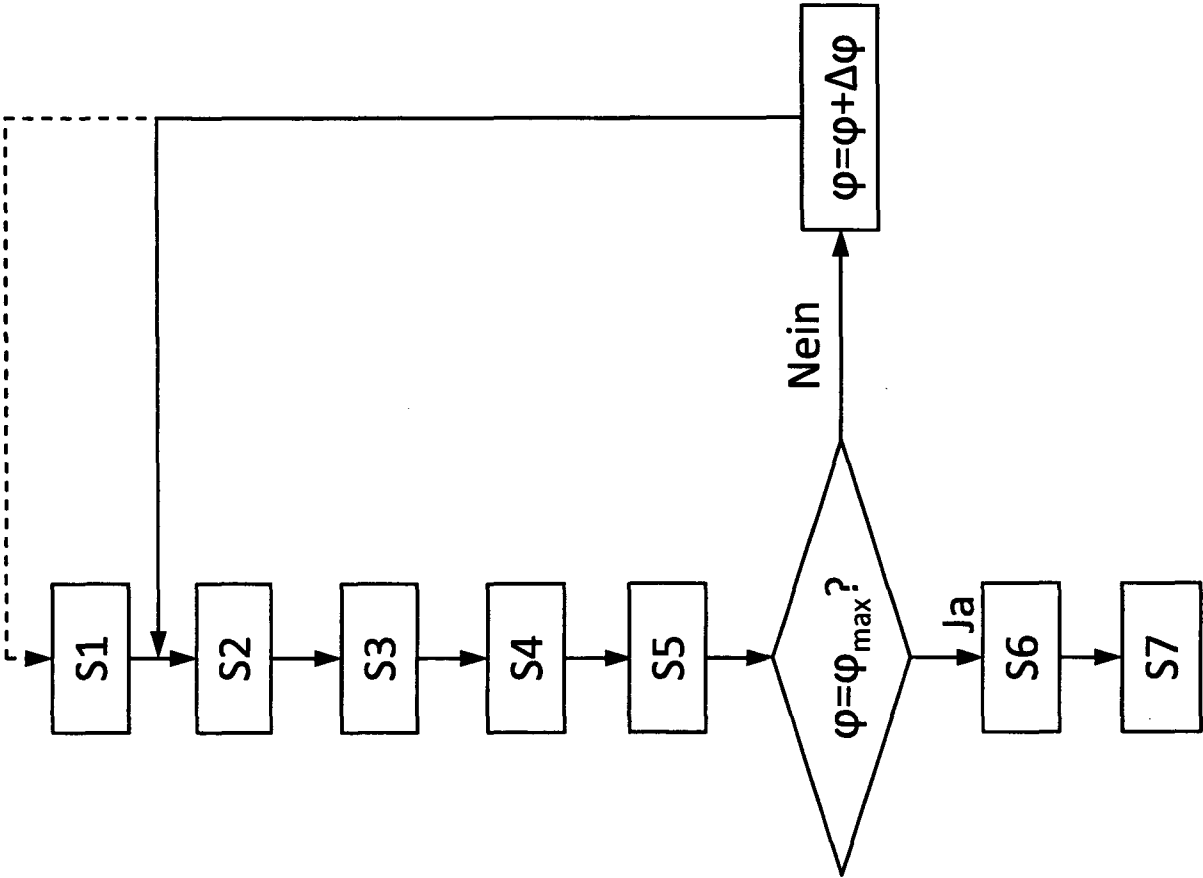


Fig. 7

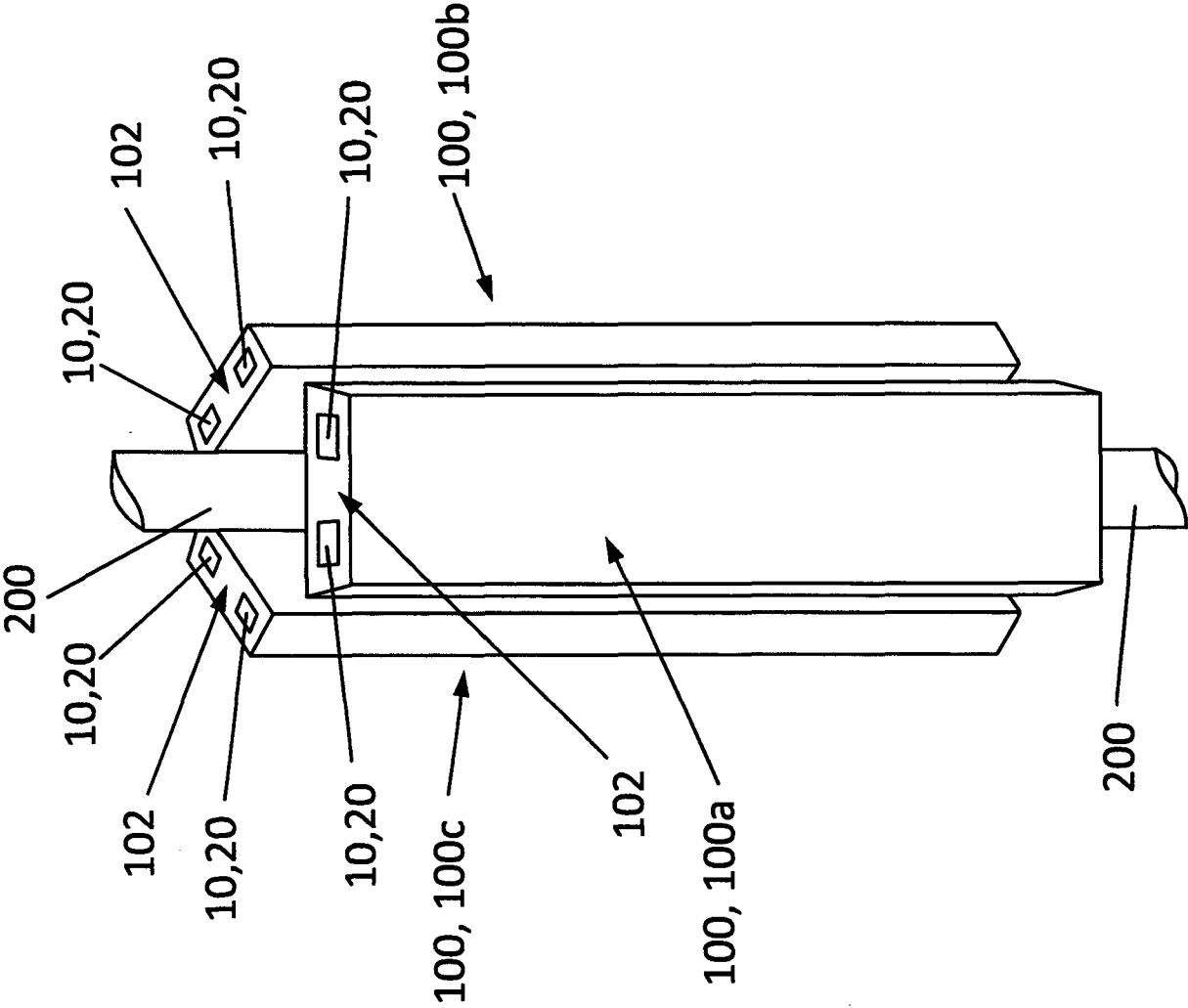


Fig. 8