

(19)



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

(11)

N° de publication :

LU501459

(12)

**BREVET D'INVENTION****B1**

(21)

N° de dépôt: LU501459

(51)

Int. Cl.:

G01S 5/04, G01S 11/00

(22)

Date de dépôt: 12/02/2022

(30)

Priorité:

(43)

Date de mise à disposition du public: 14/08/2023

(47)

Date de délivrance: 14/08/2023

(73)

Titulaire(s):

TOPOSENS GMBH – 80807 München (Allemagne)

(72)

Inventeur(s):

NOWAK Constantin – Allemagne, WELK Christian –  
Allemagne, RUDOLY Alexander – Allemagne,  
PERSICHINI Rinaldo – Allemagne

(74)

Mandataire(s):

AAP PATENTANWALTSKANZLEI GRABOVAC –  
81243 München (Allemagne)

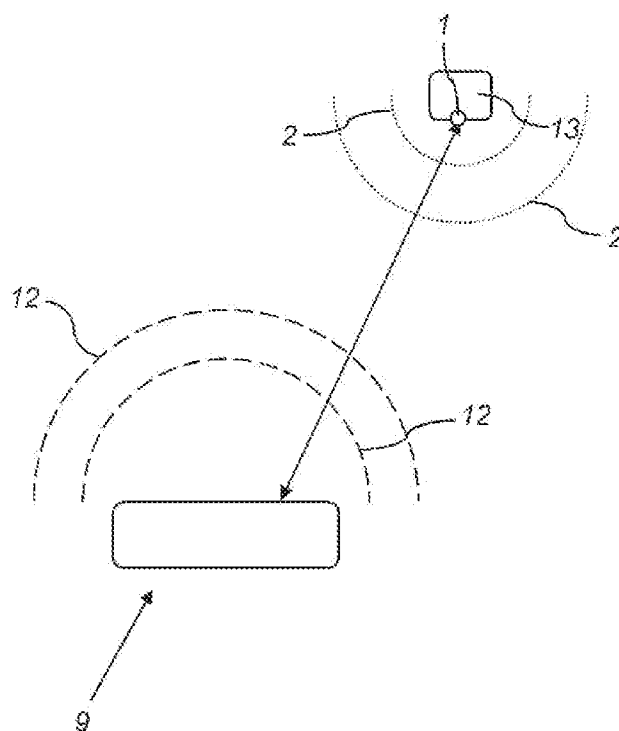
(54)

**Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs.**

(57)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs (1), wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Empfangen von wenigstens einem Signal (2) durch eine erste Empfangseinheit (3), die wenigstens drei erste Empfänger (4) aufweist, wobei auf der Basis des einen empfangenen Signals (2) ein Signalpunkt (S1-S6) ermittelt wird, Empfangen von wenigstens einem Signal (2) durch eine zweite Empfangseinheit (5), die wenigstens drei zweite Empfänger (6) aufweist, wobei auf der Basis des empfangenen Signals (2) ein anderer Signalpunkt (P1-P6) ermittelt wird, wobei bestimmt wird, ob der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind und der dem Signalursprung (1) abhängig von dem Signalpunkt (S1-S6) und dem anderen Signalpunkt (P1-P6) ermittelt wird.

Fig. 1



## Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Signalursprungs und eine Verwendung des Verfahrens bei einer ein- oder mehrdimensionalen Positionsbestimmung.

Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Vorrichtungen bekannt, mittels denen die Position eines Objekts im Raum ermittelt werden kann. Dabei ist eine in Figur 1 gezeigte Vorrichtung 9 bekannt, die einen Sender und eine Empfängereinheit mit drei Empfängern aufweist. Weder der Sender noch die Empfängereinheit sind in Figur 1 gezeigt. Der Sender emittiert Sendesignale 12, insbesondere Schallimpulse, die sich sphärisch ausbreiten. Die Schallimpulse treffen auf das Objekt 13 und werden von dem Objekt 13 reflektiert. Dabei wird angenommen, dass sich die reflektierten Schallwellen von einem Punkt, der im Folgenden Signalursprung 1 genannt wird, sphärisch ausbreiten. Die reflektierten Signale 2, insbesondere Schallwellen, werden von den drei Empfängern der Empfängereinheit empfangen.

Ein Abstand zwischen der Vorrichtung 9 und dem Objekt 13 wird über die Laufzeit zwischen einem Zeitpunkt, zu dem der Schallimpuls emittiert wird, und einem anderen Zeitpunkt, zu dem das Echo, also die reflektierte Schallwelle, empfangen wird, bestimmt. Ein Raumwinkel des Objekts 13 wird aus einem Phasenunterschied der von den einzelnen Empfängern empfangenen Schallwellen bestimmt. Im Ergebnis kann auf der Basis der empfangenen Signale 2 ein Signalursprung 1 bestimmt werden. Insbesondere kann die Lage des Signalursprungs 1 im Raum bestimmt werden.

In den meisten Anwendungen der Vorrichtung 9 befindet sich das Objekt 13 in einer Umgebung mit einer oder mehreren Fremdsignalquellen 14. Eine derartige Anordnung ist in Figur 2 gezeigt. Die Fremdsignalquelle 14 kann eine Fremdschallquelle sein. Die Fremdschallquelle kann Signale 2 aussenden, die von der Vorrichtung 9 direkt empfangen werden. Alternativ oder zusätzlich können Reflektionen der von der Fremdschallquelle emittierten Signale 2 von der Vorrichtung 9 empfangen werden.

Die Empfänger der Vorrichtung 9 empfangen somit die vom Objekt 13 reflektierten Schallwellen als auch den von der Fremdschallquelle 14 emittierten Schallwellen. Die Vorrichtung ermittelt nun auf der Basis der empfangenen Schallwellen drei Signalpunkte S1, S2, S3. Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, entspricht nur der Signalpunkt S1 dem Signalursprung, also dem Objektpunkt von dem sich der reflektierte Schall sphärisch ausbreitet. Die verbleibenden zwei Signalpunkte S2 und S3 sind Fehlsignale. Die Fehlsignale resultieren daraus, dass die Empfänger nicht mit der Fremdschallquelle synchronisiert ist, sodass eine Bestimmung der Lage des Signalursprungs 1 mittels Laufzeitmessung zu fehlerhaften Ergebnissen führt. Die Richtung des empfangenen

Signals kann über die Phasenunterschiede der Empfänger der Empfangseinheit ermittelt. Dabei sind die Richtungen der empfangenen Signale in Figur 2 als gerade Linien dargestellt, auf denen die Signalpunkte S1-S3 angeordnet sind.

- 5 Eine Fremdsignalquelle kann eine Ultraschallquelle sein. Dabei kann eine Fremdsignalquelle ein weiterer aktiver Sensor sein, der Sendesignale aussendet und mit der Vorrichtung nicht gekoppelt ist. Wie zuvor bereits ausgeführt ist, kann bei einer derartigen Anordnung keine Aussage zum Abstand des Objekts 13 von der Vorrichtung 9 getroffen werden, da Fremdsignalquelle nicht synchronisiert mit der Vorrichtung ein Sendesignal aussendet. Insofern führt eine
- 10 Laufzeitmessung zu ungenauen Ergebnissen, weil der Vorrichtung 9 nicht bekannt ist, ob das empfangene Signal 2 von dem Objekt 13 stammt oder von der Fremdsignalquelle 14.

- Um die Position des Objekts präzise bestimmen zu können, müssen daher die Fehlsignale ausgefiltert werden. Dies erfolgt derzeit dadurch, dass mehrere Messungen durchgeführt werden
- 15 und auf der Basis der Messergebnisse Fehlsignale erkannt werden. Die bekannten Verfahren weisen jedoch den Nachteil auf, dass das Herausfiltern der Fehlsignale rechenintensiv ist und somit lange dauert. Außerdem weisen die bekannten Verfahren eine geringe Zuverlässigkeit auf und durch das Verrechnen von mehreren Messungen steigt die Latenz. Insofern kann die Vorrichtung 9 nicht in Anwendungen eingesetzt werden, wie beispielsweise einem fahrenden
- 20 Roboter und/oder einem Kraftfahrzeug, bei dem die Positionsbestimmung des Objekts schnell erfolgen muss, um auf der Basis der bestimmten Position eine Entscheidung hinsichtlich Fahrrichtung und/oder Fahrgeschwindigkeit tätigen zu können.

- Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren bereitzustellen, bei dem der
- 25 Signalursprung schnell und zuverlässig ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Empfangen von wenigstens einem Signal durch eine erste Empfangseinheit, die
- 30 wenigstens drei erste Empfänger aufweist, wobei auf der Basis des einen empfangenen Signals ein Signalpunkt ermittelt wird,

Empfangen von wenigstens einem Signal durch eine zweite Empfangseinheit, die wenigstens drei zweite Empfänger aufweist, wobei auf der Basis des empfangenen Signals ein anderer Signalpunkt ermittelt wird, wobei

- 35 bestimmt wird, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind und der dem Signalursprung abhängig von dem Signalpunkt und dem anderen Signalpunkt ermittelt wird.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung bereitzustellen, mittels der ein Signalursprung schnell ermittelt werden kann.

- Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Signalursprungs mit
- 5            einer ersten Empfangseinheit zum Empfangen von wenigstens einem Signal, die wenigstens drei erste Empfänger aufweist,
- einer zweiten Empfangseinheit zum Empfangen von wenigstens einem Signal, die wenigstens drei zweite Empfänger aufweist und
- einer Rechneinrichtung, die auf der Basis des von der ersten Empfangseinheit
- 10 empfangenen Signals einen Signalpunkt und auf der Basis des von der zweiten Empfangseinheit empfangenen Signals einen anderen Signalpunkt ermittelt, wobei die Rechneinrichtung bestimmt, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind und den Signalursprung abhängig von dem Signalpunkt und dem anderen Signalpunkt ermittelt.
- 15    Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass es eines zeitaufwendigen Herausfilterns der Fehlsignale durch mehrmalige Messungen nicht bedarf, wodurch sich die Latenz der Vorrichtung verringert. Insbesondere wurde erkannt, dass ein Signalursprung auf einfache Weise ermittelt werden kann, wenn zwei Empfängereinheiten eingesetzt werden, die auf der Basis der empfangenen Signale
- 20    Signalpunkte und andere Signalpunkte ermitteln, die dahingehend klassifiziert werden, ob sie zueinander synchron sind oder nicht. Insbesondere werden Signalpunktpaare von zueinander synchronen Signalpunkten ermittelt. Wie nachfolgend näher erläutert wird, kann auf der Basis der Klassifikation bzw. der Signalpunktpaare der Signalursprung schnell und präzise ermittelt werden, auch wenn eine große Anzahl an Signalpunkten durch die erste und zweite Empfängereinheit ermittelt wird. Insofern kann das Verfahren auch bei Anwendungen, wie beispielsweise eines
- 25    fahrenden Roboters und/oder einem Kraftfahrzeug, eingesetzt werden, bei denen ein schnelles Ermitteln des Signalursprungs und somit der Lage des Signalursprungs im Raum notwendig ist.

