



(10) **DE 10 2012 201 368 A1** 2013.08.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 201 368.7**

(22) Anmeldetag: **31.01.2012**

(43) Offenlegungstag: **01.08.2013**

(51) Int Cl.: **G01S 5/02 (2012.01)**

G01S 5/16 (2012.01)

G01S 1/02 (2012.01)

(71) Anmelder:
Universität Rostock, 18055, Rostock, DE

(74) Vertreter:
**Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider, 10179,
Berlin, DE**

(72) Erfinder:
Salomon, Ralf, Prof. Dr., 18119, Rostock, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 4 442 432 A

**Schneider, M.; Salomon, R., "Theoretical
analysis and validated experiments of the
localization by superposing beats", Indoor
Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010
International Conference on , S.1-7, 15.-17. Sept.
2010, doi: 10.1109/IPIN.2010.5647345 (ieeexplore)**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

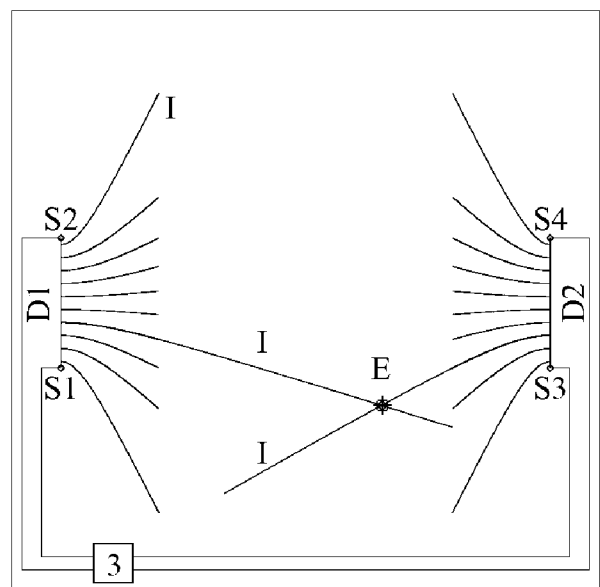
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Positionsbestimmung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Positionsbestimmung.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein System zur kontaktlosen Positionsbestimmung eines Empfängers anzugeben, wobei eine exakte und wenig stör anfällige Positionsbestimmung unter Verwendung preiswerter Empfänger und möglichst weniger Sender gewährleistet sein soll, insbesondere in Bereichen, in denen GPS-Signale nicht verfügbar sind.

Die Idee der Erfindung besteht darin, dass mindestens zwei Senderdipole Richtungswinkel aussenden, aus denen dann ein Empfänger im Fernfeld seine Position ermitteln kann, da eine Schwebung zweier leicht unterschiedlicher (und modulierter) Trägerfrequenzen im Fernfeld außerhalb der Verbindungslinie der Sender zu einem stabilen richtungsabhängigen Interferenzmuster führt



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Positionsbestimmung mit den in den Ansprüchen 1 und 6 genannten Merkmalen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Lokalisierung eines Empfängers in einer Umgebung, in der herkömmliche Positionbestimmungssysteme, wie beispielsweise GPS, nicht verfügbar sind oder nicht ausreichend präzise arbeiten.

[0002] In vielen Bereichen, beispielsweise bei der Fahrzeugnavigation, ist die Positionsbestimmung einer Person oder eines Gegenstandes von elementarer Bedeutung. Insbesondere zur kontaktlosen Positionsbestimmung stehen heutzutage leistungsfähige Systeme, wie etwa das Global Positioning System (GPS), zur Verfügung. GPS basiert auf Satelliten, die ständig ihre sich ändernde Position und die genaue Uhrzeit ausstrahlen. Aus deren Signallaufzeit können GPS-Empfänger dann ihre eigene Position und Geschwindigkeit berechnen. Grundsätzlich reichen dazu die Signale von drei Satelliten. In der Praxis besitzen GPS-Empfänger jedoch keine Uhr, die genau genug ist, um die Laufzeiten korrekt berechnen zu können. Deshalb wird das Signal eines vierten Satelliten benötigt.

[0003] Nachteilhafterweise ist GPS nur in Bereichen einsetzbar, in denen ein GPS-Empfänger die von den (mindestens) vier Satelliten ausgestrahlten Signale ausreichend gut empfangen kann. Eine solche Situation ist jedoch in vielen Bereichen, in denen eine Positionsbestimmung notwendig ist, nicht gegeben. Dazu zählen beispielsweise Fahrzeugtunnel, in denen die Fahrzeugposition zur Navigation bestimmt werden soll. Häufig lassen sich GPS-Signale nicht innerhalb von Fahrzeugtunneln empfangen. Eine Ortung des Fahrzeuges kann erst nach Verlassen des Tunnels mittels GPS realisiert werden, was insbesondere dann nachteilig ist, wenn innerhalb des Tunnels mehrere Fahrrichtungen zur Auswahl stehen, zwischen denen das Navigationssystem unterscheiden muss.

[0004] Ein weiteres Beispiel ist ein Getreidesilo, innerhalb dessen GPS-Signale nicht ausreichend gut empfangen werden können. Eine innerhalb des Getreidesilos vorhandene Arbeitsmaschine, deren Position überwacht werden soll, könnte nicht auf die GPS-Positionsbestimmung zurückgreifen, so dass hier alternative Maßnahmen ergriffen werden müssen.

[0005] Soll eine kontaktlose, eigenständige Positionsbestimmung einer Person oder eines Gegenstandes (die jeweils über einen geeigneten Empfänger verfügen) in Bereichen nicht ausreichend starker GPS-Signale vorgenommen werden, ist es bekannt, elektromagnetische Signale zu verwenden, die von ortsnahen Sendern ausgestrahlt werden. Aus der Phasenverschiebung des vom Empfänger empfangenen Signals (vorausgesetzt, dass die Sender ortsfest angeordnet sind) kann auf die Relativbewegung des Empfängers, dessen Position bestimmt werden soll, zu einem der Sender geschlossen werden. Dazu muss die Phasenverschiebung des Empfängers zum Sender bestimmt werden. Ein Nachteil ist hierbei, dass die Phasenverschiebung zwischen Sender und Empfänger nur dann bestimmt werden kann, wenn entweder sowohl Sender als auch Empfänger über synchrone, hochpräzise Uhren verfügen oder ein zusätzliches Referenzsignal zur Hilfe genommen wird. Dies erfordert jedoch entsprechend teure technische Komponenten.

[0006] Aus DE 10 2006 059 623 B3 ist ein System zur Positionsbestimmung bekannt, mit einem ersten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer ersten Sendefrequenz, wobei die erste Sendefrequenz mit einer Modulationsfrequenz moduliert wird; einem zweiten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer zweiten Sendefrequenz, wobei die zweite Sendefrequenz mit der Modulationsfrequenz moduliert wird, und wobei sich die erste Frequenz von der zweiten Frequenz derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer Schwebungsfrequenz ausbildet. Weiterhin ist ein Mittel zum Messen mindestens einer ersten Amplitude der Schwebungsfrequenz ab einem ersten Zeitpunkt an einer ersten Position des Empfängers und ein Mittel zum Messen mindestens einer zweiten Amplitude der Schwebungsfrequenz ab einem zweiten Zeitpunkt an einer zweiten Position des Empfängers, und ein Mittel zur Bestimmung der zweiten Position des Empfängers in Bezug zur ersten Position aus der mindestens einen ersten Amplitude und der mindestens einen zweiten Amplitude der Schwebungsfrequenz vorgesehen.

[0007] Der Vorteil der DE 10 2006 059 623 B3 liegt darin, dass mit preiswerten Sendern und Empfängern die Position eines Empfängers auch in (für GPS-Signale) schwer zugänglichen Gebieten, exakt und schnell bestimmt werden kann.

[0008] Der Nachteil der DE 10 2006 059 623 B3 liegt jedoch darin, dass der Empfänger seinen relativen Ort nur in einem beschränkten Bereich bestimmen kann, da sich der Empfänger im Bereich der Verbindungslinie zwischen den beiden Sendern befinden muss, damit sich stabile ausreichend ortsabhängige Interferenzmuster

ausbilden. Außerhalb der Verbindungslinie zwischen den beiden Sendern kann eine Positionsbestimmung nicht bzw. nur mit verringerter Genauigkeit erfolgen.

[0009] Selbst wenn sich der Empfänger auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Sendern befindet, ist der Messbereich auf die halbe Wellenlänge der Schwebungsfrequenz beschränkt. Das bedeutet, dass sich der Empfänger innerhalb eines Messintervalls höchstens um den Betrag der halben Wellenlänge der Schwebungsfrequenz bewegen kann, um noch eindeutig seine Relativposition zu bestimmen. Daher muss die Positionsbestimmung in sehr kurzen Zeitintervallen (angepasst an die angenommene Maximalgeschwindigkeit des Empfängers) wiederholt werden.

[0010] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein System zur eigenständigen, und in Bezug auf die Sender, kontaktlosen Positionsbestimmung eines Empfängers anzugeben, wobei eine exakte Positionsbestimmung unter Verwendung preiswerter Empfänger auch außerhalb einer Verbindungslinie zwischen den Sendern mit hoher Genauigkeit gewährleistet sein soll, insbesondere in Bereichen, in denen GPS-Signale nicht verfügbar sind. Des Weiteren soll auf die Verwendung von Referenzsignalen oder hochpräzisen, synchronen Uhren oder ähnlichen Zeitmesseinrichtungen verzichtet werden können. Eine weitere Aufgabe besteht darin, dass der Empfänger nicht nur seine relative Position in Bezug auf eine vorhergehende Messung, sondern auch seine Absolutposition Bezug zu den Sendern (ohne vorherige Kenntnis seiner Absolutposition) bestimmen können soll.

