



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 214 178.1**

(22) Anmeldetag: **13.12.2021**

(43) Offenlegungstag: **15.06.2023**

(51) Int Cl.: **G01S 5/20 (2006.01)**

**G01S 3/805 (2006.01)**

**G01S 15/88 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Schmid, Dirk, 75397 Simmozheim, DE; Menk,  
Alexander, 71229 Leonberg, DE; Schumann,  
Michael, 70597 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

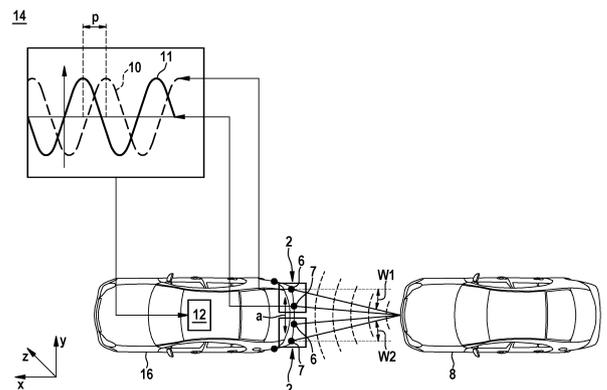
|    |                 |    |
|----|-----------------|----|
| DE | 10 2018 201 605 | A1 |
| DE | 10 2018 205 661 | A1 |
| DE | 10 2018 222 862 | A1 |

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Lokalisierung von externen Schallquellen durch Ultraschallsensorarrays**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist ein Verfahren zum Lokalisieren von mindestens einer Schallquelle durch mindestens zwei Ultraschallsensorarrays, welche jeweils mindestens zwei Wandlerelemente zum Empfangen von Schallwellen aufweisen, wobei von den Wandlerelementen Schallwellen empfangen und elektrische Signale, die die empfangenen Schallwellen repräsentieren, generiert werden, mindestens ein Phasenversatz zwischen den mindestens zwei elektrischen Signalen ermittelt wird, wobei basierend auf dem ermittelten Phasenversätzen zwischen den elektrischen Signalen und einem Abstand zwischen den Ultraschallsensorarrays durch Triangulation die Schallquelle geortet wird. Des Weiteren sind ein Steuergerät, ein Computerprogramm sowie ein maschinenlesbares Speichermedium offenbart.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lokalisieren von mindestens einer externen Schallquelle durch mindestens zwei Ultraschallsensorarrays, welche jeweils mindestens zwei Wandlerelemente zum Empfangen von Schallwellen aufweisen. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Steuergerät, ein Computerprogramm sowie ein maschinenlesbares Speichermedium.

## Stand der Technik

**[0002]** Die ultraschallbasierte Lokalisierung von Objekten im Fahrzeugumfeld erfolgt üblicherweise über Trilateration. Hierfür werden mehrere, als sogenannte Bulk-Sensoren ausgestaltete, Ultraschallsensoren zum Messen von jeweils einem Abstand zu einem Objekt verwendet. Die Lokalisierung erfolgt über Kreisschnittbildung oder über Bildung von Ellipsenschnittpunkten bei reinen Empfängern. Schall-emittierende Objekte, die sich außerhalb des Erfassungsbereichs befinden, können mit diesem Verfahren nicht lokalisiert werden. Außerhalb des Erfassungsbereichs befinden sich alle Objekte, bei welchen das reflektierte Echosignal vom Empfangsrauschen des Ultraschallsensors nicht mehr getrennt werden kann. Unter optimalen Bedingungen bzw. ohne Störquellen liegen diese Grenzen bei den derzeitigen Ultraschallsensoren bei ca. 5-7 m. Sind jedoch andere akustische Quellen in der Nähe des Ultraschallsensors vorhanden, kann die Reichweite auf weniger als 1 m absinken. Diese Störanfälligkeit verhindert somit die effiziente Nutzung von Ultraschallsensoren im Fahrzeugumfeld zur Umfeldüberwachung, die über Einparkhilfen hinausgeht. Die im Fahrzeugumfeld oftmals vorhandenen benachbarten Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise Motorräder, Lastkraftwagen, und andere Schallquelle, wie Baustellen bzw. Baustellenlärm, können somit den Einsatzbereich der Ultraschallsensoren einschränken.

**[0003]** Problematisch an derartigen Einschränkungen ist, dass beispielsweise ultraschallbasierte Assistenzfunktionen, wie tote Winkelüberwachung oder Nachbarspurenerkennung nicht zuverlässig in allen Verkehrssituationen umgesetzt werden können, insbesondere weil die externe Schallquelle einen Anstieg des Sensorrauschens verursacht, welcher eine Lokalisierung der Schallquelle verhindert.

**[0004]** Die DE 10 2018 205 661 A1 offenbart ein Verfahren zur Ortung externer Schallquellen in einem Fahrzeug, bei dem ein Schallsignal durch mehrere Bulk-Ultraschallsensoren registriert und ausgewertet wird. Auch aus der DE 10 2018 222 862 A1 ist ein Verfahren zur Lokalisierung einer externen Schallquelle mit einem Mikrofon bekannt, welches auf Grundlage von Dopplerberechnungen umgesetzt wird.