- Als Signalursprung wird ein reales Objekt, insbesondere ein Objektpunkt, verstanden, von dem die von der ersten und zweiten Empfängereinheit empfangenden Signale stammen. Der
- 30    Signalursprung kann ein physisches Objekt sein, an dem die Sendesignale reflektieren. Das Sendesignal kann von dem physischen Objekt erstmalig reflektiert werden. Alternativ kann das physische Objekt auch ein bereits vorher mehrmals reflektiertes Sendesignal reflektieren. Alternativ kann der Signalursprung eine Signalquelle sein, von der ein Sendesignal emittiert wird, das von der ersten und zweiten Empfängereinheit, insbesondere direkt, empfangen wird. Die
- 35    Signalquelle kann ein anderer Sender sein, der Sendesignal aussendet. Alternativ oder zusätzlich kann die Signalquelle jede beliebige Quelle aus der Umgebung der Vorrichtung sein.

Als Signalpunkt wird ein durch die erste Empfängereinheit auf der Basis des empfangenen Signals ermittelter Punkt im Raum verstanden. Wie oben beschrieben ist, entspricht der

Signalpunkt in den meisten Fällen nicht dem Signalursprung. Mit anderen Worten, der Signalpunkt kann ein fiktiver Punkt sein, der aufgrund der Asynchronität des von der Vorrichtung ausgesendeten Sendesignals und des empfangenen Signals resultiert. Der andere Signalpunkt wird durch die zweite Empfängereinheit auf der Basis des gleichen oder eines anderen empfangenen Signals ermittelt. Der andere Signalpunkt kann analog zum Signalpunkt ein fiktiver Punkt sein, der nicht dem Signalursprung entspricht.

Die erste und zweite Empfängereinheit sind in wenigstens einer Raumrichtung, insbesondere maximal zwei Raumrichtungen, beabstandet zueinander angeordnet. Dies bedeutet, dass die ersten Empfänger der ersten Empfängereinheit und die zweiten Empfänger der zweiten Empfängereinheit das Signal zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen können. Gleichermäßen empfangen die einzelnen ersten Empfänger das Signal zu unterschiedlichen Zeitpunkten und die einzelnen zweiten Empfänger empfangen das Signal ebenfalls zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Die erste Empfängereinheit, insbesondere die ersten Empfänger, und die zweite Empfängereinheit, insbesondere die zweiten Empfänger, können in einer Ebene angeordnet sein. Eine detailliertere Anordnung der ersten und zweiten Empfänger ist nachfolgend näher beschrieben.

Im Sinne der Erfindung sind ein Signalpunkt und ein anderer Signalpunkt zueinander synchron, wenn das empfangene Signal, das zum Ermitteln des Signalpunkts und des anderen Signalpunkts herangezogen wird, vom selben Signalursprung stammt. Außerdem muss das am Objekt reflektierte Sendesignal, also das empfangene Signal, das zum Ermitteln vom Signalpunkt und dem anderen Signalpunkt herangezogen wird, vom selben Sender der Vorrichtung stammen. Darüber hinaus ist das Aussenden des Sendesignals über den Sender und das Empfangen des Signals miteinander synchronisiert. Mit anderen Worten der Sendezeitpunkt ist der Vorrichtung, insbesondere der ersten und zweiten Empfängereinheit bekannt. Es wird im Rahmen der Erfindung ausgenutzt, dass sich die Signale vom Signalursprung sphärisch ausbreiten. Somit liegt ein Signalpunkt und ein dazu synchroner Signalpunkt auf derselben Wellenfront des Signals. Als Wellenfront wird bei einer Wellenausbreitung in einem Medium eine Kugelfläche bezeichnet, auf der alle Punkte die gleiche Laufzeit zu dem Signalursprung haben.

Wie nachfolgend näher ausgeführt ist, kann auf verschiedene Weisen geprüft werden, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind, auch wenn die Lage des Signalursprungs nicht bekannt ist.

Dagegen werden im Folgenden zwei Signalpunkte als asynchron bezeichnet, die nicht von demselben Signalursprung stammen. In diesem Fall handelt es sich bei den von der ersten und zweiten Empfängereinheit empfangenen Signalen um unterschiedliche Reflexionen oder die empfangenen Signale stammen von einer Fremdschallquelle oder mehreren unterschiedlichen

5 Fremdschallquellen. Darüber hinaus können asynchrone Signalpunkte aus dem gleichen Signalursprung stammen. In diesem Fall empfangen die Empfängereinheiten ein zum Sendesignal asynchrones empfangenes Signal oder den zum Sendesignal asynchronen Direktschall einer Fremdschallquelle. Bei asynchronen Signalpunkten ist der Vorrichtung der Sendezeitpunkt des empfangenen Signals nicht bekannt.

10 Im Ergebnis kann durch die Ermittlung des Signalpunkts und des anderen Signalpunkts, die zueinander synchron sind, die empfangenen Signale erkannt werden, die vom selben Signalursprung stammen.

Die Rechneinrichtung kann wenigstens einen Prozessor aufweisen oder ein Prozessor sein. Darüber hinaus kann die Rechneinrichtung Bestandteil einer Leiterplatte sein.

15 Bei einer Ausführung kann die Rechneinrichtung abhängig vom Bestimmungsergebnis entscheiden, ob der Signalursprung ermittelt wird oder nicht. Insbesondere kann die Rechneinrichtung den Signalursprung nicht ermitteln, wenn der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander asynchron sind. Dagegen kann die Rechneinrichtung den Signalursprung ermitteln, wenn der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind. Im Ergebnis kann durch die Klassifikation der Signalpunkte in zueinander synchrone oder  
20 asynchrone Signalpunkte der Rechenaufwand reduziert werden. So können nur die zueinander synchronen Signalpunkte für die Bestimmung des Signalursprungs herangezogen werden und die verbleibenden Signalpunkte als Fehlsignale herausgefiltert werden.

25 Die erste Empfängereinheit kann mehrere Signalpunkte ermitteln. Die zweite Empfängereinheit kann mehrere andere Signalpunkte ermitteln. Dementsprechend können die erste und zweite Empfängereinheit mehrere Signale empfangen und auf Basis der empfangenen Signale die Signalpunkte und die anderen Signalpunkte ermitteln. Im Ergebnis können eine Vielzahl von Signalpunkten und anderen Signalpunkten ermittelt und für die zuvor beschriebene Bestimmung des Signalursprungs herangezogen werden.

30 Nach Ermittlung der Signalpunkte und der anderen Signalpunkte kann ermittelt werden, welche Signalpunkte und andere Signalpunkte zueinander synchron sind. Dies erfolgt, bevor der Signalursprung ermittelt, wobei die Signalpunkte und anderen Signalpunkte, die zueinander synchron sind, zum Bestimmen des Signalursprungs herangezogen werden. Die von der ersten  
35 Empfängereinheit ermittelten ersten Signalpunkte werden untereinander nicht klassifiziert. Gleichmaßen werden die von der zweiten Empfängereinheit ermittelten zweiten Signalpunkte untereinander nicht klassifiziert.

Bei einer Ausführung kann zum Bestimmen von zueinander synchronen Signalpunkten und anderen Signalpunkten ausgehend von einem Signalpunkt ermittelt werden, ob ein anderer Signalpunkt in einem vorgegebenen Bereich um dem Signalpunkt angeordnet ist. Gleichmaßen kann ausgehend von einem anderen Signalpunkt ermittelt werden, ob ein Signalpunkt in einem vorgegebenen Bereich um den anderen Signalpunkt angeordnet ist. Dies kann für alle Signalpunkte und/oder andere Signalpunkte durchgeführt werden. Dieses Vorgehen bietet sich an, weil erkannt wurde, dass Signalpunkte und andere Signalpunkte, die zueinander synchron sind, nicht beliebig weit voneinander beabstandet sein können. Der vorgegebene Bereich kann eine Kugelform mit dem Signalpunkt oder dem anderen Signalpunkt als Mittelpunkt sein. Im Ergebnis verringert sich der Rechenaufwand, weil beispielsweise ausgehend für einen Signalpunkt nicht mehr jeder andere Signalpunkt überprüft werden muss, ob dieser synchron zu dem Signalpunkt ist.

Die Rechneinrichtung kann festlegen, dass ein Signalpunkt und ein anderer Signalpunkt zueinander synchron sind, wenn ein erster Abstand zwischen dem Signalpunkt und einem Linienpunkt und ein zweiter Abstand zwischen dem anderen Signalpunkt und dem Punkt eine vorgegebene Bedingung erfüllen. Die Bedingung kann darin bestehen, dass der erste Abstand und der zweite Abstand den gleichen Wert aufweisen oder um einen vorgegebenen Bereich voneinander abweichen. Das Abstellen auf den Abstand zwischen dem Punkt und dem Signalpunkt und/oder dem anderen Signalpunkt bietet den Vorteil, dass auf genaue Weise ermittelt werden kann, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind. So liegen zwei synchrone Signalpunkte vor, wenn sie einen vorgegebenen Abstand nicht überschreiten. In diesem Fall können die Punkte fast aufeinander liegen. Ein exaktes aufeinanderliegend wird jedoch aufgrund Rauschens der ersten und zweiten Empfänger oftmals nicht möglich sein. Dabei spielt bei der Beurteilung der Phasenunterschied zwischen den empfangenen Signalen keine Rolle, was die Klassifikation genau macht. Der vorgegebene Bereich berücksichtigt, dass die ersten und zweiten Empfänger der ersten Empfangseinheit bzw. der zweiten Empfangseinheit rauschen und somit die Abstände nicht immer exakt mathematisch übereinstimmen werden.