[0011] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruches 1 (Verfahrensanspruch) sowie des Anspruches 6 (Vorrichtungsanspruch) gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0012] Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass mit preiswerten Sendern und Empfängern die Absolutposition eines Empfängers auch in (für GPS-Signale) schwer zugänglichen Gebieten schnell und präzise bestimmt werden kann, wobei sich der Empfänger auch außerhalb einer Verbindungslinie zwischen zwei Sendern befinden kann.

[0013] Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass eine Schwebung zweier leicht unterschiedlicher (und modulierter) Trägerfrequenzen zwar auf ihrer Verbindungslinie zu einem stabilen ortsabhängigen Interferenzmuster führt (sofern die Modulationsfrequenz vorzugsweise ein ganzes Vielfaches oder ein ganzer Teil der Schwebungsfrequenz ist), jedoch im Fernfeld außerhalb der Verbindungslinie der Sender zu einem stabilen richtungsabhängigen Interferenzmuster führt. Ein solches richtungsabhängiges Interferenzmuster kann dann ebenfalls zu einer Positionsbestimmung verwendet werden. Da die stabilen richtungsabhängigen Interferenzmuster eines Senderdipols eine gewisse Unbestimmtheit aufweisen, ist es vorgesehen, zur Positionsbestimmung mindestens zwei Senderdipole zu verwenden.

[0014] Daher eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren bzw. das erfindungsgemäße System beispielsweise als Ergänzung für GPS-Empfänger in Bereichen schwacher oder nicht vorhandener GPS-Signale, die entsprechende, vom erfindungsgemäßen System ausgesandte Signale empfangen und so ihre Position alternativ zum GPS bestimmen können. Hierdurch wird eine gute Alternative bzw. Ergänzung zur GPS-Positionsbestimmung geschaffen.

[0015] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Bestimmung der Position eines (ggf. beweglichen) Empfängers mit folgenden Verfahrensschritten offenbart:

- Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer ersten Sendefrequenz mittels eines ersten Senders, wobei die erste Sendefrequenz mit einer ersten Modulationsfrequenz moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer zweiten Sendefrequenz mittels eines zweiten Senders, wobei die zweite Sendefrequenz mit der ersten Modulationsfrequenz moduliert wird, wobei sich die erste Sendefrequenz von der zweiten Sendefrequenz derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer ersten Schwebungsfrequenz ausbildet,
- Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer dritten Sendefrequenz mittels eines dritten Senders, wobei die dritte Sendefrequenz mit einer zweiten Modulationsfrequenz moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer vierten Sendefrequenz mittels eines vierten Senders, wobei die vierte Sendefrequenz mit der zweiten Modulationsfrequenz moduliert wird, und wobei sich die dritte Sendefrequenz von der vierten Sendefrequenz derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer zweiten Schwebungsfrequenz ausbildet,

- Bestimmen mindestens einer ersten Amplitude der ersten Schwebungsfrequenz an einer ersten in Relation zum Empfänger bekannten Position,
- Bestimmen mindestens einer zweiten Amplitude der zweiten Schwebungsfrequenz an einer zweiten in Relation zum Empfänger bekannten Position,
- Bestimmen der Position des Empfängers aus der ersten Amplitude und der zweiten Amplitude.

[0016] Die Idee der Erfindung besteht darin, dass jeder Senderdipol auf der Verbindungslinie ein stabiles ortsabhängiges Interferenzmuster generiert, wobei das genannte Interferenzmuster (also beispielsweise ein Maximum der Amplitude) außerhalb der Verbindungslinie auf einer Hyperbel, die sich im Nahfeld senkrecht zur Verbindungslinie erstreckt, erhalten bleibt. Diese Hyperbel entspricht im Fernfeld in sehr guter Näherung einer Gerade, die in Bezug auf die Verbindungslinie unter einem der Phasendifferenz entsprechenden, charakteristischen Winkel erscheint, wodurch ein stabiles richtungsabhängiges Interferenzmuster ausgebildet wird. Mit anderen Worten kann aus einer charakteristischen Amplitude (also beispielsweise ein Maximum der Amplitude) eines Senderdipols im Fernfeld (des Senderdipols) auf einen Winkel des Empfängers zum Senderdipol (beispielsweise zur Verbindungslinie) geschlossen werden.

[0017] Die Position des Empfängers wird also aus der ersten Amplitude, der zweiten Amplitude sowie der jeweiligen Position und Ausrichtung der Senderdipole bestimmt.

[0018] Grundsätzlich kann der ermittelte Richtungswinkel dem Empfänger unter zwei verschiedenen Winkeln bezogen auf seine Hauptachse erscheinen, so dass die Verwendung lediglich eines Senderdipols sowohl eine Unbestimmtheit bezüglich des tatsächlichen Winkels als auch eine Unkenntnis des Abstands zum Senderdipol bedeutet. Die Verwendung von mindestens zwei Senderdipolen ermöglicht (unter Kenntnis der jeweiligen Position und Ausrichtung der Senderdipole) jedoch eine exakte Ermittlung der Absolutposition des Empfängers.

[0019] Es werden für die Schwebungsfrequenzen vorzugsweise sich nicht überlappende Frequenzbänder (pro Senderdipol ein Frequenzband) verwendet, um Interferenzen der unterschiedlichen Senderdipole zu verhindern, da diese die Stabilität der richtungsabhängigen Interferenzmuster beeinträchtigen würde.

[0020] Mit den genannten Verfahren können beliebig viele Empfänger gleichzeitig ihre (Absolut-)Position bestimmen. Durch Hinzunahme weiterer Senderdipole kann die Genauigkeit des Verfahrens weiter verbessert werden. Es ist weiter bevorzugt, dass sich der mindestens eine Empfänger außerhalb eines der Nahfelder der Senderdipole befindet, da im Nahfeld kein stabiles richtungsabhängiges Interferenzmuster vorhanden ist. Im Falle genügend vieler Senderdipole kann sich der mindestens eine Empfänger aber auch im Nahfeld eines der Senderdipole befinden, da seine exakte Position aus den Signalen der (mindestens zwei) anderen Senderdipole abgeleitet werden kann.

[0021] Das Fernfeld eines aus zwei Sendern bestehenden Senderdipols ist im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Bereich aller Raumkoordinaten, deren minimaler Abstand zum nächstgelegenen Sender des Senderdipols mindestens das Doppelte, bevorzugter mindestens das Dreifache, noch bevorzugter mindestens das Fünffache und noch bevorzugter mindestens das Zehnfache des Abstandes zwischen den Sendern des Senderdipols beträgt. Das Nahfeld eines aus zwei Sendern bestehenden Senderdipols ist im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Bereich aller Raumkoordinaten, deren maximaler Abstand zu dem nächstgelegenen Sender des Senderdipols höchstens das Zehnfache, bevorzugter höchstens das Fünffache, noch bevorzugter höchstens das Dreifache und noch bevorzugter höchstens Doppelte des Abstandes zwischen den Sendern beträgt. Im Sinne der vorliegenden Erfindung grenzen Nahfeld und Fernfeld direkt aneinander.

[0022] Die Verwendung eines Referenzsignals oder einer hochsynchronen Uhr ist erfindungsgemäß nicht notwendig. Da die Sender beispielsweise innerhalb eines nichtlinear verlaufenden Tunnels positioniert werden können, wäre es möglich, die Position eines im Tunnel durchfahrenden Pkws (auch bei Nichtempfang eines GPS-Signals) hochpräzise und sehr preiswert zu bestimmen.

[0023] Vorzugsweise sind die erste in Relation zum Empfänger bekannte Position und die zweite in Relation zum Empfänger bekannte Position identisch. Vorzugsweise erfolgt die Bestimmung der Amplituden direkt am Empfänger.

[0024] Vorzugsweise beträgt der Abstand zwischen den zu einem Dipol gehörenden Sendern ein Viertel der jeweiligen Schwebungsfrequenz.

[0025] Des Weiteren ist es bevorzugt, dass der Abstand des mindestens einen Empfängers zu mindestens zwei Senderdipolen mindestens das Doppelte, bevorzugter mindestens das Dreifache, noch bevorzugter mindestens das Fünffache und noch

[0026] bevorzugter mindestens das Zehnfache des Abstandes zwischen den jeweiligen Sendern der Senderdipole beträgt, da sich unter dieser Bedingung stabile richtungsabhängige Interferenzmuster bilden, aus den die Absolutposition des Empfängers (bei Kenntnis der Absolutposition der mindestens zwei Senderdipole) besonders genau ermittelt werden kann.