**Offenbarung der Erfindung**

**[0005]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann darin gesehen werden, ein Verfahren zum Lokalisieren von Objekten auch unter gestörten Bedingungen vorzuschlagen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

**[0007]** Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Lokalisieren von mindestens einer externen Schallquelle durch mindestens zwei Ultraschallsensorarrays bereitgestellt. Die externe Schallquelle befindet sich vorzugsweise außerhalb einer mobilen Einheit, die auch das mindestens eine Ultraschallsensorarray aufweist. Die Ultraschallsensorarrays weisen jeweils mindestens zwei Wandlerelemente zum Empfangen von Schallwellen auf. In einem Schritt werden von den Wandlerelementen Schallwellen insbesondere von externen Schallquellen empfangen und elektrische Signale, die die empfangenen Schallwellen repräsentieren, generiert.

**[0008]** Je nach Ausgestaltung des Ultraschallsensorarrays können diese dazu eingerichtet sein, Schallwellen zu senden und/oder zu empfangen.

**[0009]** Durch ein Steuergerät können die generierten elektrischen Signale unabhängig voneinander empfangen und ausgewertet werden. Insbesondere können die elektrischen Signale in Form von digitalen Daten in einem Speicher des Steuergeräts oder in einem externen Speicher zumindest zeitweise hinterlegt werden.

**[0010]** Im Rahmen einer Auswertung der elektrischen Signale wird für jedes Ultraschallsensorarray mindestens ein Phasenversatz zwischen den jeweils mindestens zwei elektrischen Signalen ermittelt.

**[0011]** Aus den Phasenversätzen können relative Winkel zwischen den jeweiligen Ultraschallsensorarrays und der Schallquelle bestimmt werden.

**[0012]** Beispielsweise steigt mit zunehmendem Winkel zwischen einem Ultraschallsensorarray auch der resultierende Phasenversatz zwischen den elektrischen Signalen. Ein Winkel kann somit durch eine im Vorfeld erstellte Kennlinie oder durch ein mathematisches Modell aus einem ermittelten Phasenversatz bestimmt werden.

**[0013]** Basierend auf den ermittelten Phasenversätzen zwischen den elektrischen Signalen und einem Abstand zwischen den Ultraschallsensorarrays wird durch Triangulation die externe Schallquelle geortet.

Insbesondere kann ein relativer Abstand und eine relative Richtung berechnet oder zumindest abgeschätzt werden.

**[0014]** Alternativ kann basierend auf ermittelten Winkeln zwischen den mindestens zwei Ultraschallsensorarrays und mindestens einem Abstand zwischen den Ultraschallsensorarrays wird durch Triangulation die externe Schallquelle geortet werden.

**[0015]** Alternativ oder zusätzlich kann ein fester Phasenversatz vorgegeben bzw. hinsichtlich der Präsenz von Schallquellen untersucht werden. Insbesondere können somit verschiedene Phasenversätze nacheinander oder zeitgleich geprüft werden, um einen Raumwinkelbereich hinsichtlich externer Schallquellen zu scannen.

**[0016]** Durch die Kenntnis des Abstands und der Richtung der Beabstandung der jeweiligen Wandlerelemente kann die Richtung, aus welcher die Schallquellen emittiert werden, präzise bestimmt werden. Insbesondere kann für jeden ermittelten Phasenversatz eine Richtung bzw. ein Winkel zwischen dem entsprechenden Ultraschallsensorarray und der externen Schallquelle bestimmt werden. Zwei Ultraschallsensorarrays mit einem bekannten Abstand zueinander ermöglichen die präzise Bestimmung der Position der Schallquelle.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit eine Erhöhung der Reichweite für die ultraschallbasierte Detektion und Lokalisierung von schallemittierenden Objekten, wie Fahrzeugen, Baumaschinen, Fertigungsanlagen, Transportanlagen und dergleichen.

**[0018]** Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Steuergerät bereitgestellt, wobei das Steuergerät dazu eingerichtet ist, das Verfahren auszuführen. Das Steuergerät kann beispielsweise ein fahrzeugseitiges Steuergerät, ein fahrzeugexternes Steuergerät oder eine fahrzeugexterne Servereinheit, wie beispielsweise ein Cloud-System, sein. Das Steuergerät kann vorzugsweise die elektrischen Signale in Form von Messdaten von den Wandlerelementen individuell empfangen und auswerten.

**[0019]** Vorzugsweise ist die Position der Wandlerelemente und die Position der mindestens zwei Ultraschallsensorarrays relativ zueinander im Steuergerät bzw. entsprechendem Speicher hinterlegt, um ein Triangulationsverfahren durchzuführen.

**[0020]** Darüber hinaus wird nach einem Aspekt der Erfindung ein Computerprogramm bereitgestellt, welches Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer oder ein Steuergerät diesen veranlassen, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen. Gemäß

einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein maschinenlesbares Speichermedium bereitgestellt, auf dem das erfindungsgemäße Computerprogramm gespeichert ist.