Der Rechenaufwand kann weiter reduziert werden, wenn geprüft wird, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt voneinander um einen vorgegebenen Abstand entlang einer den Signalpunkt und den anderen Signalpunkt enthaltenen Kreisbogenlinie beabstandet sind. Die Kreisbogenlinie kann Bestandteil einer Kugel mit einem Mittelpunkt sein, der auf der Verbindungsgerade, insbesondere auf der Mitte der Verbindungsgerade, zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit liegt. Die Prüfung kann vor oder im Anschluss an die zuvor beschriebene Abstandsprüfung erfolgen.

- Sind der Signalpunkt und der andere Signalpunkt um einen vorgegebenen Abstand voneinander angeordnet, kann weiter geprüft werden, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind. Sofern der Abstand zwischen dem Signalpunkt und dem anderen Signalpunkt größer als der vorgegebene Abstand ist, kann die Prüfung abgebrochen werden.
- 5 Durch diese Prüfung wird sichergestellt, dass nicht alle Signalpunkte und/oder anderen Signalpunkte zum Ermitteln des Signalursprungs herangezogen werden.

- Der Punkt kann auf einer Verbindungsgerade zwischen der ersten Empfangseinheit und der zweiten Empfangseinheit angeordnet sein. Die Verbindungsgerade kann zwischen einem
- 10 Mittelpunkt der ersten Empfangseinheit und einem Mittelpunkt der zweiten Empfangseinheit verlaufen. Der Mittelpunkt der ersten Empfangseinheit kann in einem Mittelpunkt eines Dreiecks sein, das durch die ersten Empfänger aufgespannt ist. Der Mittelpunkt der zweiten Empfangseinheit kann in einem Mittelpunkt eines Dreiecks sein, das durch die zweiten Empfänger aufgespannt ist. Für den Fall, dass eine oder beide Empfangseinheiten mehr als drei
- 15 Empfänger aufweist, kann der Mittelpunkt der Mittelpunkt einer durch die Empfänger aufgespannten Fläche sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Verbindungsgerade zwischen einem ersten Empfänger der ersten Empfangseinheit und einem zweiten Empfänger der zweiten Empfangseinheit verlaufen. Der Punkt kann ein Mittelpunkt der Verbindungsgerade sein.

- 20 Bei einer besonderen Ausführung kann zum Prüfen, ob ein Signalpunkt und ein anderer Signalpunkt zueinander synchron sind, eine Signalpunktgerade ermittelt werden, die durch den Signalpunkt und den anderen Signalpunkt verläuft. Wie oben bereits beschrieben ist, können der Signalpunkt und der andere Signalpunkt in einem vorgegebenen Bereich voneinander beabstandet angeordnet sein, sodass nicht alle Signalpunkte und/oder anderen Signalpunkte
- 25 berücksichtigt werden müssen.

- Dabei kann die Rechneinrichtung festlegen, dass der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind, wenn eine Lotgerade auf die Signalpunktgerade durch den Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit verläuft oder durch einen
- 30 vorgegebenen Bereich um einen Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit verläuft. Somit kann einfache Weise ermittelt werden, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind. Das Verfahren kann alternativ oder zusätzlich zu dem zuvor beschriebenen Verfahren zum Klassifizieren der Signalpunkte und der anderen Signalpunkte eingesetzt werden. Der vorgegebene Bereich berücksichtigt, dass die
- 35 ersten und zweiten Empfänger der ersten Empfangseinheit bzw. der zweiten Empfangseinheit rauschen, sodass die Lotgerade nicht genau durch den Mittelpunkt verläuft.

Bei einer weiteren Ausführung zum Prüfen, ob ein Signalpunkt und ein anderer Signalpunkt zueinander synchron sind, kann eine erste Gerade ermittelt werden, die durch wenigstens einen

Signalpunkt und die erste Empfangseinheit verläuft. Dabei kann die erste Gerade durch einen Mittelpunkt der ersten Empfangseinheit oder durch einen ersten Empfänger der ersten Empfangseinheit verlaufen. Der Mittelpunkt der ersten Empfangseinheit kann in einem Mittelpunkt eines Dreiecks sein, das durch die ersten Empfänger aufgespannt ist. Darüber hinaus  
5 kann eine zweite Gerade ermittelt werden, die durch wenigstens einen anderen Signalpunkt und die zweite Empfangseinheit verläuft. Dabei kann die zweite Gerade durch einen Mittelpunkt der zweiten Empfangseinheit oder durch einen zweiten Empfänger der zweiten Empfangseinheit verlaufen. Der Mittelpunkt der zweiten Empfangseinheit kann in einem Mittelpunkt eines Dreiecks sein, das durch die zweiten Empfänger aufgespannt ist. Für den Fall, dass eine oder beide  
10 Empfangseinheiten mehr als drei Empfänger aufweist, kann der Mittelpunkt der Mittelpunkt einer durch die Empfänger aufgespannten Fläche sein.

Dabei können die erste und zweite Gerade derart verlaufen, dass sie sich in einem Punkt schneiden. Alternativ können die erste und zweite Gerade derart verlaufen, dass sie zueinander  
15 windschief sind. In diesem Fall kann eine andere Lotgerade bestimmt werden, die senkrecht zu der ersten und zweiten Gerade ist und den kürzesten Abstand zwischen der ersten und zweiten Gerade aufweist. Der Punkt kann ein Punkt der Lotgeraden sein, wobei der Punkt ein Mittelpunkt der Lotgeraden sein kann. Die Geraden können aufgrund eines Rauschens der Empfänger windschief zueinander verlaufen.

20 Bei diesem Verfahren kann die Rechneinrichtung festlegen, dass der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind, wenn ein erster Abstand zwischen dem anderen Punkt und dem Signalpunkt und ein zweiter Abstand zwischen dem anderen Punkt und dem anderen Signalpunkt eine vorgegebene Bedingung erfüllen. Die vorgegebene Bedingung kann  
25 darin bestehen, dass der erste Abstand zwischen dem anderen Punkt und dem Signalpunkt und der zweite Abstand zwischen dem anderen Punkt und dem anderen Signalpunkt den gleichen Wert aufweisen oder um einen vorgegebenen Bereich voneinander abweichen. Der vorgegebene Bereich berücksichtigt, dass die ersten und zweiten Empfänger der ersten Empfangseinheit bzw. der zweiten Empfangseinheit rauschen und somit die Abstände nicht immer exakt mathematisch  
30 übereinstimmen werden.

Somit kann auf einfache Weise ermittelt werden, ob der Signalpunkt und der andere Signalpunkt zueinander synchron sind. Bei diesem Verfahren wird die sphärische Ausbreitung des Signals von dem Signalursprung ausgenutzt. So müssen aufgrund der sphärischen Ausbreitung bei  
35 zueinander synchronen Signalpunkten und anderen Signalpunkten deren Abstände zu dem anderen Punkt gleich oder nahezu gleich sein. Das Verfahren kann alternativ oder zusätzlich zu dem zuvor beschriebenen Verfahren zum Klassifizieren der Signalpunkte und der anderen Signalpunkte eingesetzt werden.

Bei einer besonderen Ausführung kann der Signalursprung ermittelt werden, nachdem bestimmt wurde, welche Signalpunkte und anderen Signalpunkte zueinander synchron sind. Insbesondere kann der Signalursprung unter Berücksichtigung des Bestimmungsergebnisses ermittelt werden. Der Signalursprung kann ermittelt werden, nachdem ein Signalpunktpaar ermittelt wurde.  
5 Alternativ können zuerst alle Signalpunktpaare ermittelt werden und anschließend der Signalursprung oder die Signalursprünge ermittelt werden. So ist es möglich, dass mehrere Signalursprünge existieren, wenn mehrere Signalpunktpaare ermittelt werden.

Die Rechneinrichtung kann zum Bestimmen des Signalursprungs die Lage des Signalpunkts und des zum Signalpunkt synchronen anderen Signalpunkts ermittelt. Dabei kann die  
10 Rechneinrichtung festlegen, dass der Signalursprung der Lage des Signalpunkts und/oder des anderen Signalpunkts entspricht, wenn die Lage des Signalpunkts und des anderen Signalpunkts gleich ist oder um einen vorgegebenen Bereich voneinander abweichen. Als Lage wird die Position des Signalpunkts und/oder des anderen Signalpunkts im Raum bezeichnet.

Bei einem alternativen oder zusätzlichen Vorgehen kann eine erste andere Gerade ermittelt werden, die durch einen Signalpunkt und die erste Empfangseinheit verläuft. Die erste andere Gerade kann durch einen Mittelpunkt oder einen ersten Empfänger der Empfangseinheit verlaufen. Darüber hinaus kann eine zweite andere Gerade ermittelt werden, die durch einen  
20 anderen Signalpunkt, der synchron zu dem Signalpunkt ist, und die zweite Empfangseinheit verläuft. Die zweite andere Gerade kann durch einen Mittelpunkt oder einen zweiten Empfänger verlaufen.

Dabei kann die Rechneinrichtung festlegen, dass der Signalursprung dem Schnittpunkt  
25 zwischen der ersten und zweiten anderen Gerade entspricht. Dies für den Fall, dass sich die erste und zweite andere Gerade schneiden. Im Ergebnis entspricht der Signalursprung dem oben beschriebenen Punkt.

Für den Fall, dass die erste andere Gerade und die zweite andere Gerade windschief zueinander  
30 verlaufen, kann der Signalursprung dem oben beschriebenen anderen Punkt auf der anderen Lotgeraden entsprechen.