[0027] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein System zur Positionsbestimmung offenbart, umfassend:

- einen ersten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer ersten Sendefrequenz, einen zweiten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer zweiten Sendefrequenz und einen ersten Modulator jeweils zur Modulation der ersten Sendefrequenz und der zweiten Sendefrequenz mit einer ersten Modulationsfrequenz, wobei sich die erste Sendefrequenz von der zweiten Sendefrequenz derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer ersten Schwebungsfrequenz ausbildet,
- einen dritten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer dritten Sendefrequenz, einen vierten Sender zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer vierten Sendefrequenz und einen zweiten Modulator jeweils zur Modulation der dritten Sendefrequenz und der vierten Sendefrequenz mit einer zweiten Modulationsfrequenz, wobei sich die dritte Sendefrequenz von der vierten Sendefrequenz derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer zweiten Schwebungsfrequenz ausbildet,
- wobei der erste Sender und der zweite Sender als erster Dipol und der dritte Sender und der vierte Sender als zweiter Dipol gruppiert sind und der Abstand zwischen den Sendern eines Dipols jeweils kleiner als der Abstand der Sender des Dipols zu einem Sender eines benachbarten Dipols ist,
- Mittel zum Bestimmen mindestens einer ersten Amplitude der ersten Schwebungsfrequenz an einer ersten in Relation zum Empfänger bekannten Position,
- Mittel zum Bestimmen mindestens einer zweiten Amplitude der zweiten Schwebungsfrequenz an einer zweiten in Relation zum Empfänger bekannten Position,
- Mittel zum Bestimmen der Position des Empfängers aus der ersten Amplitude und der zweiten Amplitude.

[0028] Die Position des Empfängers wird somit aus der ersten Amplitude, der zweiten Amplitude sowie den bekannten Positionen und Ausrichtungen der Senderdipole bestimmt.

[0029] Vorzugsweise sind die erste in Relation zum Empfänger bekannte Position und die zweite in Relation zum Empfänger bekannte Position identisch. Vorzugsweise erfolgt die Bestimmung der Amplituden direkt am Empfänger.

[0030] Des Weiteren ist es bevorzugt, dass der Abstand des mindestens einen Empfängers zu mindestens zwei Senderdipolen mindestens das Doppelte, bevorzugter mindestens das Dreifache, noch bevorzugter mindestens das Fünffache und noch bevorzugter mindestens das Zehnfache des Abstandes zwischen den jeweiligen Sendern des Senderdipols beträgt, da sich unter dieser Bedingung stabile richtungsabhängige Interferenzmuster bilden, aus den die Absolutposition des Empfängers (bei Kenntnis der Absolutposition und Ausrichtung der mindestens zwei Senderdipole) besonders genau ermittelt werden kann.

[0031] Vorzugsweise unterscheiden sich sämtliche Schwebungsfrequenzen voneinander. Ferner bevorzugt ist, dass die Amplituden zum gleichen Zeitpunkt bestimmt werden. Vorzugsweise sind der erste Modulator und der zweite Modulator durch einen Modulator integriert ausgebildet, der mit allem Sendern verbunden ist. Alternativ ist es möglich, dass die Modulatoren direkt in den Sendern (oder Senderdipolen) integriert sind.

[0032] Bevorzugt ist es vorgesehen, dass die Sendefrequenzen und die Modulationsfrequenzen genormt sind. Dann kann der Empfänger nach Ermittlung der Amplituden selbsttätig durch entsprechende mathematische Umformungen seine Position bestimmen.

[0033] Alternativ ist es jedoch auch möglich, dass das erfindungsgemäße System zur Positionsbestimmung je nach Anwendungsbereich mit unterschiedlichen (auch zeitlich variablen) Sende- und Modulationsfrequenzen arbeitet und die Sender möglicherweise in sich ändernden Abständen zueinander positioniert sind oder positioniert werden. Dann ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass mindestens einer der Sender dem Empfänger entsprechende Daten über die Sende-/Modulationssequenzen und ggf. über die sich ändernden Positionen der Sender übermittelt, so dass der Empfänger dann mittels eines Datenverarbeitungsgerätes und der übermittelten Daten nach Ermittlung der Amplituden seine Position selbsttätig rechnerisch bestimmen kann.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0035] Es zeigen:

[0036] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes System zur Positionsbestimmung in einer schematischen Darstellung gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante,

[0037] Fig. 2 ein erfindungsgemäßes System zur Positionsbestimmung in einer schematischen Darstellung gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsvariante,

[0038] Fig. 3 bis Fig. 5 die Interferenzcharakteristik der verwendeten Senderdipole in einer schematischen Darstellung,

[0039] Fig. 6a das von einem Empfänger empfangene Schwebungssignal an einer auf der Verbindungslinie zwischen den Sendern befindlichen ersten Position, wobei die Sendefrequenzen nicht moduliert werden,

[0040] Fig. 6b das von einem Empfänger empfangene Schwebungssignal an einer auf der Verbindungslinie zwischen den Sendern befindlichen zweiten Position, wobei die Sendefrequenzen nicht moduliert werden,

[0041] Fig. 7a das von einem Empfänger empfangene Schwebungssignal an einer auf der Verbindungslinie zwischen den Sendern befindlichen ersten Position, wobei die Sendefrequenzen moduliert werden, und

[0042] Fig. 7b das von einem Empfänger empfangene Schwebungssignal an einer auf der Verbindungslinie zwischen den Sendern befindlichen zweiten Position, die gegenüber der ersten Position (Fig. 7a) verschoben ist, wobei die Sendefrequenzen moduliert werden.

[0043] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Systems gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante. Dieses erfindungsgemäße System umfasst zwei Senderdipole D1 und D2, die durch vier Sender S1 bis S4 ausgebildet sind, einen Empfänger E und einen Modulator 3.

[0044] Erfindungsgemäß sind die Sender S1 bis S4 mit dem Modulator 3 verbunden, der die Sendefrequenzen f_1 bis f_4 jeweils mit einer Modulationsfrequenz f_{M1} bzw. f_{M2} moduliert. Der Empfänger E, der sich vorzugsweise innerhalb eines Raumes bewegt, wobei sich Senderdipole D1 und D2 an den Kanten des Raumes befinden (alternativ befindet sich der Empfänger E im durch die Strahlung der Senderdipole D1 und D2 gebildeten Überlappungsbereichs), kann nun seine Position eigenständig und kontaktlos durch die ausgesendeten Richtungswinkel der Senderdipole D1 und D2 (bei Kenntnis der Positionen und Ausrichtung der Senderdipole D1 und D2) bestimmen.

[0045] Ein besonderer Vorteil besteht darin, dass die Sender S1 bis S4 weder über eine hochsynchronen Uhr, noch ein Referenzsignal verfügen müssen. Weiterhin kann der Empfänger E preiswert hergestellt werden, da er lediglich zum Empfangen der Amplituden der niederfrequenten Strahlungssignale geeignet sein muss. Aus den gesendeten „Richtungswinkeln“ (Amplituden der Schwebungen) der Senderdipole D1 und D2 kann der Empfänger E stets seine Absolutposition und damit im Falle mehrerer aufeinanderfolgender Messungen seinen Bewegungsverlauf bestimmen. Anhand der in Fig. 3 bis Fig. 5 gezeigten Interferenzcharakteristik der verwendeten Senderdipole (hier D1) soll die Wirkungsweise der vorliegenden Erfindung näher erläutert werden.

[0046] Dazu wird zunächst die Interferenzcharakteristik eines Schwebungssignals entlang einer Verbindungslinie zwischen zwei Sendern S1 und S2 näher erläutert. Ein in den Fig. 6a und Fig. 6b gezeigtes Schwebungssignal würde der Empfänger E beispielsweise auf einer Verbindungslinie zwischen zwei Sendern S1 und S2 empfangen, wenn die zur Schwebung führenden Träger- bzw. Sendefrequenzen f_1 , f_2 der Sender S1 und S2 nicht moduliert sind. Zwar würde sich bei der Bewegung des Empfängers E (entlang der Verbindungslinie) dessen relative Position zu den Sendern S1, S2 ändern und damit eine Phasenverschiebung des empfangenen Schwebungssignals erfolgen (siehe Fig. 6b), jedoch könnte der Empfänger E im Falle nichtmodulierter Sendefrequenzen f_1 , f_2 seine Relativbewegung nur dann bestimmen, wenn er mit den Sendern S1, S2 synchronisiert wäre oder ein Referenzsignal von mindestens einem der Sender S1, S2 erhielte.

[0047] Werden jedoch die Sendefrequenzen f_1 , f_2 moduliert (Fig. 7a und Fig. 7b), wird auch das Schwebungsbild, also die im Empfänger E empfangene Schwebungsfrequenz f_{S1} in ihrer Intensität (Amplitude) moduliert. Die am Empfänger E erzeugte Schwebung weist, wie in Fig. 7a ersichtlich, ein Hauptmaximum und zwei Nebenmaxima auf. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 7 betragen die Sendefrequenzen $f_1 = 16,40$ MHz und $f_2 =$

15,76 MHz. Die resultierende Schwebungsfrequenz beträgt $f_s = 0,32$ MHz und die gemeinsame Modulationsfrequenz beträgt $f_{M1} = 0,16$ MHz.

[0048] Die Zeitwerte (der x-Achsen der **Fig. 6** und **Fig. 7**) sind mit dem Faktor 10^{-6} s zu versehen. Es ist erkennbar, dass sich das Modulationsbild der Schwebung sehr stark ändert (siehe **Fig. 7b**), wenn sich der Empfänger E auf der Verbindungslinie zwischen zwei Sendern S1 und S2 bewegt, wodurch eine Phasenverschiebung der Sendesignale hervorgerufen wird.