**[0021]** Das Steuergerät und/oder die mindestens zwei Ultraschallsensorarrays können beispielsweise in einer mobilen Einheit angeordnet sein, welche gemäß der BAST Norm assistiert, teilautomatisiert, hochautomatisiert und/oder vollautomatisiert bzw. fahrerlos betreibbar ist.

**[0022]** Beispielsweise kann die mobile Einheit als ein Fahrzeug, ein Roboter, eine Drohne, ein Wasserfahrzeug, ein Schienenfahrzeug, ein Robotaxi, ein Industrieroboter, ein Nutzfahrzeug, ein Bus, ein Flugzeug, ein Helikopter und dergleichen ausgestaltet sein

**[0023]** Durch das Verfahren kann die Bestimmung der Richtung einer externen Schallquelle durch mindestens zwei Mehrelementsensoren bzw. Ultraschallsensorarrays mit jeweils mehreren Wandlerelementen realisiert werden. Dabei kann auch eine Position der externen Schallquelle durch eine Kombination der Winkelergebnisse mehrerer Ultraschallsensorarrays über Triangulation ermittelt werden. Hierzu kann die Objektposition bzw. die Position der externen Schallquelle aus einem bekannten oder ermittelten Winkel und aus einem bekannte Basisabstand der jeweiligen Wandlerelemente zueinander errechnet werden.

**[0024]** Die Richtung bzw. ein Winkel einer externen Schallquelle kann durch den Phasenversatz zwischen den die Schallwellen empfangenden Wandlerelementen bzw. Empfangselementen ermittelt werden.

**[0025]** Insbesondere kann das Verfahren dazu eingesetzt werden, einen Totwinkel-Assistenten eine Nachbarspurüberwachung, Überwachung von vorausfahrenden oder nachfolgenden Fahrzeugen und dergleichen basierend auf Messungen von Ultraschallsensorarrays umzusetzen. Dabei ist das Verfahren nicht auf den Einsatz in Fahrzeugen beschränkt und kann alternativ oder zusätzlich in Bearbeitungsanlagen, in Herstellungsanlagen, im Transportwesen, im Sicherheitsbereich und dergleichen eingesetzt werden, um externe Schallquellen auch bei Vorhandenseiten von Störquellen zu lokalisieren.

**[0026]** Bei einem Ausführungsbeispiel werden die generierten elektrischen Signale hinsichtlich unterschiedlicher Phasenversätze überprüft, insbesondere gefiltert. Durch diese Maßnahme werden unterschiedliche Phasenversätze, die unterschiedlichen Einfallswinkeln entsprechen, aus welchen Schallwellen auf die Wandlerelemente gelangen können, hin-

sichtlich ankommender Schallwellen gescannt werden. Somit können gezielte Winkelbereiche bzw. Raumwinkelbereiche hinsichtlich der Existenz von Schallquellen überprüft werden.

**[0027]** Nach einer weiteren Ausführungsform wird ein Phasenversatz entsprechend einer Ausrichtung der mindestens zwei Wandler Elemente entlang einer Höhenrichtung, entlang einer Längsrichtung und/oder entlang einer Querrichtung ermittelt. Hierdurch kann die mindestens eine externe Schallquelle unabhängig von ihrer Richtung oder Position relativ zum Ultraschallsensorarray lokalisiert werden. Das Verfahren ist somit auch für Anwendungen mit Höhenunterschieden, beispielsweise bei Drohnen oder bei Kränen, geeignet.

**[0028]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weisen die Wandler Elemente im Wesentlichen einen Abstand von mindestens einer halben Wellenlänge von einer Ultraschallfrequenz auf. Bevorzugterweise wird basierend auf dem Phasenversatz der generierten elektrischen Signale und dem Abstand zwischen den Wandler Elementen ein relativer Winkel der Schallquelle ermittelt. Für eine Verringerung der Einflüsse von Nebenkeulen müssen die Empfangselemente bzw. die empfangenden Wandler Elemente einen Abstand von ca.  $\lambda/2$  entfernt liegen. Dabei entspricht  $\lambda$  der Wellenlänge von den empfangenden Schallwellen. Die empfangenden Schallwellen können hierbei eine Wellenlänge bzw. Frequenz aufweisen die innerhalb des Ultraschallbereichs oder außerhalb des Ultraschallbereichs liegt.

**[0029]** Nach einer weiteren Ausführungsform wird mindestens eine als ein Motor, ein Kompressor, ein Lüfter, ein Abgassystem, insbesondere Auspuff, ein externer Ultraschallsensor, ein Fahrgastlautsprecher, ein Bremsgeräusch, ein akustischer Signalgeber und/oder als ein Abrollgeräusch von Rädern auf einer trockenen oder nassen Fahrbahn ausgestaltete externe Schallquelle durch das mindestens eine Ultraschallsensorarray lokalisiert. Somit fungieren die unterschiedlichsten externen Schallquellen nicht mehr als Störquellen für die ultraschallbasierte Lokalisierung von Objekten. Vielmehr werden die externen Schallquellen nutzbringend für die Lokalisierung verwendet.