Bei einer besonderen Ausführung kann die erste Empfangseinheit und die zweite Empfangseinheit zum selben Zeitpunkt aktiviert werden. Als „aktiviert“ wird verstanden, dass die  
35 beiden Empfangseinheiten ab diesem Zeitpunkt Signale empfangen und auswerten können. Vor diesem Zeitpunkt befinden sich die erste und zweite Empfangseinheit in einem inaktiven Zustand, in dem keine Signale empfangen und ausgewertet werden. Der Zeitpunkt, zu dem die erste und zweite Empfangseinheit aktiviert wird, kann einem Zeitpunkt entspricht, zu dem ein Sendesignal durch einen Sender der Vorrichtung emittiert wird. Durch die Aktivierung der beiden

Empfangseinheiten zum selben Zeitpunkt ist ermöglicht, dass Signale in zueinander synchron oder asynchron klassifiziert werden können und/oder dass erkannt werden kann, ob die empfangenen Signale vom selben Signalursprung stammen. Insofern kann durch die Aktivierung der beiden Empfangseinheiten zum selben Zeitpunkt eine Ermittlung des Signalursprungs auf einfache Weise realisiert werden.

Die Vorrichtung kann einen Sender zum Emittieren eines Sendesignals aufweisen. Die Vorrichtung kann einstückig ausgeführt sein. In diesem Fall können die beiden Empfangseinheiten und der Sender in oder an einem Gehäuse der Vorrichtung angeordnet sein. Alternativ kann die Vorrichtung mehrstückig ausgeführt sein. In diesem Fall können die beiden Empfangseinheiten und der Sender als eigene Komponenten ausgeführt sein. Die Komponenten können mit der Rechneinrichtung elektrisch oder elektronisch verbunden sein.

Bei einer Ausführung der Vorrichtung kann ein erster Empfänger oder ein zweiter Empfänger zusätzlich als Sender fungieren. In diesem Fall weist die Vorrichtung keinen separaten Sender auf, sondern die Sendefunktion wird durch einen ersten oder zweiten Empfänger ausgeführt. Eine derartige Vorrichtung ist kompakt ausgeführt.

Der Sender kann derart ausgebildet sein, dass das Sendesignal eine Welle, insbesondere Druckwelle, vorzugsweise Schallwelle, oder eine elektro-magnetische Welle ist. Dementsprechend handelt es sich bei dem empfangenen Signal um eine Welle, insbesondere Druckwelle, vorzugsweise Schallwelle, oder um eine elektromagnetische Welle. Der Sender kann eine Ultraschallquelle sein.

Der Sender kann zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit angeordnet sein. Dabei kann der Sender auf der Verbindungsgerade, insbesondere auf der Mitte der Verbindungsgerade, zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit angeordnet sein. Darüber hinaus kann der Sender am Mittelpunkt der Vorrichtung angeordnet sein. Diese Anordnung ist vorteilhaft, wenn die Vorrichtung ein kreisförmig ausgeführtes Gehäuse hat.

Die Vorrichtung kann mehr als zwei Empfangseinheiten, insbesondere drei Empfangseinheiten aufweisen. Dabei können die einzelnen Empfangseinheiten identisch zu der oben beschriebenen ersten und/oder zweiten Empfangseinheit ausgebildet sein. Bei einer kreisförmigen Ausbildung der Vorrichtung und dem Vorsehen von mehr als zwei Empfangseinheiten wird die Messgenauigkeit erhöht. So wird die Berechnung mit jeweils zwei Empfangseinheiten mehrmals durchgeführt und ein Mittelwert der berechneten Signale gebildet. Bei der Berechnung unterscheiden sich die Empfangseinheiten voneinander. Im Ergebnis kann durch eine derartige Vorgehensweise das Rauschen reduziert werden. Vorteilhaft ist eine Anordnung mit drei

Empfangseinheiten, die um  $120^\circ$  zueinander versetzt sind, weil dadurch die Genauigkeit in allen drei Raumrichtungen verbessert wird.

5 Bei einer alternativen Ausführung kann der Sender an einer anderen Stelle angeordnet sein. Der Sender muss jedoch derart positioniert sein, dass das von dem Signalursprung stammende Signal von beiden Empfangseinheiten empfangen werden kann.

10 Die erste Empfangseinheit, insbesondere die ersten Empfänger, und die zweite Empfangseinheit, insbesondere die zweiten Empfänger, können in derselben Ebene angeordnet sein. Der Sender kann in derselben Ebene angeordnet sein, wie die ersten Empfänger und/oder die zweiten Empfänger.

15 Ein Abstand der ersten Empfänger zueinander kann höchstens, insbesondere kleiner als, eine halbe Wellenlänge des empfangenen Signals sein. Gleichmaßen kann ein Abstand der zweiten Empfänger zueinander höchstens, insbesondere kleiner als, eine halbe Wellenlänge des empfangenen Signals sein.

20 Die ersten und zweiten Empfänger können derart angeordnet sein, dass wenigstens zwei erste Empfänger der ersten Empfangseinheit und/oder wenigstens zwei zweite Empfänger der zweiten Empfangseinheit auf einer Geraden angeordnet sind. Der Sender kann auf derselben Geraden angeordnet sein. Dabei kann wenigstens ein erster Empfänger der ersten Empfangseinheit und/oder wenigstens ein zweiter Empfänger der zweiten Empfangseinheit beabstandet von der Geraden angeordnet sein. Eine derartige Vorrichtung ist kompakt ausgeführt.

25 Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird das erfindungsgemäße Verfahren bei einer ein- oder mehrdimensionalen, vorzugsweise dreidimensionalen, Positionsbestimmung, insbesondere mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, eingesetzt. Insbesondere kann das Verfahren bei einem, insbesondere autonom, fahrenden Roboter und/oder Kraftfahrzeug eingesetzt werden. Bei dem Roboter und/oder Kraftfahrzeug kann der ermittelte Signalursprung zur Fahr-  
30 und/oder Fahrgeschwindigkeitssteuerung herangezogen werden.

In den Figuren ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt, wobei gleiche oder gleichwirkende Elemente zumeist mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigt:

35 Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Anordnung bestehend aus einer Vorrichtung mit einem Sender und einer Empfangseinheit und einem Objekt,  
Fig. 2 eine aus dem Stand der Technik bekannte Anordnung bestehend aus einer Vorrichtung mit einem Sender und einer Empfangseinheit, einem Objekt und einer Fremdschallquelle,

- Fig. 3 eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einer ersten Variante bestimmt,
- Fig. 4 die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einer zweiten Variante bestimmt,
- 5 Fig. 5 die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einer dritten Variante bestimmt,
- Fig. 6 die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einer vierten Variante bestimmt,
- Fig. 7 die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die einen Signalursprung nach einer ersten Variante bestimmt,
- 10 Fig. 8 die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die einen Signalursprung nach einer zweiten Variante bestimmt,
- Fig. 9 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung,
- Fig. 10 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführung und
- 15 Fig. 11 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführung.

Bei der in Figur 3 dargestellten Anordnung sind das in Figur 2 dargestellte Objekt 13 und die Fremdsignalquelle 14 nicht dargestellt. Figur 3 zeigt eine Vielzahl von Signalpunkten S1-S6 und anderen Signalpunkten P1-P6, die durch die Vorrichtung 9 auf Basis der empfangenen, nicht

20 dargestellten Signale 2 ermittelt werden. Dies ist nachfolgend näher erläutert.

Die Vorrichtung 9 unterscheidet sich von der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Vorrichtung darin, dass sie zwei Empfangseinheiten, nämlich eine erste Empfangseinheit 3 und eine zweite

25 Empfangseinheit 5 aufweist. Die erste Empfangseinheit 3 dient zum Empfangen von wenigstens einem Signal 2 und weist drei erste Empfänger 4 auf. Die zweite Empfangseinheit 5 dient ebenfalls zum Empfangen von wenigstens einem Signal 2 und weist ebenfalls drei zweite Empfänger 6 auf. Die ersten und zweiten Empfänger 4, 6 sind in Figur 3 nicht dargestellt. Die erste und zweite Empfangseinheit 3, 5 können auch mehr als drei erste und zweite Empfänger 4,

30 6 aufweisen.

Die Vorrichtung 9 weist außerdem eine Rechneinrichtung 10 auf, die die auf der Basis des von der ersten Empfangseinheit 3 empfangenen Signals 2 einen Signalpunkt S1-S6 und auf der Basis des von der zweiten Empfangseinheit 5 empfangenen Signals 2 einen anderen Signalpunkt P1-P6 ermittelt. Die Rechneinrichtung 10 ist mit der ersten Empfangseinheit 3 und der zweiten

35 Empfangseinheit 5 elektrisch oder elektronisch verbunden. Die Rechneinrichtung 10 ist innerhalb eines Gehäuses 15 der Vorrichtung 9 angeordnet. Die erste Empfangseinheit 3, insbesondere die ersten Empfänger, und die zweite Empfangseinheit 5, insbesondere die zweiten Empfänger, sind am oder im Gehäuse 15 angeordnet. Wie nachfolgend näher ausgeführt ist,

bestimmt die Rechneinrichtung 10, ob der Signalpunkt S1-S6 und die anderen Signalpunkte P1-P6 zueinander synchron sind und ermittelt einen Signalursprung 1 abhängig von dem Signalpunkt S1-S6 und dem anderen Signalpunkt P1-P6.

- 5 In Figur 3 sind Signalpunkte S1-S6, die auf der Basis von der ersten Empfangseinheit 3 empfangenen Signalen 2 ermittelt wurden, kreisförmig dargestellt. Die anderen Signalpunkte P1-P6, die auf der Basis der von der zweiten Empfangseinheit 5 empfangenen Signale 2 ermittelt wurde, sind rechteckförmig ausgeführt.
- 10 Im Folgenden wird die Ermittlung von Signalpunktpaaren gemäß einem ersten Vorgehen beschrieben. Dabei wird von dem ersten Signalpunkt S1 ausgegangen. Die Rechneinrichtung 10 prüft in einem vorgegebenen Bereich 7, der in Figur 3 kreisförmig dargestellt ist und im dreidimensionalen Raum einer Kugel entspricht, ob andere Signalpunkte in dem vorgegebenen Bereich angeordnet sind. Im vorliegenden Fall sind ein erster anderer Signalpunkt P1 und ein
- 15 zweiter anderer Signalpunkt P2 in dem vorgegebenen Bereich 7 angeordnet.