[0049] Eine solche Phasenverschiebung führt zu einer Veränderung der Amplitude der Nebenmaxima (des mindestens einen Nebenmaximums). Der Empfänger E kann nun die Amplitude des mindestens einen Nebenmaximums bestimmen und daraus sehr einfach seine Relativverschiebung (entlang der Verbindungslinie) berechnen. Dazu ist es allerdings notwendig, dass der Empfänger E neben den Amplitudenwerten sämtliche Sende- und Modulationsfrequenzen kennt. In **Fig. 7b** befand sich der Empfänger E auf der Verbindungslinie zwischen den Sendern S1 und S2 und die Relativverschiebung des Empfängers E (**Fig. 7a** zu **Fig. 7b**) betrug zirka $\Delta x = 3$ mm.

[0050] Es ist ersichtlich, dass ein bestimmtes Interferenzmuster (**Fig. 7a** und **Fig. 7b**) mit einem bestimmten Abstand der Empfängers E zwischen den Sendern S1 und S2 korrespondiert. Da sich das Interferenzmuster (**Fig. 7a** und **Fig. 7b**) periodisch wiederholt, kann der Empfänger E durch lediglich eine Messung (der Amplituden zu einem Zeitpunkt) nicht seine Absolutposition zwischen den Sendern S1 und S2, sondern nur seine Relativposition bei sich wiederholenden, aufeinanderfolgenden Messungen bestimmen. Bei anfänglicher Kenntnis der Absolutposition lässt sich dieselbe bei aufeinanderfolgenden Messungen (Bestimmung der Relativposition) jedoch nachverfolgen.

[0051] Es wird bei den obigen Erläuterungen davon ausgegangen, die gemeinsame Modulationsfrequenz vorzugsweise ein Vielfaches der entstehenden Schwebefrequenz ist.

[0052] Die Sender senden folgende Signale aus:

$$s_1(t) = \sin(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_m t)$$

$$s_2(t) = \sin(2\pi f_2 t) \cos(2\pi f_m t)$$

[0053] Durch die Überlagerung der beiden Sendesignale entsteht unter gewissen Voraussetzungen und Vereinfachungen folgendes Interferenzsignal

$$r(t) = \sin \left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t - 2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} \Delta t \right) \cos \left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t - 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} \Delta t \right) \cos(2\pi f_m (t - \Delta t))$$

mit einem hochfrequenten Trägersignal und einem niederfrequenten Schwebungssignal sowie einer Phasenverschiebung, die durch die unterschiedlichen Laufzeiten der Signale entstehen, wenn der Empfänger um die Strecke Δx aus der Mitte zwischen beiden Sendern in Richtung eines der Sender verschoben wird. Nach einer ersten Tiefpassfilterung (Entfernen des Trägersignals) kann ein Empfänger folgendes Signal auswerten:

$$r(t) = \cos \left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t - 2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} \Delta t \right) \cos(2\pi f_m t - 2\pi f_m \Delta t)$$

[0054] Aufgrund der unterschiedlichen Phasenlagen kann ein Empfänger die örtliche Verschiebung Δx und damit seine eigene Position rekonstruieren. Hierfür eignen sich unter anderem Standardverfahren wie die FFT und die Korrelation mit vorausberechneten Mustern (Templates). In Matthias Schneider, Ralf Salomon: The LSB Procedure: Signal Analysis Proceedings of the 2nd International Conference on Positioning and Context-Awareness (POCA 2011), pp. 9-14, ISBN: 978-94-90705-04-6, Brüssel, März 2011, befinden sich hierfür de-

taillierte Erläuterungen. Aufgrund der Periodizität der beteiligten harmonischen Signale kann eine direkte Rekonstruktion nur innerhalb einer halben Wellenlänge des hochfrequenten Signals erfolgen. Darüber hinaus muss mit erweiterten Methoden, z.B. Zählen von Nulldurchgängen analog zum Laserinterferometer, gearbeitet werden. Ferner sei angemerkt, dass die Hüllkurven nicht „wirklich“ existieren, sondern virtuelle Objekte aufgrund der harmonischen Schwingungen sind. Entsprechend ist die eindeutige Rekonstruktion auf Verschiebung Δx auf eine halbe Periode der Hüllkurve beschränkt.

[0055] Gemäß einer in **Fig. 3** bis **Fig. 5** gezeigten bevorzugten Ausführungsvariante wird der Dipol D1 so konfiguriert, dass die beiden Sender S1 und S2 den Abstand D haben und die Frequenzen f_1 und f_2 so gewählt werden, dass die resultierende Wellenlänge $\lambda = 2D$ der doppelten Ausdehnung des Dipols D1 entspricht. Als Beispiel sei angenommen: $D = 4 \text{ m}$, $(f_1 + f_2)/2 = c/\lambda = c/2D = 75 \text{ MHz}$, also beispielsweise $f_1 = 76 \text{ MHz}$ und $f_2 = 74 \text{ MHz}$.

[0056] Mit dieser Konfiguration bildet sich an jedem Ort zwischen den beiden Sendern S1 und S2 ein eindeutiges Interferenzmuster aus (wie in **Fig. 7** bereits erläutert wurde), das eindeutig zur Rekonstruktion verwendet werden kann. Die erzielbare Genauigkeit hängt dann nur noch von der Qualität des Empfängers ab. Mit einfachen Bauteilen kann eine Auflösung der harmonischen Signale von 1° erreicht werden; mit anderen Worten, die erzielbare Auflösung liegt bei etwa 1 cm. Die ortsbedingten Interferenzmuster resultieren aus den unterschiedlichen Laufzeiten vom Empfänger E zu den beiden Sendern S1 und S2. Außerhalb des Dipols D1 beschreiben die Orte mit konstanter Laufzeitdifferenz, was äquivalent zu Längendifferenzen ist, Hyperbeln. Dieser Zusammenhang ist in den **Fig. 4** und **Fig. 5** anhand einer Hyperbel illustriert. **Fig. 3** zeigt zwei Sender S₁ und S₂, die den Abstand D voneinander haben. In dieser Figur hat der Empfänger E die Entfernung L₁ und L₂ zu den beiden Sendern S₁ und S₂. Ferner ist angenommen, dass längs dieser Hyperbel der Empfänger E ein Interferenzmuster wahrnimmt, das der Entfernung x vom Mittelpunkt beider Sender S1 und S2 entspricht. An diesem Mittelpunkt beträgt der entsprechende Laufzeitunterschied dem Doppelten von x, da der Empfänger einmal um diesen Betrag dichter an Sender S₁ ist und zweitens um diesen Betrag weiter weg von Sender S₂ ist. Damit die Laufzeitunterschiede identisch bleiben, muss zwangsläufig gelten: $L_2 = L_1 + 2x$. Für den Empfangsort (längs der Hyperbel) dann gilt nach dem Kosinussatz:

$$\begin{aligned} L_2^2 &= L_1^2 + D^2 - 2L_1D \cos \alpha \\ (L_1 + 2x)^2 &= L_1^2 + D^2 - 2L_1D \cos \alpha \\ \cos \alpha &= \frac{L_1^2 + D^2 - (L_1 + 2x)^2}{2L_1D} \\ \cos \alpha &= \frac{D^2 - 4L_1x - 4x^2}{2L_1D} \end{aligned}$$

und mit $x \ll L_1$ und für genügend große Entfernungen $L_1 \gg D$ vom Dipol ergibt sich:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &\approx \frac{D^2 - 4L_1x}{2L_1D} \\ \cos \alpha &\approx \frac{D}{2L_1} - \frac{2x}{D} \\ \cos \alpha &\approx -\frac{2x}{D} \end{aligned}$$

für den Winkel β , der Abweichung aus der Senkrechten bezüglich des Dipols, gilt $\beta = \alpha - 90^\circ$, was aufgrund der fundamentalen trigonometrischen Beziehungen wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$\beta = \arcsin \frac{2x}{D}$$

[0057] Diese Betrachtungen sind in [Fig. 4](#) für zehn sogenannte „Isobaren“ I illustriert, also Orte mit einem gleichen Interferenzmuster. [Fig. 4](#) offenbart die folgenden Einzelheiten für die gegebene Konfiguration (Frequenzen f_1 und f_2 so, dass eine eindeutige Auflösung innerhalb der gesamten Ausdehnung D des Dipols D1 möglich ist):

- a) längs des Dipols kann überall eindeutig eine Winkelinformation abgeleitet werden;
- b) es kann hingegen nicht aufgelöst werden, ob sich ein Empfänger rechts oder links vom Dipol befindet;
- c) „querab“ vom Dipol sind die Isobaren dichter als weiter oben und weiter unten vom Dipol, wie durch die Beziehung $\beta = \arcsin(2x/D)$ gegeben;
- d) ab einer Entfernung, die der Ausdehnung D des Dipols D1 entspricht, erscheinen die Isobaren I in sehr guter Näherung als Geraden ([Fig. 5](#)).

[0058] Erfindungsgemäß werden sämtliche Dipole in der oben beschriebenen Weise konfiguriert.

[0059] Aus den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) ist ersichtlich, dass die zu den entsprechenden Interferenzmustern ([Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#)) führenden Phasendifferenzen zwischen den überlagerten Signalen der Sender S1 und S2 auch außerhalb der zwischen den Sendern S1 und S2 verlaufenden Verbindungslinie auftreten. Das führt dazu, dass der Empfänger E an allen Orten (außerhalb der Verbindungslinie) mit einer konstanten Wegdifferenz das gleiche Interferenzmuster empfängt und somit den gleichen „Abstand“ ermittelt.