**[0030]** Nach einer weiteren Ausführungsform werden die Phasenversätze zwischen den erzeugten elektrischen Signalen und die Triangulation kontinuierlich, in festen oder veränderlichen zeitlichen Abständen, bei einem Überschreiten eines Pegels durch mindestens ein elektrisches Signal und/oder bei Bedarf, insbesondere bei einem durch ein Steuergerät veranlassten Bedarf, ermittelt. Durch diese Maßnahme kann die Auswertung und optional bereits der Empfang der elektrischen Signale vielseitig

basierend auf unterschiedlichen Auslösern eingeleitet werden.

**[0031]** Im Folgenden werden anhand von stark vereinfachten schematischen Darstellungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Hierbei zeigen

**Fig. 1** ein Ablaufdiagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform,

**Fig. 2** eine Fahrzeuganordnung zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens bei einem Totwinkel-Assistenten,

**Fig. 3** eine Fahrzeuganordnung zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens bei einer Nachbarspurüberwachung und

**Fig. 4** eine Fahrzeuganordnung zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens bei einer Überwachung eines vorausfahrenden oder nachfolgenden Verkehrsteilnehmers.

**[0032]** In der **Fig. 1** ist ein Ablaufdiagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens 1 gemäß einer Ausführungsform gezeigt. Das Verfahren 1 dient zum Lokalisieren von mindestens einer Schallquelle 4 durch mindestens ein Ultraschallsensorarray 2, welches mindestens zwei Wandler Elemente 6, 7 zum Empfangen von Schallwellen aufweist. Die entsprechenden Komponenten sind beispielhaft in der **Fig. 4** im Detail dargestellt.

**[0033]** In einem Schritt 20 werden von den Wandler Elementen 6, 7 Schallwellen insbesondere von externen Schallquellen 4 empfangen und elektrische Signale 10, 11, die die empfangenen Schallwellen repräsentieren, generiert. Die externen Schallquellen 4 sind beispielhaft als Bestandteile von als Verkehrsteilnehmer 8 bzw. Personenkraftwagen ausgestalteten mobilen Einheiten 8. Insbesondere werden die Schallquelle 4 beispielhaft in Form von Motoren oder Abgasanlagen, in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** gezeigt. Das Verfahren 1 ist jedoch nicht auf den Einsatz in Fahrzeugen bzw. auf Verkehrssituationen beschränkt und kann generell bei mobilen Einheiten 8 eingesetzt werden, die als Schienenfahrzeuge, Wasserfahrzeuge, Landfahrzeuge oder Luftfahrzeuge ausgestaltet sind. Darüber hinaus können mobile Einheiten auch Roboter oder Fertigungsanlagen sein.

**[0034]** Durch ein Steuergerät 12 können die generierten elektrischen Signale 10, 11 unabhängig voneinander empfangen und ausgewertet 22 werden. Insbesondere können die elektrischen Signale 10 in Form von digitalen Daten in einem, nicht dargestellten, Speicher des Steuergeräts 10 oder in einem externen Speicher zumindest zeitweise hinterlegt werden.

**[0035]** Im Rahmen einer Auswertung 22 der elektrischen Signale 10 wird mindestens ein Phasenversatz  $p$  zwischen den elektrischen Signalen der mindestens zwei Wandlerelemente 6, 7 ermittelt 24. Die entsprechenden Zusammenhänge zwischen dem Steuergerät 12 und den Wandlerelementen 6, 7 des Ultraschallarrays 2 sind in der **Fig. 4** veranschaulicht.

**[0036]** Basierend auf dem ermittelten Phasenversatz  $p$  zwischen den elektrischen Signalen 10, 11 und einem Abstand  $a$  zwischen den Wandlerelementen 6, 7 des Ultraschallsensorarrays wird ein relativer Winkel  $W1$ ,  $W2$  ermittelt, welcher eine Richtung der Schallquelle 4 angibt. Jedes Ultraschallsensorarray 2 kann somit einen Winkel  $W1$ ,  $W2$  ermitteln. Basierend auf der Ermittlung von mindestens zwei Winkeln  $W1$ ,  $W2$  und einem bekannten Abstand  $a$  zwischen den ermittelnden Ultraschallsensorarrays 2 kann durch Triangulation die Schallquelle 4 geortet 26 werden. Insbesondere ist in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** ein Motor des Verkehrsteilnehmers 8 die Schallquelle 4, deren Schallwellen durch die Wandlerelemente 6, 7 der beispielsweise zwei Ultraschallsensorarrays 2 empfangen werden.

**[0037]** Die Ortung 26 der Schallquelle 4 bzw. des Verkehrsteilnehmers 8 kann das Ermitteln einer absoluten Position, einer relativen Position der Schallquelle 4 gegenüber dem Ultraschallsensorarray 2 oder das Ermitteln einer relativen Richtung bzw. eines relativen Winkels  $w$  der Schallquelle 4 gegenüber dem Ultraschallsensorarray 2 umfassen.