In einem nächsten Schritt wird geprüft, ob ein erster Abstand  $r_1$  zwischen einem Mittelpunkt M und dem ersten Signalpunkt S1 einem zweiten Abstand  $r_2$  zwischen dem Mittelpunkt M und dem ersten anderen Signalpunkt P1 entspricht oder um einen vorgegebenen Bereich voneinander abweicht. Darüber hinaus wird geprüft, ob der erste Abstand  $r_1$  einem dritten Abstand  $r_3$  zwischen dem Mittelpunkt M und dem zweiten anderen Signalpunkt P2 entspricht oder um einen vorgegebenen Bereich voneinander abweicht. Der Mittelpunkt M liegt auf einer Verbindungsgeraden 8, die in Figur 3 gestrichelt dargestellt ist, zwischen der ersten Empfangseinheit 3 und der zweiten Empfangseinheit 5.

25 Bei der in Figur 3 dargestellten Ausführung wird festgestellt, dass der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 einen gleichen oder im Wesentlichen gleichen Abstand zum Mittelpunkt M aufweisen. Daher sind der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 zueinander synchron. Hingegen unterscheidet sich der dritte Abstand  $r_3$  zwischen dem

30 zweiten anderen Signalpunkt P2 deutlich von dem ersten Abstand  $r_1$  zwischen dem Mittelpunkt M und dem ersten Signalpunkt P1, sodass der erste Signalpunkt S1 und der zweite andere Signalpunkt P2 als asynchron zueinander angesehen werden.

In einem letzten Schritt kann überprüft werden, ob der Abstand des ersten anderen Signalpunkts von dem ersten Signalpunkt S1 entlang einer Kreisbogenlinie 16 einem vorgegebenen Abstand entspricht. Dies ist in Figur 3 der Fall, sodass die Rechneinrichtung 10 festlegt, dass der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 zueinander synchron sind. Die Kreisbogenlinie 16 ist Bestandteil einer nicht detailliert dargestellten Kugel mit dem Mittelpunkt M, der auf der Verbindungsgeraden 8 angeordnet ist.

Die oben genannten Schritte werden für alle Signalpunkte S2-S6 und/oder die anderen Signalpunkte P1-P6 wiederholt. Dabei wird festgestellt, dass ein vierter Signalpunkt S4 und ein dritter anderer Signalpunkt P3 zueinander synchron sind.

5

Fig. 4 zeigt die Vorrichtung 9 gemäß der ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einem zweiten Vorgehen bestimmt. Dabei kann analog zu dem in Figur 3 besprochenen Vorgehen zuerst ein Signalpunkt S1-S6 festgelegt werden und ausgehend von diesem die anderen Signalpunkte P1-P6 ermittelt werden, die in einem vorgegebenen Bereich 7 um den Signalpunkt S1-S6 angeordnet sind.

10

Gemäß dem zweiten Vorgehen wird eine Signalpunktgerade g ermittelt, die durch den ersten Signalpunkt S1 und den ersten anderen Signalpunkt P1 verläuft. Anschließend wird eine Lotgerade l ermittelt und geprüft, ob das Lot durch den Mittelpunkt M oder durch einen vorgegebenen Bereich um den Mittelpunkt M verläuft. Im Ergebnis wird geprüft, ob ein Lot l auf die Signalpunktgerade g existiert, das durch den Mittelpunkt M oder durch einen vorgegebenen Bereich um den Mittelpunkt M verläuft. Dies ist in Figur 4 der Fall, sodass der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 zueinander synchron sind. Die Lotgerade l steht senkrecht auf der Signalpunktgerade g.

15

20

Zudem ist in Figur 4 eine weitere Signalpunktgerade g' gestrichelt dargestellt, die durch einen sechsten Signalpunkt S6 und einen sechsten anderen Signalpunkt P6 verläuft. Wie aus Figur 4 ersichtlich ist, verläuft eine weitere Lotgerade l' nicht durch den Mittelpunkt oder durch einen vorgegebenen Bereich um den Mittelpunkt M. Dementsprechend sind der sechste Signalpunkt S6 und der dritte andere Signalpunkt P6 asynchron zueinander.

25

Die oben genannten Schritte werden für alle Signalpunkte S2-S6 und/oder die anderen Signalpunkte P1-P6 wiederholt.

30

Fig. 5 zeigt die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die Signalpunktpaare gemäß einem dritten Vorgehen bestimmt. Dabei kann analog zu dem in Figur 3 besprochenen Vorgehen zuerst ein Signalpunkt S1-S6 festgelegt werden und ausgehend von diesem die anderen Signalpunkte P1-P6 ermittelt werden, die in einem vorgegebenen Bereich 7 um den Signalpunkt S1-S6 angeordnet sind.

35

Bei dem dritten Vorgehen wird eine erste Gerade g1 ermittelt, die durch die erste Empfangseinheit 3, insbesondere durch einen Mittelpunkt der ersten Empfangseinheit 3, und den ersten Signalpunkt S1 verläuft. Dabei entspricht der Mittelpunkt einem Mittelpunkt eines durch die drei ersten Empfänger aufgespannten, nicht dargestellten Dreiecks. Darüber hinaus wird eine zweite

Gerade  $g_2$  ermittelt, die durch die zweite Empfangseinheit 5, insbesondere einen Mittelpunkt der zweiten Empfangseinheit, und den zweiten Signalpunkt S2 verläuft. Dabei entspricht der Mittelpunkt einem Mittelpunkt eines durch die drei zweiten Empfänger aufgespannten, nicht dargestellten Dreiecks.

5

Wie aus Figur 5 ersichtlich ist, schneiden sich die beiden Geraden in einem Punkt P. In einem nächsten Schritt wird geprüft, ob der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 gleich weit von dem anderen Punkt P beabstandet sind oder ob die Abstandsunterschiede in einem vorgegebenen Bereich liegen. Bei der in Figur 5 dargestellten Ausführung sind der erste

10 Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 auf der Bogenlinie des gleichen Kreises  $k_1$  um den anderen Punkt P angeordnet, sodass die Bedingung erfüllt ist. In diesem Fall bestimmt die Rechneinrichtung 10, dass der erste Signalpunkt S1 und der erste andere Signalpunkt P1 zueinander synchron sind.

15

In Figur 5 ist außerdem eine dritte Gerade  $g_1'$  und eine vierte Gerade  $g_2'$  gestrichelt eingezeichnet, die sich in einem weiteren Punkt P' schneiden. Dabei geht die dritte Gerade  $g_1'$  durch die erste Empfangseinheit 3 und einen sechsten Signalpunkt S6 und die vierte Gerade geht durch die zweite Empfangseinheit 5 und einen vierten anderen Signalpunkt P4. Wie aus Figur 5 ersichtlich ist, liegen der dritte Signalpunkt S3 und der vierte andere Signalpunkt S4 nicht auf der

20 Bogenlinie desselben anderen Kreises  $k_2$ , sodass sich der Abstand zwischen dem sechsten Signalpunkt S6 und dem weiteren Punkt P' von dem Abstand zwischen dem vierten anderen Signalpunkt P4 und dem weiteren Punkt P' deutlich voneinander unterscheiden. Daher bestimmt die Rechneinrichtung 10, dass der dritte Signalpunkt S3 und der vierte andere Signalpunkt P4 asynchron zueinander sind und somit kein Signalkpunkt-paar bilden.

25

Das zuvor beschriebene Verfahren funktioniert ebenfalls, wenn die Geraden windschief zueinander verlaufen. In diesem Fall wird als Punkt P ein Mittelpunkt einer anderen Lotgeraden festgelegt, die senkrecht zur ersten und zweiten Gerade  $g_1$ ,  $g_2$  ist und die den kürzesten Abstand zwischen der ersten und zweiten Gerade  $g_1$ ,  $g_2$  aufweist. Eine Vorrichtung, bei der das Verfahren

30 bei windschiefen Geraden durchgeführt wird, ist in Figur 6 dargestellt.

35

Wie aus Figur 6 ersichtlich ist, verlaufen die erste und zweite Gerade  $g_1$ ,  $g_2$  windschief zueinander. In Figur 6 ist die andere Lotgerade I1 eingezeichnet, die senkrecht zu der ersten und zweiten Gerade  $g_1$ ,  $g_2$  verläuft. Die andere Lotgerade I1 befindet sich dabei an einer Position, bei der die erste und zweite Gerade  $g_1$ ,  $g_2$  den kürzesten Abstand zueinander haben.

Der Punkt P befindet sich auf der anderen Lotgerade I1. Insbesondere kann der Punkt P der Mittelpunkt der anderen Lotgeraden I2 sein. Dabei wird geprüft, ob der Abstand zwischen dem Punkt P und dem ersten Signalpunkt S1 dem Abstand zwischen dem Punkt P und dem ersten

anderen Signalpunkt P1 entspricht oder der Unterschied in einem vorgegebenen Bereich liegt. Für den Fall, dass die Bedingung erfüllt ist, sind der erste und der erste andere Signalpunkt S1, P1 synchron zueinander. Dies ist bei der in Figur 6 dargestellten Ausführung der Fall.

- 5 Die oben genannten Schritte werden für alle Signalpunkte S2-S6 und/oder die anderen Signalpunkte P1-P6 wiederholt.

Fig. 7 zeigt die Vorrichtung 9 gemäß der ersten Ausführung, die einen Signalursprung 1 nach einem ersten Vorgehen bestimmt. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, sind der vierte Signalpunkt S4 und der dritte andere Signalpunkt P3 sehr nah aneinander angeordnet. Dies bedeutet, dass sich die Lage des vierten Signalpunkts S4 der Lage des dritten anderen Signalpunkt P3 entspricht oder sich um einen zulässigen, vorgegebenen Abstand voneinander unterscheiden. Die Rechnereinrichtung 10, bestimmt, dass der Signalursprung 1 ebenfalls in dem Bereich, beispielsweise in der Mitte zwischen dem vierten Signalpunkt S4 und dem dritten anderen Signalpunkt P3, angeordnet ist. In Figur 6 ist der Signalursprung 1 als Objektpunkt eines Objekts 13 dargestellt, von dem das Sendesignal reflektiert wird. Alternativ kann der Signalursprung 1 auch eine Schallquelle sein.