[0060] Diese Abstandsinformation ist das direkte Resultat aus der vom Empfänger E ermittelten Phasenverschiebung, die sich im Interferenzmuster ausdrückt. Die in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigten „Isobaren“ (Orte gleicher Phasendifferenz) sind Hyperbeln. In größeren Entfernungen (d.h. im Fernfeld) nähern sich diese Hyperbeln einfachen Geraden an ([Fig. 5](#)); so dass sich die von einem Senderdipol (D1 und D2) erzeugten charakteristischen Interferenzmuster im Fernfeld entlang einer Geraden erstrecken, die vom Zentrum des Senderdipols sternförmig divergieren, so dass der Senderdipol als Stern betrachtet werden kann ([Fig. 5](#)).

[0061] Durch die Hyperbelbeziehung und bei bekanntem Abstand der Sender (eines Dipols) kann das Empfangssignal (Amplitude) vom Empfänger E als derjenige Winkel interpretiert werden, unter dem der Senderdipol vom Empfänger E aus betrachtet erscheint, d.h. aus dem vom Empfänger E empfangenen Interferenzmuster kann auf den Winkel geschlossen werden, unter dem der Empfänger E zur Verbindungslinie zwischen den Sendern S1 und S2 angeordnet ist.

[0062] Bei einem (bevorzugten) Abstand der jeweiligen Sender eines Dipols von ein Viertel der Wellenlänge der Schwebungsfrequenz variieren die ermittelten Winkel von $-90^\circ, \dots, 0^\circ, \dots, +90^\circ$ und zwar sowohl „unterhalb“ als auch „oberhalb“ des Dipols. Vorzugsweise sind die Verbindungslinien aller Dipole in einer Ebene angeordnet. Somit gibt es jeden Winkel zwei Mal.

[0063] Aufgrund der Bedingung a) kann eine eindeutige Lokalisierung innerhalb eines „Raumes“ durchgeführt werden, sofern sich die Dipole D1 und D2 an den Kanten bzw. Ecken befinden. Eine entsprechende Konfiguration ist in [Fig. 1](#) veranschaulicht. Soll auch der Empfänger E außerhalb eines Dipols eindeutig lokalisiert werden, ist mindestens ein dritter Dipol notwendig.

[0064] Wie aus [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ersichtlich ist, sind die „Isobaren“ I ungleich verteilt. Daher kann es im Einzelfall sinnvoll sein, die beiden Dipole D1 und D2 in den Ecken eines Raums anzuordnen und um jeweils 45° nach innen zu drehen, wie in [Fig. 2](#) veranschaulicht. Auch hier gilt, dass sich die Lokalisierungsgenauigkeit mit der Hinzunahme weiterer Dipole verbessert lässt.

[0065] Die Lokisierungsauflösung kann unabhängig von den technischen Möglichkeiten des Empfängers verbessert werden, wenn die Dipole während der Positionsbestimmung (vorzugsweise zeitlich versetzt) neu konfiguriert werden. Beispielsweise könnte man die Sendefrequenzen erhöhen (verdoppeln). Dies würde zu einer Verdopplung der Zahl der „Isobaren“ führen. Entsprechend wäre die Auflösung aus Sicht des Empfängers E doppelt so gut. Mit anderen Worten kann in einer bevorzugten Ausführungsvariante eine Groblokalisierung und eine zeitlich versetzte Feinlokalisierung erfolgen, beispielsweise durch eine zeitliche Variation der Sendefrequenzen. So kann die „Winkelauflösung“ des Dipols durch die Sendefrequenzen bzw. den Abstand der Sender variiert werden.

[0066] Die „Isobaren“ I können zeitlich versetzt (oder alternativ zeitgleich) ein zweites Mal, jedoch mit einem feineren Linienspektrum aufgebaut werden, beispielsweise durch einen größeren Abstand der Sender zueinander und/oder durch eine höhere Sendefrequenz.

[0067] Damit der Empfänger nicht etwa fortlaufend umprogrammiert werden muss, werden vorzugsweise nicht modulierte Nutzsignale (Signalfrequenzen) direkt ausgesendet und überlagert, was eine hohe Störanfälligkeit zur Folge haben kann, sondern diese Nutzsignale über ein höherfrequentes Trägersignal, zunächst zum Empfänger gesendet, dort demoduliert und erst dann zu einer Schwebung überlagert, aus der dann die Position des Empfängers bestimmt werden kann. Durch die Modulation und Demodulation des Nutzsignals wirken sich ggf. auftretende Störungen der Trägersignale auf das (demodulierte) Nutzsignal nicht bzw. weniger stark aus und außerdem muss der Empfänger nicht fortlaufend auf die unterschiedlichen Sendefrequenzen umprogrammiert werden. Durch parallele Verwendung (vorzugsweise zeitlich versetzt gesendeter) unterschiedlicher Interferenzmuster, die aufgrund unterschiedlicher Sendefrequenzen und/oder unterschiedlicher Abstände zwischen den Sendern jeweils unterschiedliche (stabile und richtungsabhängige) Interferenzmuster mit unterschiedlicher Winkelauflösung liefern, kann sowohl ein großer Winkelbereich als auch eine hohe Auflösung der Winkelbestimmung erreicht werden.

[0068] Da die Dipole D1 und D2 jeweils Richtungsinformationen in bestimmten Winkelbereichen und mit einer bestimmten Winkelauflösung aussenden, ist es in einem Bereich, in dem sich diese Richtungsinformationen überlagern (nicht durch Interferenz, sondern die Richtungsinformationen können getrennt voneinander aber am gleichen Ort empfangen werden), möglich, auf den oder einen möglichen Winkel zu schließen, unter dem der Empfänger E zum jeweiligen Dipol (also zur Verbindungslinie zwischen den jeweiligen Sendern) angeordnet ist. Liegen diese Informationen zu mindestens zwei Dipolen vor, kann der Empfänger E bei Kenntnis der Absolutposition und der Ausrichtung der mindestens zwei Dipole ggf. exakt auf seine eigene Absolutposition anhand bekannter trigonometrischer Positionen (durch lediglich eine Messung der Amplituden und ohne anfängliche Kenntnis der Absolutposition) schließen – siehe [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Das Auflösen der entsprechenden Gleichungen nach den Winkeln bzw. der Absolutposition kann dann explizit oder auch numerisch unter Zuhilfenahme entsprechender Rechenprogramme, wie beispielsweise Mathematica, vorgenommen werden.

Bezugszeichenliste

D1	erster Senderdipol
D2	zweiter Senderdipol
S1	erster Sender
S2	zweiter Sender
S3	dritter Sender
S4	vierter Sender
3	Modulator
E	Empfänger
I	Orte konstanter Interferenzmuster („Isobare“)

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006059623 B3 [0006, 0007, 0008]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Matthias Schneider, Ralf Salomon: The LSB Procedure: Signal Analysis Proceedings of the 2nd International Conference on Positioning and Context-Awareness (POCA 2011), pp. 9-14, ISBN: 978-94-90705-04-6, Brüssel, März 2011 [0054]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Position eines Empfängers (E), mit einem ersten Senderdipol (D1) und einem zweiten Senderdipol (D2), wobei der erste Senderdipol (D1) einen ersten Sender (S1) und einen zweiten Sender (S2) und der zweite Senderdipol (D2) einen dritten Sender (S3) und einen vierten Sender (S4) aufweisen, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer ersten Sendefrequenz (f_1) mittels des ersten Senders (1), wobei die erste Sendefrequenz (f_1) mit einer ersten Modulationsfrequenz (f_{M1}) moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer zweiten Sendefrequenz (f_2) mittels des zweiten Senders (2), wobei die zweite Sendefrequenz (f_2) mit der ersten Modulationsfrequenz (f_{M1}) moduliert wird, und wobei sich die erste Sendefrequenz (f_1) von der zweiten Sendefrequenz (f_2) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer ersten Schwebungsfrequenz (f_{S1}) ausbildet,
- Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer dritten Sendefrequenz (f_3) mittels des dritten Senders (3), wobei die dritte Sendefrequenz (f_3) mit einer zweiten Modulationsfrequenz (f_{M2}) moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer vierten Sendefrequenz (f_4) mittels des vierten Senders (4), wobei die vierte Sendefrequenz (f_4) mit der zweiten Modulationsfrequenz (f_{M2}) moduliert wird, und wobei sich die dritte Sendefrequenz (f_3) von der vierten Sendefrequenz (f_4) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) ausbildet,
- Bestimmen mindestens einer ersten Amplitude (A_1) der ersten Schwebungsfrequenz (f_{S1}) an einer ersten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position,
- Bestimmen mindestens einer zweiten Amplitude (A_2) der zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) an einer zweiten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position,
- Bestimmen der Position des Empfängers (E) aus der ersten Amplitude (A_1) und der zweiten Amplitude (A_2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste in Relation zum Empfänger (E) bekannte Position und die zweite in Relation zum Empfänger (E) bekannte Position identisch sind.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (D) zwischen dem ersten Sender (S1) und dem zweiten Sender (S2) ein Viertel der ersten Schwebungsfrequenz (f_{S1}) beträgt, und/oder der Abstand zwischen dem dritten Sender (S3) und dem vierten Sender (S4) ein Viertel der zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgenden weiteren Verfahrensschritten: Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer fünften Sendefrequenz (f_5) mittels des fünften Senders (5), wobei die fünfte Sendefrequenz (f_5) mit einer dritten Modulationsfrequenz (f_{M3}) moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer sechsten Sendefrequenz (f_6) mittels des sechsten Senders (6), wobei die sechste Sendefrequenz (f_6) mit der dritten Modulationsfrequenz (f_{M3}) moduliert wird, und wobei sich die fünfte Sendefrequenz (f_5) von der sechsten Sendefrequenz (f_6) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer dritten Schwebungsfrequenz (f_{S3}) ausbildet, Bestimmen mindestens einer dritten Amplitude (A_3) der dritten Schwebungsfrequenz (f_{S3}) an einer dritten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position, wobei die Position des Empfängers (E) aus der ersten Amplitude (A_1), der zweiten Amplitude (A_2) und der dritten Amplitude (A_3) bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, mit folgenden weiteren Verfahrensschritten:

Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer siebten Sendefrequenz (f_7) mittels des siebten Senders (7), wobei die siebte Sendefrequenz (f_7) mit einer vierten Modulationsfrequenz (f_{M4}) moduliert wird, und Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer achten Sendefrequenz (f_8) mittels des achten Senders (8), wobei die achte Sendefrequenz (f_8) mit der vierten Modulationsfrequenz (f_{M4}) moduliert wird, und wobei sich die siebte Sendefrequenz (f_7) von der achten Sendefrequenz (f_8) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer vierten Schwebungsfrequenz (f_{S4}) ausbildet, Bestimmen mindestens einer vierten Amplitude (A_4) der vierten Schwebungsfrequenz (f_{S4}) an einer vierten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position, und wobei die Position des Empfängers (E) aus der ersten Amplitude (A_1), der zweiten Amplitude (A_2), der dritten Amplitude (A_3) und der vierten Amplitude (A_4) bestimmt wird.

6. System zur Positionsbestimmung, aufweisend:

- einen ersten Sender (S1) zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer ersten Sendefrequenz (f_1),
- einen zweiten Sender (S2) zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer zweiten Sendefrequenz (f_2)
- und einen ersten Modulator (3) zur Modulation der ersten Sendefrequenz (f_1) und der zweiten Sendefrequenz (f_2).

(f_2) jeweils mit einer ersten Modulationsfrequenz (f_{M1}), wobei sich die erste Sendefrequenz (f_1) von der zweiten Sendefrequenz (f_2) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer ersten Schwebungsfrequenz (f_{S1}) ausbildet,

– einen dritten Sender (S3) zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer dritten Sendefrequenz (f_3), einen vierten Sender (S4) zum Aussenden elektromagnetischer Strahlung einer vierten Sendefrequenz (f_4) und einen zweiten Modulator (3) zur Modulation der dritten Sendefrequenz (f_3) und der vierten Sendefrequenz (f_4) jeweils mit einer zweiten Modulationsfrequenz (f_{M2}), wobei sich die dritte Sendefrequenz (f_3) von der vierten Sendefrequenz (f_4) derart unterscheidet, dass sich eine Schwebung mit einer zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) ausbildet,

– wobei der erste Sender (S1) und der zweite Sender (S2) als erster Dipol (D1) und der dritte Sender (S3) und der vierte Sender (S4) als zweiter Dipol (D2) gruppiert sind, wobei der Abstand (D) zwischen den Sendern (S1, S2) eines Dipols (D1) jeweils kleiner als der Abstand der Sender (S1, S2) des Dipols (D1) zu einem Sender (S3, S4) eines benachbarten Dipols (D2) ist,

– Mittel zum Bestimmen mindestens einer ersten Amplitude (A_1) der ersten Schwebungsfrequenz (f_{S1}) an einer ersten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position,

– Mittel zum Bestimmen mindestens einer zweiten Amplitude (A_2) der zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) an einer zweiten in Relation zum Empfänger (E) bekannten Position,

– Mittel zum Bestimmen der Position des Empfängers (E) aus der ersten Amplitude (A_1) und der zweiten Amplitude (A_2).

7. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Sender eines Dipols (D1, D2) jeweils in einem Abstand, der einem Viertel der Schwebungsfrequenz des Dipols entspricht, zueinander angeordnet sind.

8. System nach einem der Ansprüche 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Modulator und der zweite Modulator in einem Modulator (3) integriert sind.

9. System nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Sender (S1, S2, S3, S4) derart ausgebildet sind, dass sich die erste Schwebungsfrequenz (f_{S1}) von der zweiten Schwebungsfrequenz (f_{S2}) unterscheidet.

10. System nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zum Bestimmen der ersten Amplitude (A_1) und das Mittel zum Bestimmen der zweiten Amplitude (A_2) derart ausgebildet sind, dass die Amplituden (A_1 , A_2) gleichzeitig bestimmt werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