**[0038]** Alternativ oder zusätzlich kann ein fester Phasenversatz  $p$  vorgegeben bzw. hinsichtlich der Präsenz von Schallquellen 4 untersucht werden. Insbesondere können somit verschiedene Phasenversätze  $p$  nacheinander oder zeitgleich geprüft werden, um einen Raumwinkelbereich hinsichtlich externer Schallquellen 4 zu scannen.

**[0039]** Die **Fig. 2** zeigt eine Fahrzeuganordnung 14 zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens 1 bei einem Totwinkel-Assistenten. Dabei weist die Fahrzeuganordnung 14 ein Ego-Fahrzeug 16 auf, welches zwei beispielhafte Ultraschallsensorarrays 2 in einem Heckbereich umfasst. Die Ultraschallsensorarrays 2 weisen jeweils zwei Wandlerelemente 6, 7 auf, die entlang einer Querrichtung  $x$  voneinander beabstandet sind. Die Ultraschallsensorarrays 2 können hierbei beliebig viele Wandlerelemente 6, 7 aufweisen, die je nach Ausrichtung alternativ entlang einer Längsrichtung, die im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Fahrtrichtung  $x$  ist und/oder entlang einer Höhenrichtung  $z$  voneinander beabstandet sind. Durch diese Beabstandung der Wandlerelemente 6, 7 und eine bekannte Beabstandung der Ultraschallsensorarrays 2 zueinander kann ein Triangulationsverfahren ange-

wandt werden, um eine Lokalisierung von externen Schallquellen 4 zu realisieren.

**[0040]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein benachbartes Fahrzeug bzw. ein benachbarter Verkehrsteilnehmer 8 als eine Schallquelle 4 ausgestaltet. Dabei kann der Motor, ein Abrollgeräusch der Reifen und dergleichen als die eigentliche Schallquelle 4 fungieren, die durch die Ultraschallsensorarrays 2 detektierbar ist.

**[0041]** Die jeweiligen Wandlerelemente 6, 7 sind individuell mit einem Steuergerät 12 verbunden und können durch das Steuergerät 12 ausgewertet und angesteuert werden. Insbesondere können die Wandlerelemente 6, 7, wahlweise in einem Empfangsmodus oder in einem Sendemodus durch das Steuergerät 12 betrieben werden, um Schallwellen zu empfangen.

**[0042]** Die **Fig. 3** zeigt eine Fahrzeuganordnung 14 zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens 1 bei einer Nachbarspurüberwachung. Rechts neben dem Ego-Fahrzeug 16 befindet sich ein Verkehrsteilnehmer 8, der durch die beispielhaften zwei Ultraschallsensorarrays 2 registriert und nachverfolgt werden kann.

**[0043]** Durch den Einsatz von mindestens zwei Ultraschallsensorarrays 2 kann das Steuergerät 12 prüfen, ob ein Einscheren nach einem Überholvorgang möglich ist oder ob die benachbarte Fahrspur für ein Ausscheren zum Durchführen eines Überholvorgangs frei ist.

**[0044]** In der **Fig. 4** ist eine Fahrzeuganordnung 14 zum Veranschaulichen einer Anwendung des Verfahrens 1 bei einer Überwachung eines vorausfahrenden oder nachfolgenden Verkehrsteilnehmers 8 illustriert. Wie bereits in der **Fig. 1** angemerkt, veranschaulicht die **Fig. 4** im Detail die elektrischen Signale 10, 11, die im Rahmen einer Überwachung eines nachfolgenden Verkehrsteilnehmers 8 durch die Wandlerelemente 6, 7 generiert werden. Dies geschieht separat für jeden der beiden beispielhaften Ultraschallsensorarrays 2.

**[0045]** Die jeweiligen Wandlerelemente 6, 7 empfangen die Schallwellen aus einem bestimmten Winkel oder aus unterschiedlichen Winkeln. Dabei weicht ein Empfangswinkel eines ersten Wandlerelements 6 geringfügig von einem Empfangswinkel eines zweiten Wandlerelements 7. Durch diese Abweichung entsteht der Phasenversatz  $p$ , der in einer nachträglichen Auswertung durch das Steuergerät 12 ermittelt wird. Aus dem Phasenversatz  $p$  können die Winkel  $W1$ ,  $W2$  berechnet werden. Jedes Ultraschallsensorarray 2 ermittelt einen Phasenversatz  $p$ , welcher in einen entsprechenden Winkel  $W1$ ,  $W2$  umgerechnet werden kann. Somit kön-

nen zwei Winkel  $W_1$ ,  $W_2$  bestimmt werden, wobei ein Abstand  $a$  zwischen den Ultraschallsensorarrays 2 üblicherweise bekannt oder im Vorfeld messbar ist. Mit Hilfe von zwei Winkeln  $W_1$ ,  $W_2$  und dem Abstand  $a$  kann das Triangulationsverfahren ausgeführt und die relative Position der Schallquelle 4 berechnet werden.