Fig. 8 zeigt die Vorrichtung gemäß der ersten Ausführung, die einen Signalursprung nach einem zweiten Vorgehen bestimmt. Bei diesem Vorgehen wird ebenfalls von den erfassten Signalpunktpaaren ausgegangen. So wird in Figur 7 von dem in Figur 3 erfassten ersten Signalpunkt S1 und dem ersten Signalpunkt P1 ausgegangen. Es wird eine erste andere Gerade g1a zwischen der ersten Empfangseinheit 3 und dem ersten Signalpunkt S1 und eine zweite andere Gerade g1a zwischen der zweiten Empfangseinheit 5 und dem ersten anderen Signalpunkt P1 gezogen. Der Schnittpunkt beider Geraden entspricht dem Signalursprung 1, der in diesem Fall ebenfalls ein Objektpunkt eines Objekts 13 ist. Im Ergebnis entspricht der Signalursprung dem in Figur 5 ermittelten Punkt P.

Der Vollständigkeit halber wird darauf hingewiesen, dass der in Figur 6 dargestellte Punkt P dem dem Signalpunktsprung entspricht. Dies ergibt sich daher, dass der Abstand zwischen dem Punkt P und dem ersten Signalpunkt S1 dem Abstand zwischen dem Punkt P und dem ersten anderen Signalpunkt P1 entspricht oder der Abstandsunterschied in einem vorgegebenen Bereich liegt.

Fig. 9 zeigt eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung 9 gemäß der ersten Ausführung. Die Vorrichtung 9 weist ein rechteckförmiges Gehäuse auf. Zwei der drei ersten Empfänger sind auf einer Geraden g3 angeordnet. Der dritte erste Empfänger 4 ist beabstandet zu der Geraden g3 angeordnet. Der Sender 11 und zwei der drei zweiten Empfänger 6 sind

ebenfalls auf der Geraden g3 angeordnet. Der dritte zweite Empfänger ist beabstandet zu der Geraden g3 angeordnet. Alle Empfänger sind in derselben Ebene angeordnet. Insbesondere sind alle Empfänger auf derselben Gehäuseseite der Vorrichtung 9 angeordnet.

5 In Fig. 9 ist die Verbindungslinie 8 zwischen der ersten Empfangseinheit 3 und der zweiten Empfangseinheit 5 eingezeichnet. Die Verbindungslinie 8 verläuft zwischen einem Mittelpunkt eines durch die ersten Empfänger 4 aufgespannten Dreiecks d1 und einem Mittelpunkt eines durch die zweiten Empfänger 6 aufgespannten Dreiecks d2.

10 Fig. 10 zeigt eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung 9 gemäß einer zweiten Ausführung. Die Vorrichtung unterscheidet sich von der in Figur 9 dargestellten Vorrichtung darin, dass sie, insbesondere das Gehäuse 15, einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, während das Gehäuse 15 der in Figur 9 dargestellten Ausführung rechteckförmig ist. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Vorrichtung drei Empfangseinheiten 3, 5, 17 aufweist, wobei jede der Empfangseinheiten 3, 5, 17 wenigstens drei Empfänger aufweist. Darüber hinaus weist die  
15 Vorrichtung 9 einen Sender 11 auf, der in dem Mittelpunkt der Vorrichtung angeordnet ist. Die Empfänger der drei Empfangseinheiten und der Sender sind in derselben Ebene angeordnet.

20 Fig. 11 zeigt eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführung. Die dritte Ausführung unterscheidet sich von der in Figur 9 dargestellten Ausführung darin, dass das Gehäuse 15 im Querschnitt quadratisch ausgeführt ist. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die erste Empfangseinheit 3 und die zweite Empfangseinheit 4 zueinander versetzt angeordnet sind. So verläuft eine durch zwei ersten Empfänger 4 verlaufende Gerade g3 nicht coaxial zu einer durch zwei zweite Empfänger 6 verlaufenden Gerade g3, sondern die beiden Geraden sind versetzt zueinander angeordnet. Darüber hinaus ist der Sender 11 auf  
25 keiner der beiden Geraden g3 angeordnet.

**BEZUGSZEICHENLISTE**

|    |     |                                    |
|----|-----|------------------------------------|
|    | 1   | Signalursprung                     |
|    | 2   | empfangenes Signal                 |
| 5  | 3   | erste Empfangseinheit              |
|    | 4   | erste Empfänger                    |
|    | 5   | zweite Empfangseinheit             |
|    | 6   | zweite Empfänger                   |
|    | 7   | vorgegebener Bereich               |
| 10 | 8   | Verbindungsgerade                  |
|    | 9   | Vorrichtung                        |
|    | 10  | Rechnereinrichtung                 |
|    | 11  | Sender                             |
|    | 12  | Sendsignal                         |
| 15 | 13  | Objekt                             |
|    | 14  | Fremdsignalquelle                  |
|    | 15  | Gehäuse                            |
|    | 16  | Kreisbogenlinie                    |
|    | 17  | dritte Empfangseinheit             |
| 20 |     |                                    |
|    | g   | Signalpunktgerade                  |
|    | g'  | weitere Signalpunktgerade          |
|    | g1  | erste Gerade                       |
|    | g1a | erste andere Gerade                |
| 25 | g2  | zweite Gerade                      |
|    | g2a | zweite andere Gerade               |
|    | g3  | Gerade                             |
|    | g1' | dritte Gerade                      |
|    | g2' | vierte Gerade                      |
| 30 | k1  | Kreis                              |
|    | k2  | anderer Kreis                      |
|    | l   | Lotgerade                          |
|    | l1  | andere Lotgerade                   |
|    | r1  | erster Abstand                     |
| 35 | r2  | zweiter Abstand                    |
|    | r3  | dritter Abstand                    |
|    | P   | Punkt                              |
|    | P'  | weiterer Punkt                     |
|    | M   | Mittelpunkt der Verbindungsgeraden |

S1-S6 erster bis sechster Signalpunkt

P1-P6 erster bis sechster anderer Signalpunkt

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Verfahren zum Ermitteln eines Signalursprungs (1), wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
- 5           Empfangen von wenigstens einem Signal (2) durch eine erste Empfangseinheit (3), die wenigstens drei erste Empfänger (4) aufweist, wobei auf der Basis des einen empfangenen Signals (2) ein Signalpunkt (S1-S6) ermittelt wird,
- Empfangen von wenigstens einem Signal (2) durch eine zweite Empfangseinheit (5), die wenigstens drei zweite Empfänger (6) aufweist, wobei auf der Basis des empfangenen Signals
- 10       (2) ein anderer Signalpunkt (P1-P6) ermittelt wird, wobei
- bestimmt wird, ob der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind und der Signalursprung (1) abhängig von dem Signalpunkt (S1-S6) und dem anderen Signalpunkt (P1-P6) ermittelt wird.
- 15       2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- a. abhängig vom Bestimmungsergebnis der Signalursprung (1) ermittelt wird oder nicht und/oder dass
- b. der Signalursprung (1) nicht ermittelt wird, wenn der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander asynchron sind und/oder dass
- 20       c. der Signalursprung (1) ermittelt wird, wenn der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Signalpunkte (S1-S6) und mehrere andere Signalpunkte (P1-P6) ermittelt werden.
- 25       4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ermittelt wird, welche Signalpunkte (S1-S6) und andere Signalpunkte (P1-P6) zueinander synchron sind, insbesondere bevor der Signalursprung (1) ermittelt wird.
- 30       5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- a. ausgehend von einem Signalpunkt (S1-S6) ermittelt wird, ob ein anderer Signalpunkt (P1-P6) in einem vorgegebenen Bereich (7) um dem Signalpunkt (S1-S6) angeordnet ist und/oder dass
- b. ausgehend von einem anderen Signalpunkt (P1-P6) ermittelt wird, ob ein
- 35       Signalpunkt (S1-S6) in einem vorgegebenen Bereich (7) um den anderen Signalpunkt (P1-P6) angeordnet ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass festgelegt wird, dass

- 5 a. ein Signalpunkt (S1-S6) und ein anderer Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind, wenn ein erster Abstand (r1) zwischen dem Signalpunkt (S1-S6) und einem Punkt und ein zweiter Abstand (r2) zwischen dem anderen Signalpunkt (P1-P6) und dem Punkt (A) eine vorgegebene Bedingung erfüllen, wobei der Punkt auf einer Verbindungsgerade (8) zwischen der ersten Empfangseinheit (3) und der zweiten Empfangseinheit (5) angeordnet ist und/oder dass
- 10 b. der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) voneinander um einen vorgegebenen Abstand entlang einer den Signalpunkt (S1-S6) und den anderen Signalpunkt (P1-P6) enthaltenen Kreisbogenlinie beabstandet sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Punkt ein Mittelpunkt (M) der Verbindungsgerade (8) ist.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Signalpunktgerade (g) ermittelt wird, die durch einen Signalpunkt (S1-S6) und einen anderen Signalpunkt (P1-P6) verläuft.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass festgelegt wird, dass der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind, wenn eine Lotgerade (l) auf die Signalpunktgerade (g) durch einen Mittelpunkt (M) einer Verbindungsgerade (8) zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit (3, 5) verläuft oder durch einen vorgegebenen Bereich um einen Mittelpunkt (M) einer Verbindungsgerade (8) zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit (4, 5) verläuft.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Gerade (g1) ermittelt wird, die durch wenigstens einen Signalpunkt (S1-S6) und die erste Empfangseinheit (4) verläuft, und eine zweite Gerade (g2) ermittelt wird, die durch wenigstens einen anderen Signalpunkt (P1-P6) und die zweite Empfangseinheit (5) verläuft.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und zweite Gerade (g1, g2) derart verlaufen, dass
- 35 a. sie sich in einem Punkt (P) schneiden oder dass
- b. sie zueinander windschief sind, wobei ein Punkt (P) auf einer anderen Lotgerade (l1) zu der ersten Geraden (g1) und der zweiten Geraden (g2) liegt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass festgelegt wird, dass der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind, wenn ein erster Abstand zwischen dem Punkt (P) und dem Signalpunkt (S1-S6) und ein zweiter Abstand

zwischen dem anderen Punkt (P) und dem anderen Signalpunkt (P1-P6) eine vorgegebene Bedingung erfüllen.