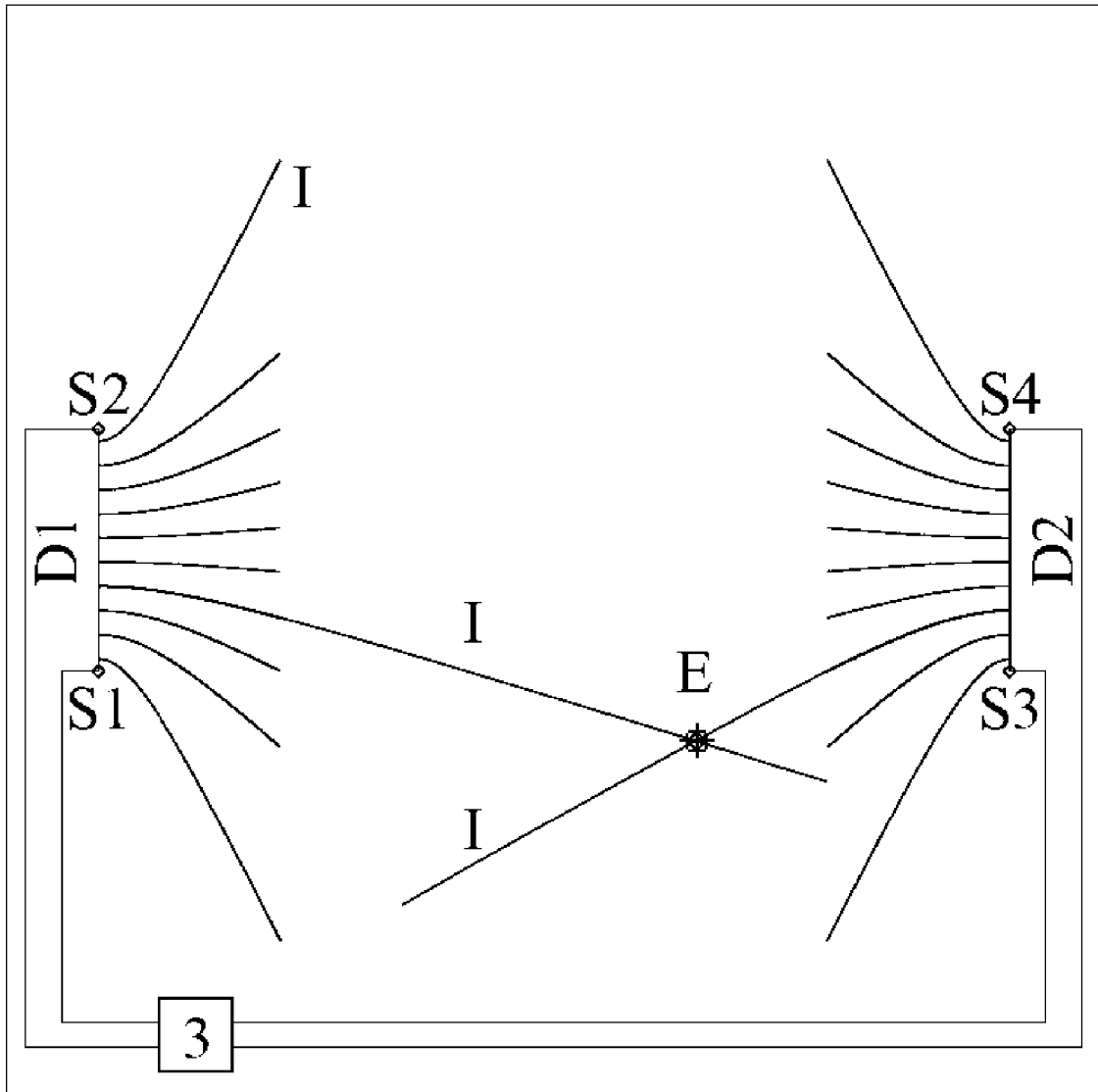


Fig. 1

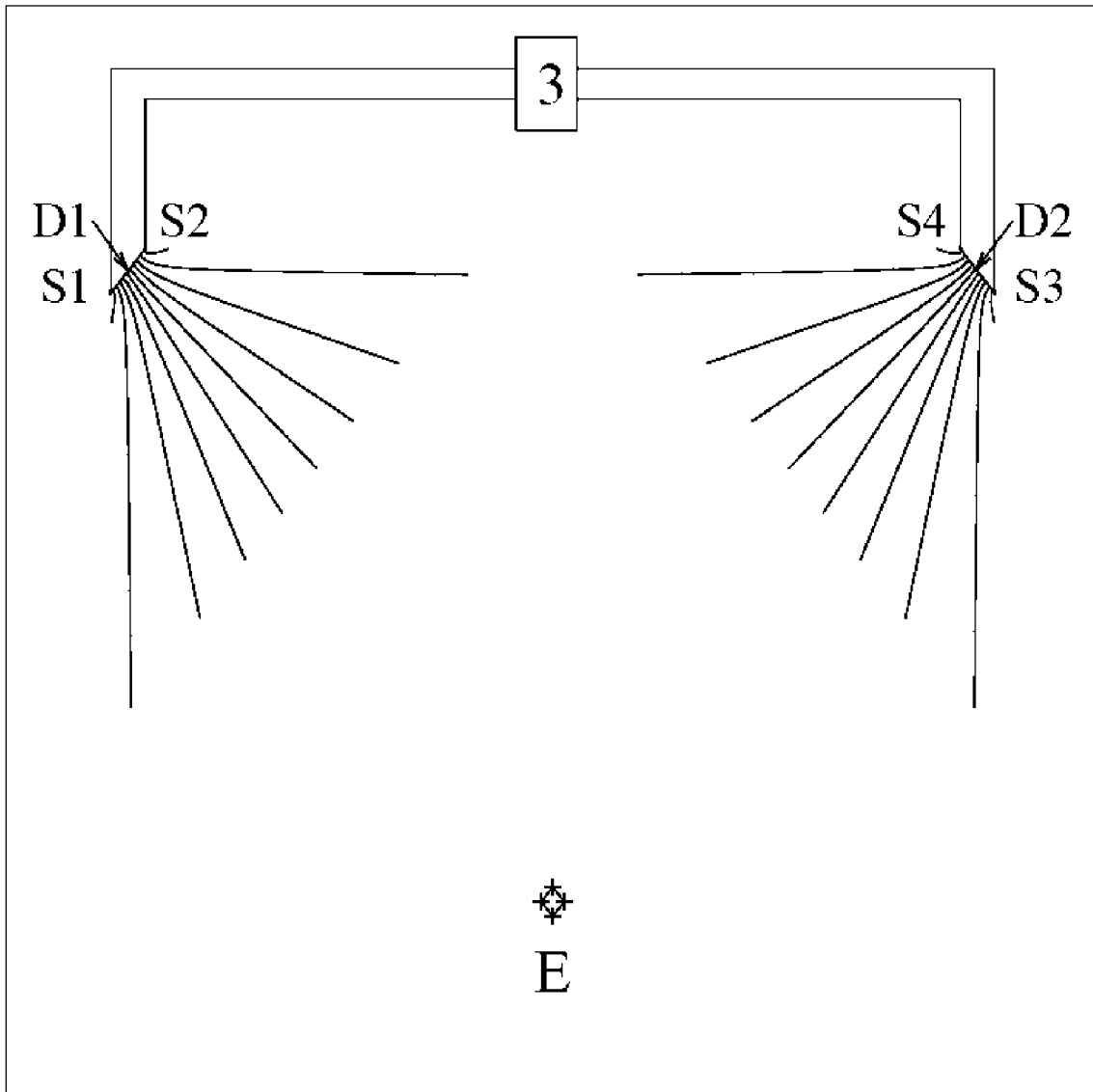


Fig. 2

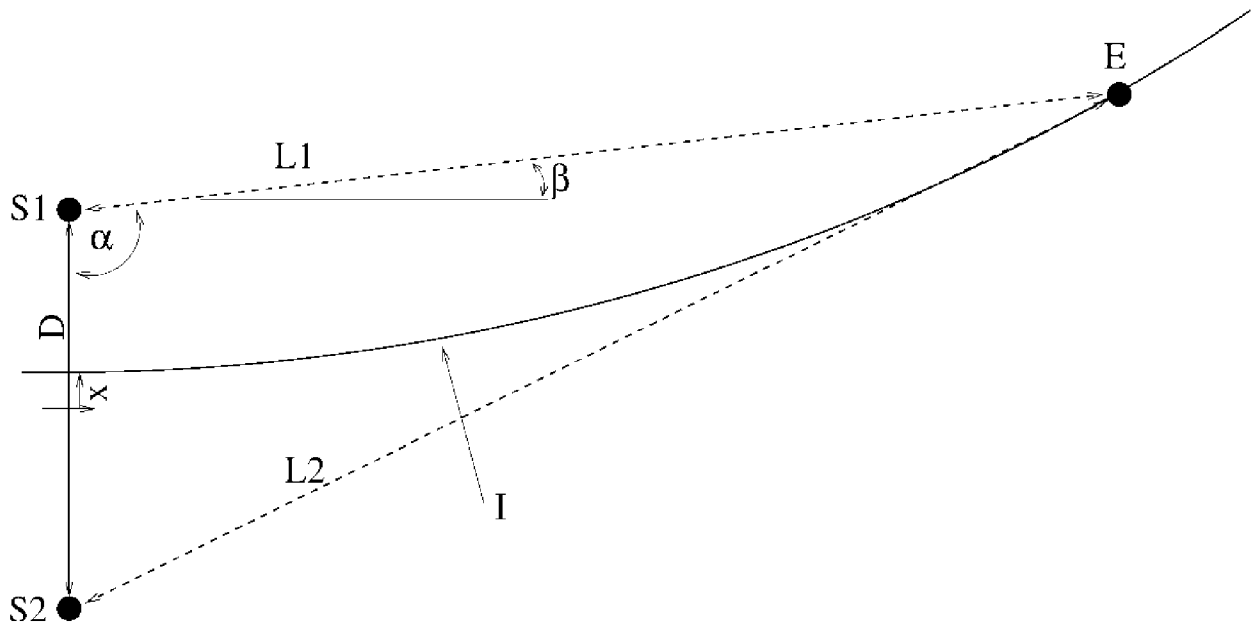


Fig. 3

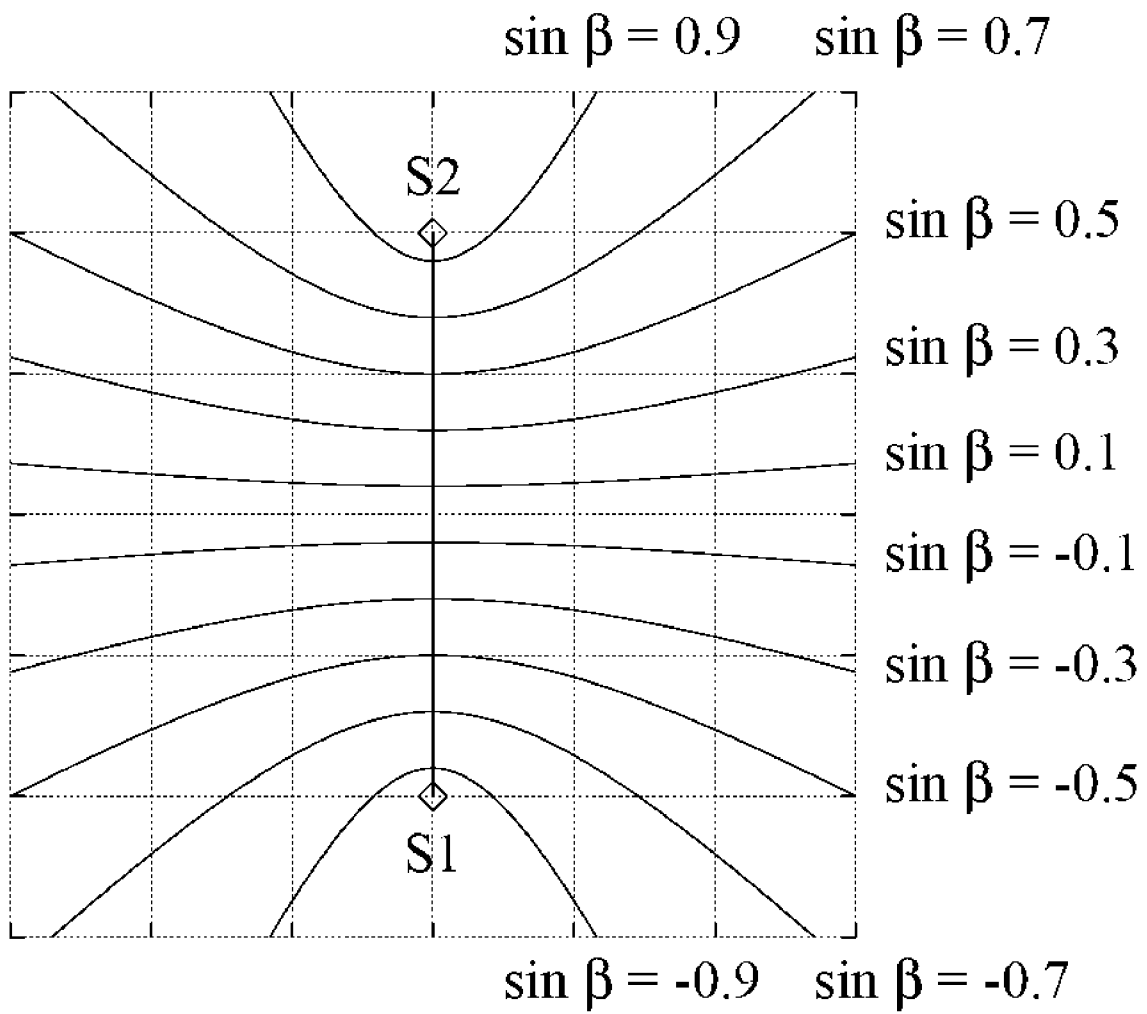


Fig. 4