**[0046]** Das mindestens eine Ultraschallsensorarray 2 kann vorzugsweise in MEMS-Technologie hergestellt und beispielsweise als ein sogenannter piezoelectric micromachined ultrasonic transducer (PMUT-Sensor) ausgestaltet sein. Die Wandlerelemente 6, 7 können als Membranen oder als schwingbare Kolben oder als kombinierte Membran-Kolben-Anordnungen ausgestaltet sein, um Schallimpulse bzw. Schallwellen zu erzeugen und/oder zu empfangen.

**[0047]** Neben der Lokalisierung der Schallquelle 4 kann hierbei alternativ auch die Präsenz einer Schallquelle 4 innerhalb eines Erfassungsbereichs des mindestens einen Ultraschallsensorarrays 2 registriert werden. Dabei kann die Registrierung der Präsenz der Schallquelle 4 in einem Abstand von 5 - 7 m von dem Ultraschallsensorarray 2 bzw. der Wandlerelemente 6, 7 erfolgen.

**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 102018205661 A1 [0004]
- DE 102018222862 A1 [0004]

**Patentansprüche**

1. Verfahren (1) zum Lokalisieren von mindestens einer externen Schallquelle (4), die außerhalb einer mobilen Einheit (8) angeordnet ist, durch mindestens zwei Ultraschallsensorarrays (2), welche jeweils mindestens zwei Wandlerelemente (6, 7) zum Empfangen von Schallwellen aufweisen, wobei von den Wandlerelementen (6, 7) Schallwellen empfangen und elektrische Signale (10, 11), die die empfangenen Schallwellen repräsentieren, generiert werden, mindestens ein Phasenversatz (p) für jeden der mindestens zwei Ultraschallsensorarrays (2) zwischen den mindestens zwei elektrischen Signalen (10, 11) ermittelt wird, wobei basierend auf den ermittelten Phasenversätzen (p) zwischen den elektrischen Signalen (10, 11) und einem Abstand (a) zwischen den Ultraschallsensorarrays (2) durch Triangulation die externe Schallquelle (4) geortet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die generierten elektrischen Signale (10, 11) hinsichtlich unterschiedlicher Phasenversätze (p) überprüft, insbesondere gefiltert, werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Phasenversatz (p) entsprechend einer Ausrichtung der mindestens zwei Wandlerelemente (6, 7) entlang einer Höhenrichtung (z), entlang einer Längsrichtung (x) und/oder entlang einer Querrichtung (y) ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Wandlerelemente (6, 7) im Wesentlichen einen Abstand von einer halben Wellenlänge von einer Schallfrequenz aufweisen, wobei basierend auf dem Phasenversatz der generierten elektrischen Signale (10, 11) und dem Abstand zwischen den Wandlerelementen (6, 7) ein relativer Winkel (W1, W2) zu der Schallquelle (4) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei mindestens eine als ein Motor, ein Kompressor, ein Lüfter, ein Abgassystem, insbesondere Auspuff, ein externer Ultraschallsensor, ein Fahrgastlautsprecher, ein Bremsgeräusch, ein akustischer Signalgeber und/oder als ein Abrollgeräusch von Rädern ausgestaltete externe Schallquelle (4) durch das mindestens eine Ultraschallsensorarray (2) lokalisiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Phasenversätze (p) zwischen den erzeugten elektrischen Signalen (10, 11) und die Triangulation kontinuierlich, in festen oder veränderlichen zeitlichen Abständen, bei einem Überschreiten eines Pegels durch mindestens ein elektrisches Signal (10, 11) und/oder bei Bedarf durchgeführt werden.

7. Steuergerät (12), wobei das Steuergerät (12) dazu eingerichtet ist, das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.

8. Computerprogramm, welches Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer oder ein Steuergerät (12) diesen veranlassen, das Verfahren (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

9. Maschinenlesbares Speichermedium, auf welchem das Computerprogramm gemäß Anspruch 8 gespeichert ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