- 5           13.     Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass
- a.       der Signalursprung (1) ermittelt wird, nachdem ein Signalpunkt (S1-S6) und ein  
                  anderer Signalpunkte (P1-P6) bestimmt wurden, die zueinander synchron sind  
                  und/oder dass
- 10           b.       der Signalursprung (1) ermittelt wird, nachdem bestimmt wurde, welche  
                  Signalpunkte (S1-S6) und andere Signalpunkte (P1-P6) zueinander synchron  
                  sind und/oder dass
- c.       der Signalursprung (1) unter Berücksichtigung des Bestimmungsergebnisses  
                  ermittelt wird.
- 15           14.     Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage  
          des Signalpunkts (S1-S6) und des zum Signalpunkt (S1-S6) synchronen anderen Signalpunkts  
          (P1-P6) ermittelt wird, wobei der Signalursprung (1) der Lage des Signalpunkts (S1-S6) und/oder  
          des anderen Signalpunkts (P1-P6) entspricht, wenn die Lage des Signalpunkts (S1-S6) und die  
          Lage des anderen Signalpunkts (P1-P6) gleich ist oder um einen vorgegebenen Bereich  
          voneinander abweichen.
- 20           15.     Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste  
          andere Gerade (g1a) ermittelt wird, die durch einen Signalpunkt (S1-S6) und die erste  
          Empfangseinheit (3) verläuft, und eine zweite andere Gerade (g2a) ermittelt wird, die durch einen  
          anderen Signalpunkt (P1-P6), der synchron zu dem Signalpunkt (S1-S6) ist, und die zweite  
25           Empfangseinheit (5) verläuft.
16.     Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Signalursprung (1) der  
          Schnittpunkt zwischen der ersten und zweiten anderen Gerade (g1a, g2a).
- 30           17.     Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass
- a.       die erste Empfangseinheit (3) und die zweite Empfangseinheit (5) zum selben  
                  Zeitpunkt aktiviert werden und/oder dass
- b.       ein Zeitpunkt, zu dem die erste und zweite Empfangseinheit (3, 5) aktiviert wird,  
35           einem Zeitpunkt entspricht, zu dem ein Sendesignal emittiert wird.
18.     Vorrichtung (9), insbesondere zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der  
          Ansprüche 1 bis 17, zum Ermitteln eines Signalursprungs (1) mit

- einer ersten Empfangseinheit (3) zum Empfangen von wenigstens einem Signal (2), die wenigstens drei erste Empfänger (4) aufweist,
- einer zweiten Empfangseinheit (5) zum Empfangen von wenigstens einem Signal (2), die wenigstens drei zweite Empfänger (6) aufweist und
- 5 einer Rechneinrichtung (10), die auf der Basis des von der ersten Empfangseinheit (3) empfangenen Signals (2) einen Signalpunkt (S1-S6) und auf der Basis des von der zweiten Empfangseinheit (5) empfangenen Signals (2) einen anderen Signalpunkt (P1-P6) ermittelt, wobei die Rechneinrichtung (10) bestimmt, ob der Signalpunkt (S1-S6) und der andere Signalpunkt (P1-P6) zueinander synchron sind und den Signalursprung (1) abhängig von dem
- 10 Signalpunkt (S1-S6) und dem anderen Signalpunkt (P1-P6) ermittelt.
19. Vorrichtung (9) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (9) einen Sender (11) zum Emittieren eines Sendesignals (12) aufweist.
- 15 20. Vorrichtung (9) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass
- a. der Sender (11) derart ausgebildet ist, dass das Sendesignal (12) eine Welle, insbesondere eine Druckwelle, vorzugsweise Schallwelle, oder eine elektro-
- magnetische Welle ist und/oder dass
- b. ein erster Empfänger (4) der ersten Empfangseinheit (3) oder ein zweiter
- 20 Empfänger (6) der zweiten Empfangseinheit (5) als Sender (11) fungiert und/oder dass
- c. das empfangene Signal (2) eine Welle, insbesondere eine Druckwelle, vorzugsweise Schallwelle, oder eine elektro-magnetische Welle ist.
- 25 21. Vorrichtung (9) nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass
- a. der Sender (11) zwischen der ersten und zweiten Empfangseinheit (3, 5) angeordnet und/oder dass
- b. der Sender (11) am Mittelpunkt der Vorrichtung (9) angeordnet ist.
- 30 22. Vorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass
- a. die erste Empfangseinheit (3) und die zweite Empfangseinheit (5) in derselben Ebene angeordnet sind und/oder dass
- b. die ersten Empfänger (4) und die zweiten Empfänger (5) in derselben Ebene angeordnet sind und/oder dass
- 35 c. der Sender und die erste Empfangseinheit (3) und die zweite Empfangseinheit (5) in derselben Ebene angeordnet ist.
23. Vorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass

- 5
- a. ein Abstand der ersten Empfänger (4) zueinander höchstens, insbesondere kleiner als, eine halbe Wellenlänge des empfangenen Signals (2) ist und/oder dass
  - b. ein Abstand der zweiten Empfänger (5) zueinander höchstens, insbesondere kleiner als, eine halbe Wellenlänge des empfangenen Signals (2) ist.

10

24. Vorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei erste Empfänger (4) der ersten Empfangseinheit (3) und/oder wenigstens zwei zweite Empfänger (6) der zweiten Empfangseinheit (5) auf einer Geraden (g3) angeordnet sind.

15

25. Vorrichtung (9) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass

- a. der Sender (11) auf der Geraden (g3) angeordnet ist und/oder dass
- b. wenigstens ein erster Empfänger (4) der ersten Empfangseinheit (3) und/oder wenigstens ein zweiter Empfänger (6) der zweiten Empfangseinheit (5) beabstandet von der Geraden (g3) angeordnet ist.

20

26. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17 bei einer ein- oder mehrdimensionalen, vorzugsweise dreidimensionalen, Positionsbestimmung, insbesondere mittels einer Vorrichtung (9) nach einem der Ansprüche 18 bis 25.