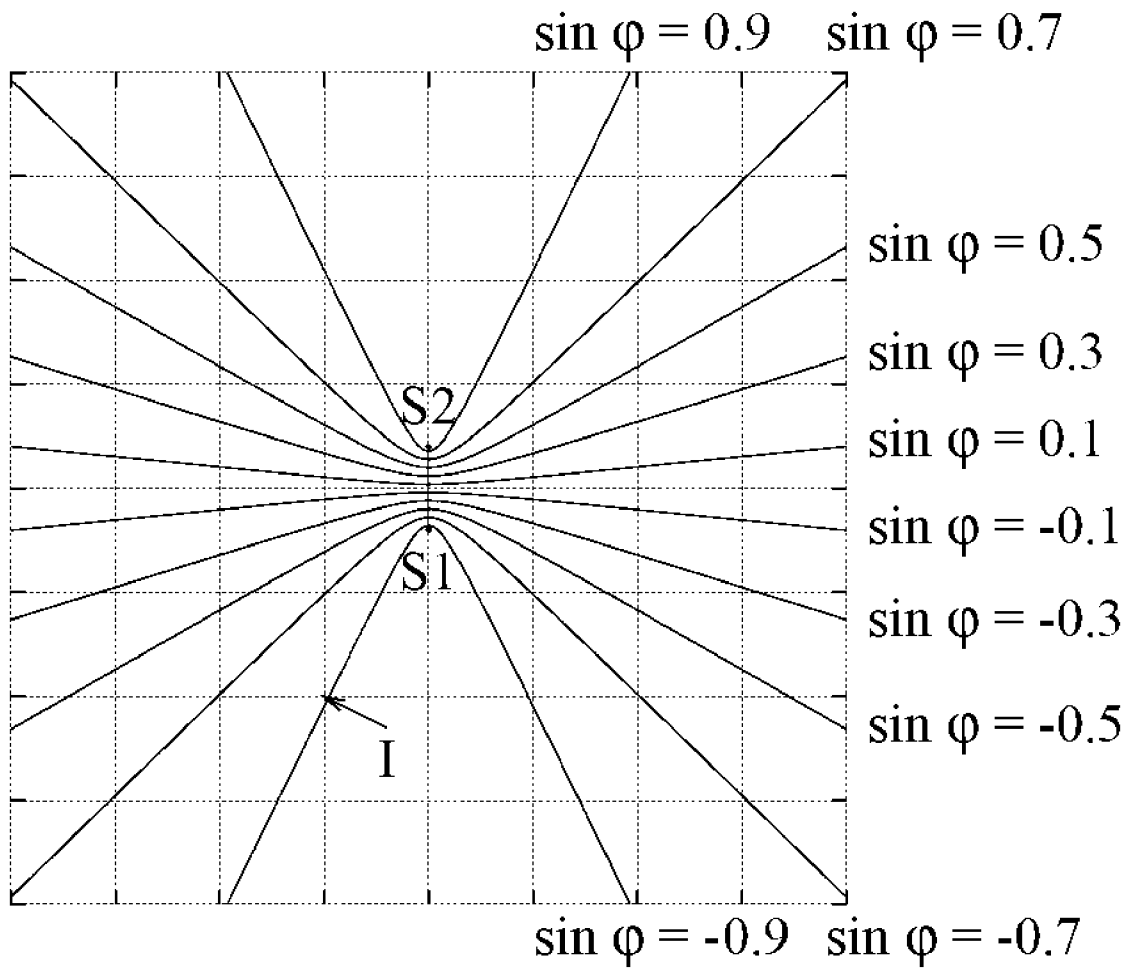


Fig. 5

Nichtrekonstruierbare Phasenverschiebung durch Ortsänderung

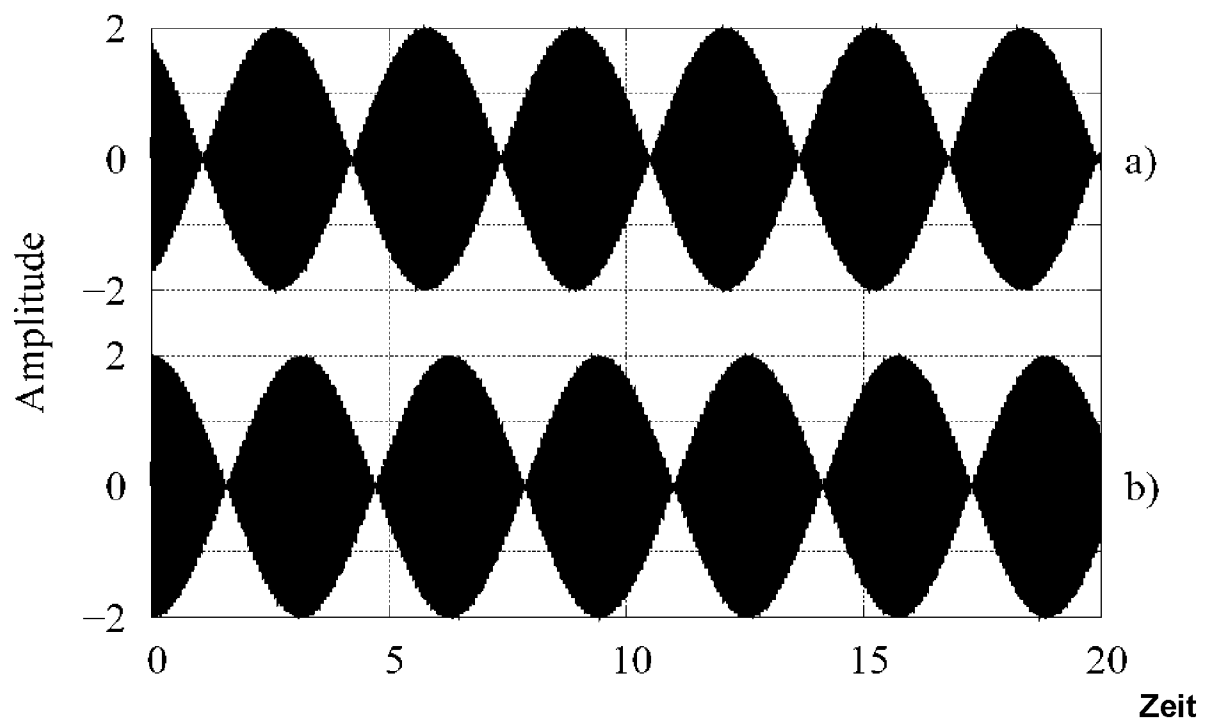


Fig. 6

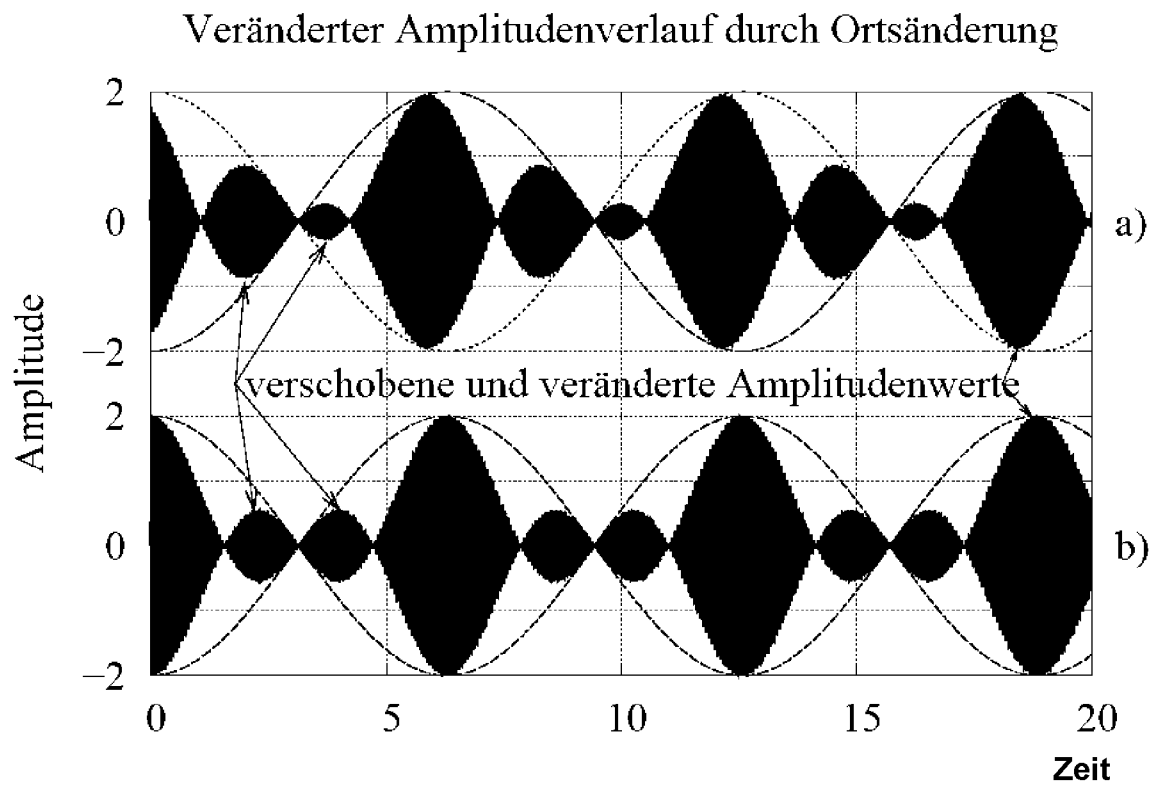


Fig. 7