1

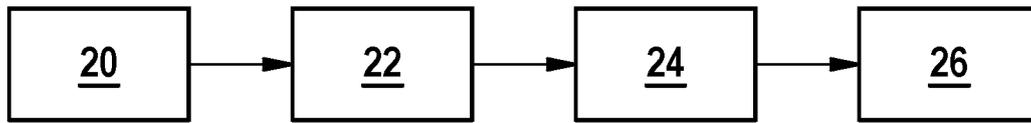


Fig. 1

14

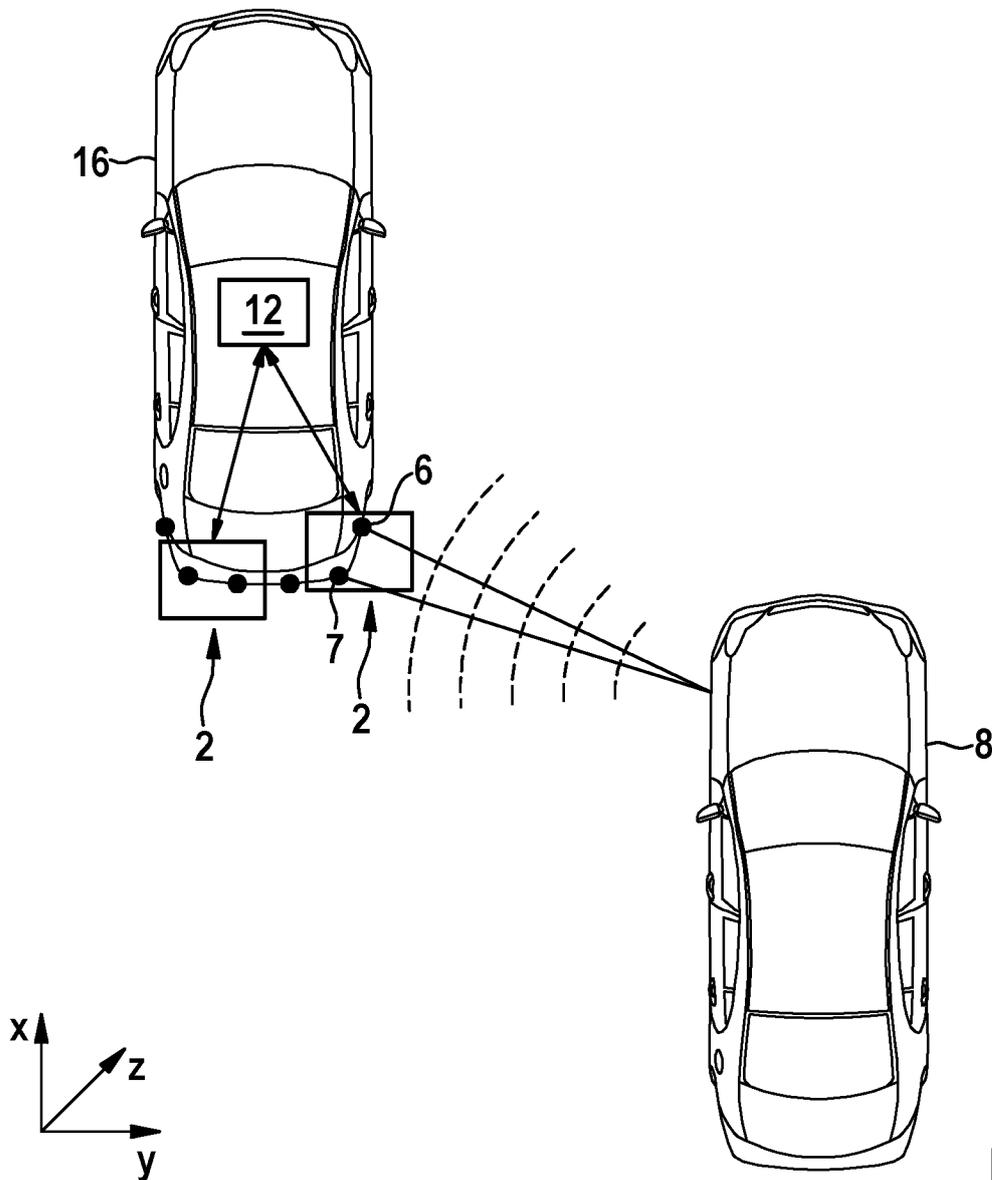
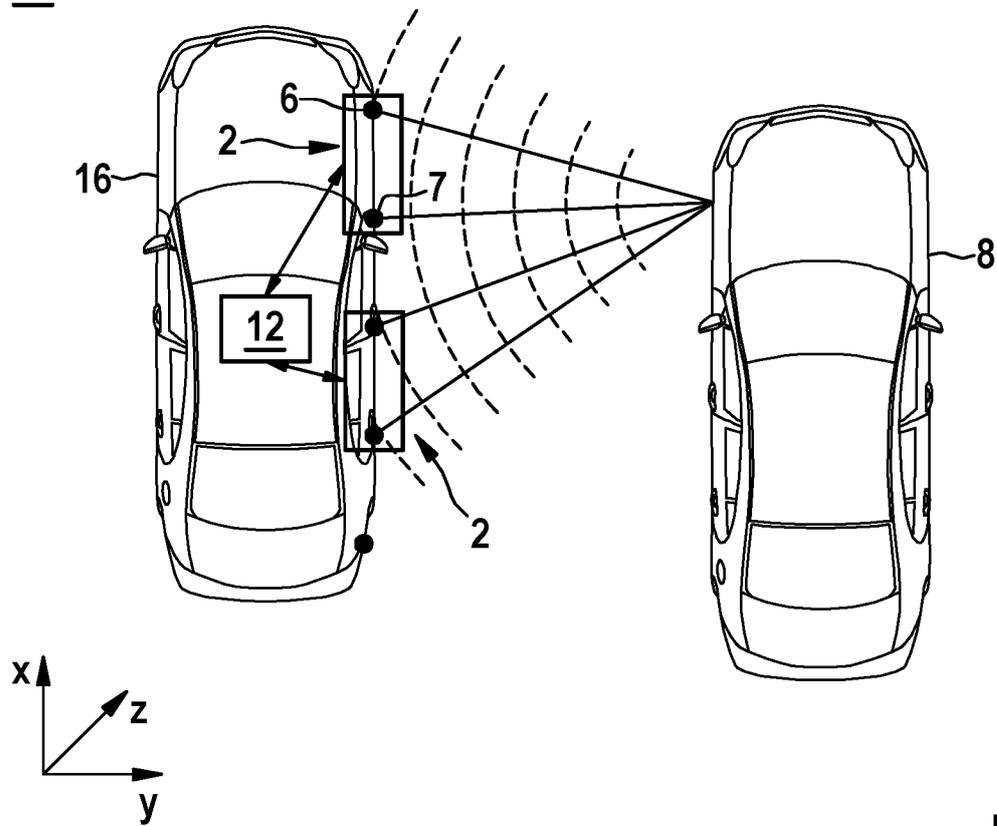