Fig. 1

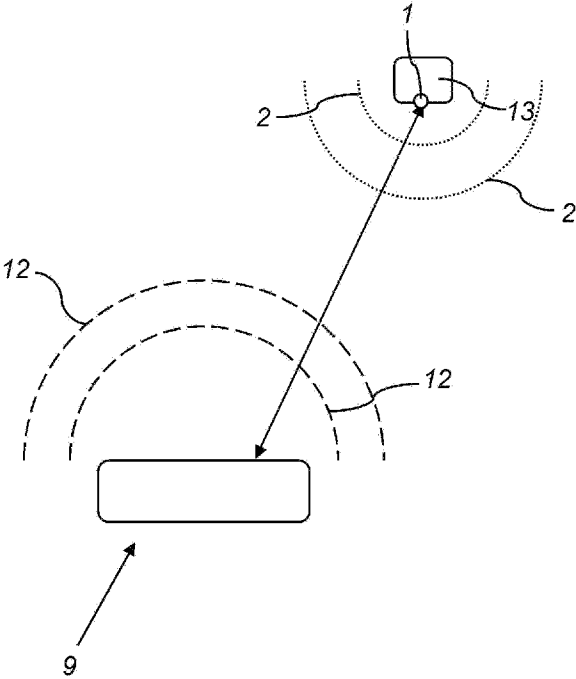


Fig. 2

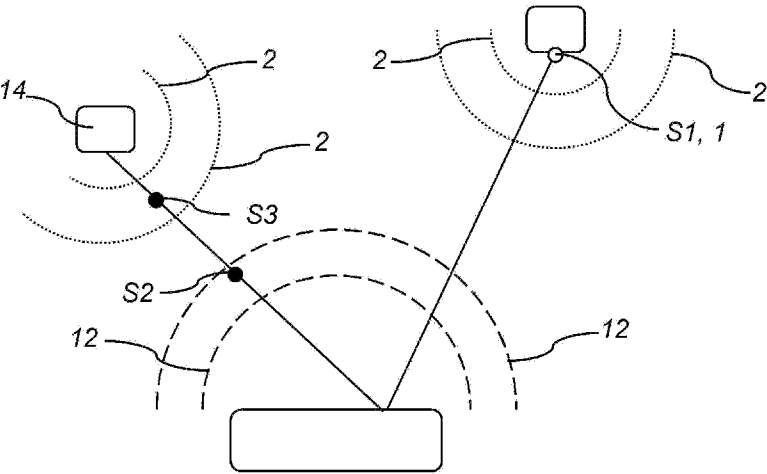


Fig. 3

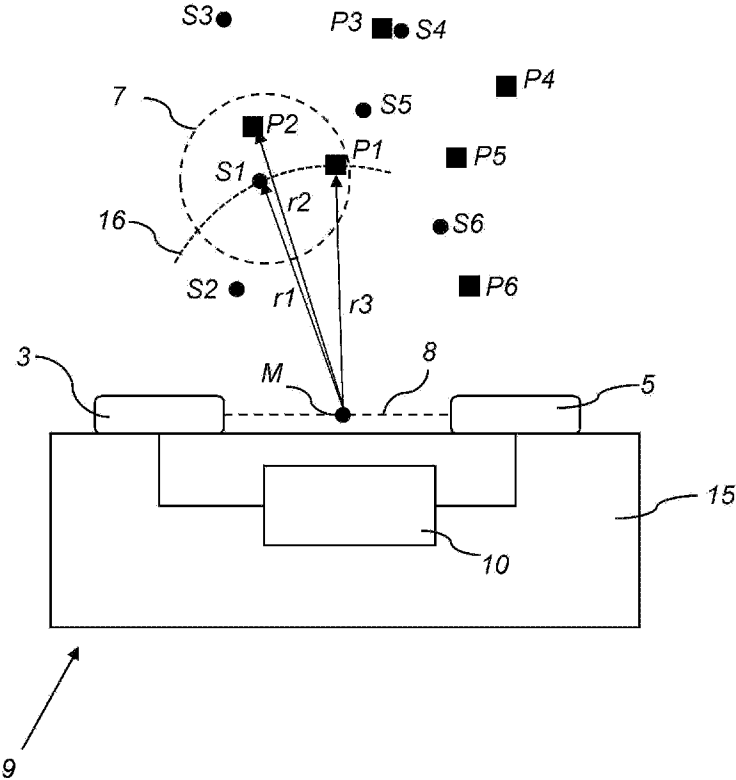


Fig. 4

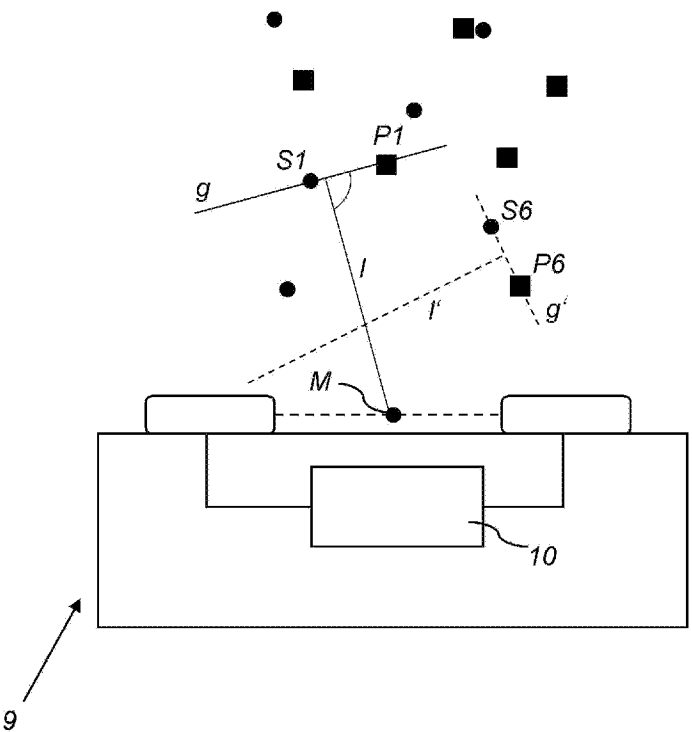


Fig. 5

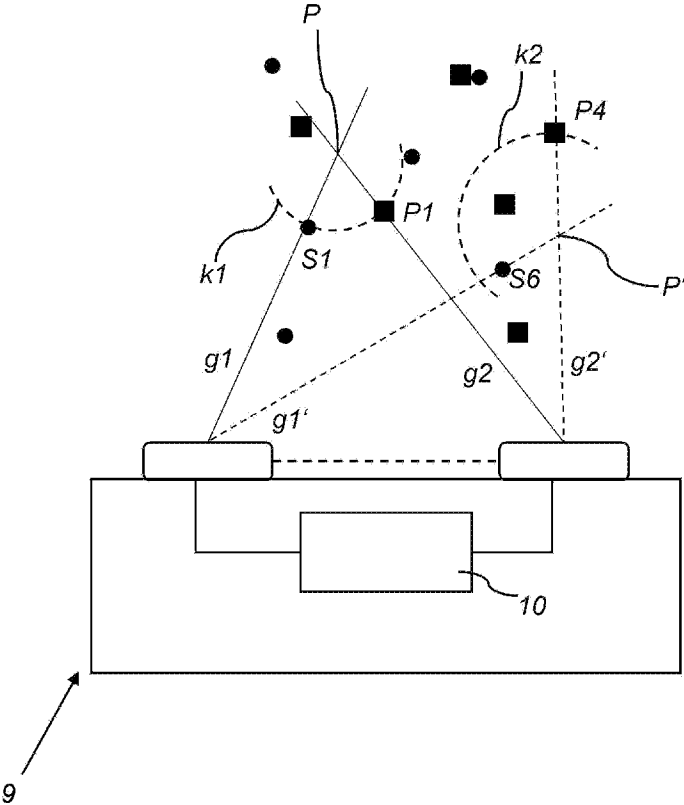


Fig. 6

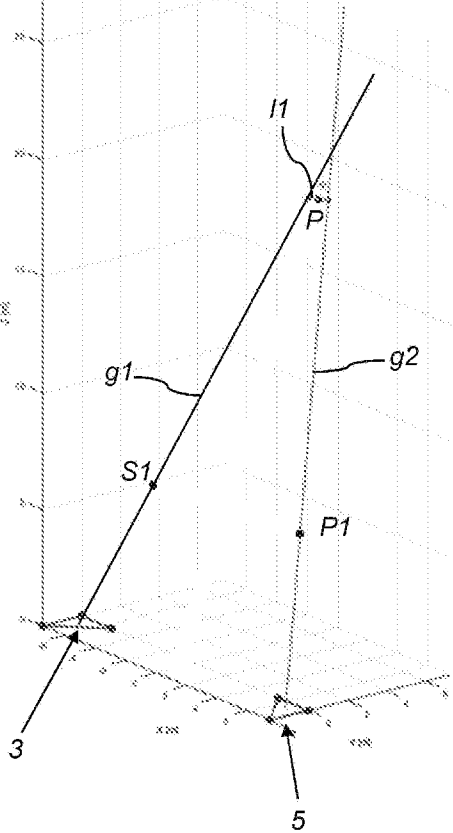


Fig. 7

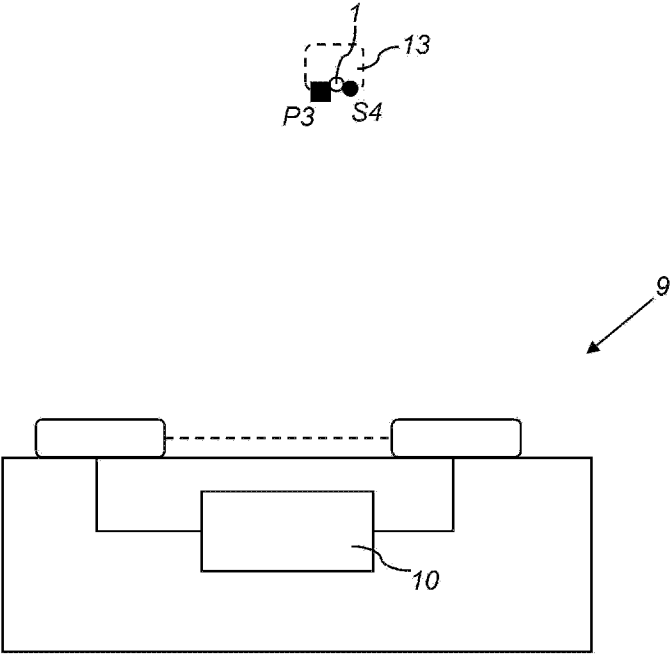


Fig. 8

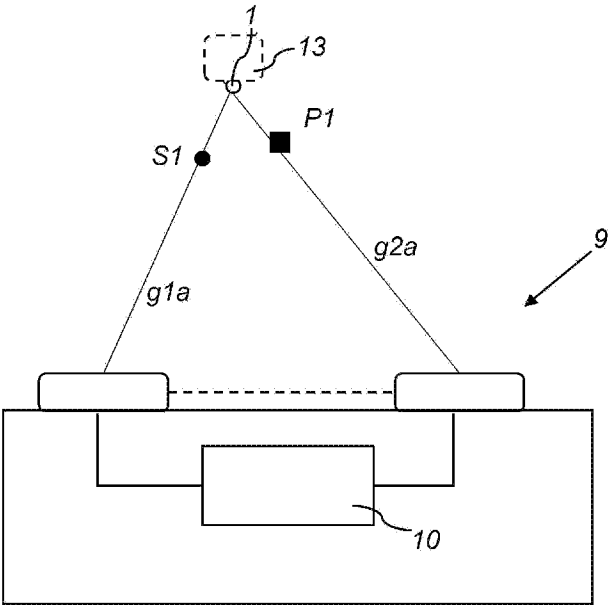


Fig. 9

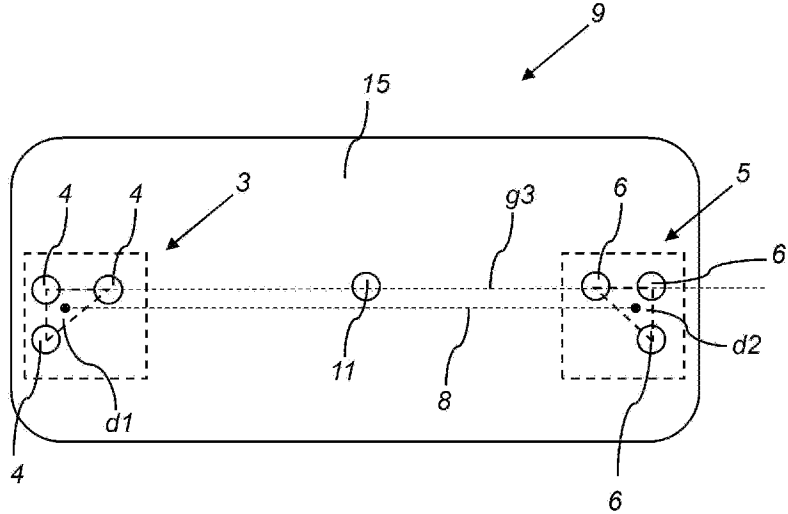


Fig. 10

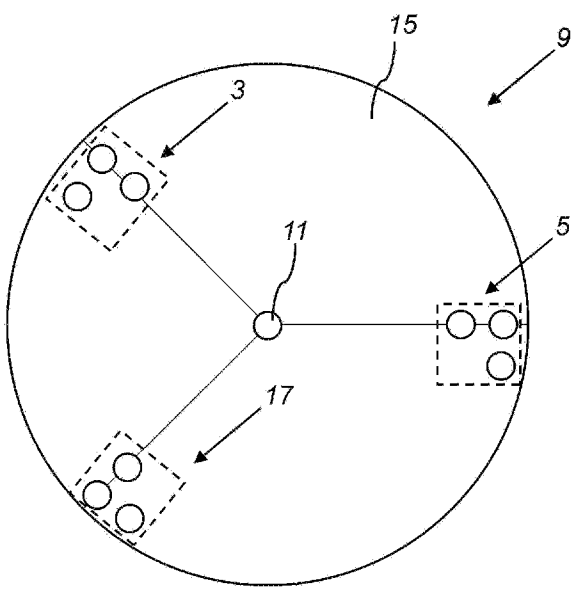


Fig. 11