Fig. 2

14



**Fig. 3**

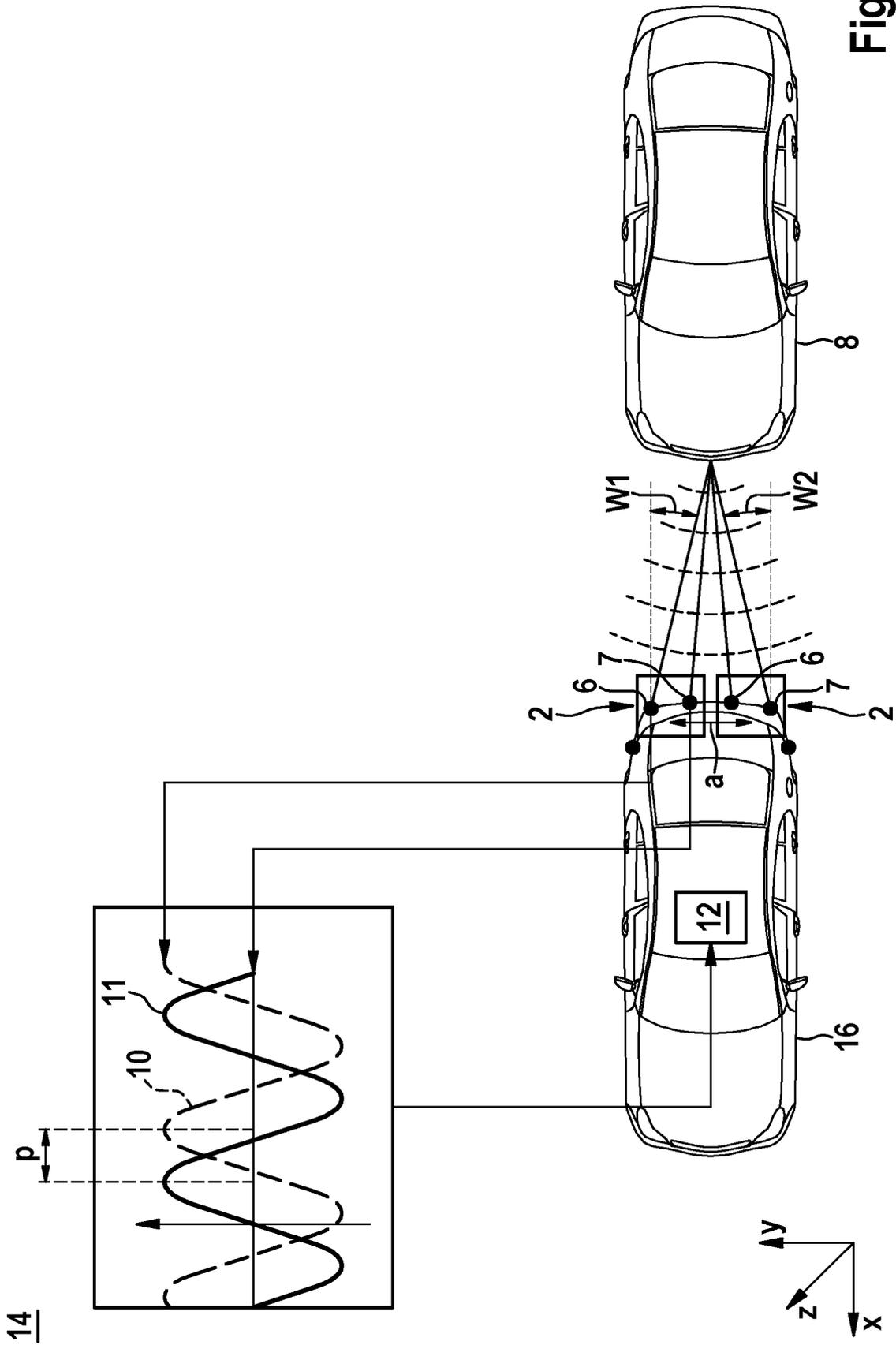


Fig. 4