



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 203 941.0**

(22) Anmeldetag: **15.03.2018**

(43) Offenlegungstag: **19.09.2019**

(51) Int Cl.: **G01S 7/40 (2006.01)**

G01S 13/93 (2006.01)

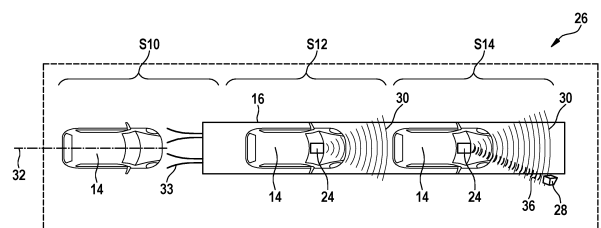
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Dorenkamp, Stephan, 71640 Ludwigsburg, DE;
Ruppel, Alexander, 70469 Stuttgart, DE; Tietze,
Nils, 70191 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Automatisches Kalibrieren eines Fahrzeug-Radarsensors**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Kalibrieren eines Radarsensors (34) eines Fahrzeugs (14), das Verfahren umfasst: Fixieren des Fahrzeugs (14) an einem Transportmittel (16); Bewegen des Fahrzeugs (14) mit dem Transportmittel (16) entlang einer Strecke vorbei an einem Reflektor (28) für Radarwellen (30); Bestrahlen des Reflektors (28) mit Radarwellen (30) und Empfangen von reflektierten Radarwellen (36) mit dem Radarsensor, während das Fahrzeug (14) entlang der Strecke bewegt wird; mehrmaliges Bestimmen einer Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zu dem Reflektor (28) aus den reflektierten Radarwellen (36); und räumliches Kalibrieren des Radarsensors (34) basierend aus den ermittelten Positionen und Ausrichtungen relativ zum Reflektor (28) durch Ermitteln einer Position und/oder einer Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zum Fahrzeug (14).



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Kalibrieren eines Radarsensors eines Fahrzeugs

Hintergrund der Erfindung

[0002] In Fahrzeugen kann ein Radarsystem als Grundelement zur Umfelderkennung eingesetzt werden. Mittels Aussenden von Radarwellen, d.h. elektromagnetischer Wellen, dem sogenannten Primärsignal, und der Reflexion dieser elektromagnetischen Wellen an einem Objekt, wird der reflektierte Anteil der Radarwellen, das sogenannte Sekundärsignal, anhand verschiedener Kriterien ausgewertet, um Informationen, wie Abstand oder Dimension des Objektes, zu bestimmen.

[0003] Für den Einsatz im Fahrzeug muss das Radarsystem justiert bzw. kalibriert werden. Dies kann dabei über eine manuelle Feinjustierung erfolgen oder das Radarsystem kann dazu in der Lage sein, eine automatische Kalibrierung durchzuführen. Die manuelle Justierung erfolgt, indem der oder die Radarsensoren des Radarsystems exakt zur geometrischen Fahrachse (beispielsweise der Hinterachse) des Fahrzeugs ausgerichtet werden. Dies kann mittels eines Laserstrahls geschehen, der auf einen Spiegel am Sensorgehäuse projiziert wird und in einer definierten Position auf eine Messtafel auftrifft.

[0004] Bestimmte Radarsysteme sind in der Lage, eine automatische Kalibrierung während der Fahrt durchzuführen. Hierbei sucht sich das Radarsystem automatisch Referenzpunkte, anhand derer die geometrische Fahrachse und die Einbauposition erkannt und miteinander in Einklang gebracht werden können.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, das Kalibrieren eines Radarsensors eines Fahrzeugs zu automatisieren und zu erleichtern.

[0006] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

[0007] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren eines Radarsensors eines Fahrzeugs. Der Radarsensor bzw. Radarkopf kann Teil eines Radarsystems sein, das in das Fahrzeug integriert ist, kann aber auch Teil eines externen Systems sein, das zeitweise mit dem Fahrzeug mecha-

nisch verbunden wird, um das Fahrzeug beispielsweise autonom zu steuern. Ein Fahrzeug kann dabei ein Automobil, ein Straßenfahrzeug, wie etwa ein Pkw, Lkw, Bus oder Motorrad, oder ein Nutzfahrzeug sein. Das Verfahren kann beim automatisierten Betrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden, wie etwa Shuttle-Fahrzeuge für Personentransporte oder Transportfahrzeuge in einem Werk, auf Flughäfen, auf Baustellen, auf Messegeländen etc.

[0008] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren: Fixieren des Fahrzeugs an einem Transportmittel. Das Fahrzeug kann an dem Transportmittel fixiert werden, indem es an dem Transportmittel befestigt wird und/oder darauf gestellt bzw. gefahren wird.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter: Bewegen des Fahrzeugs mit dem Transportmittel entlang einer Strecke vorbei an einem Reflektor für Radarwellen. Im Allgemeinen kann der Reflektor dazu ausgeführt sein, Radarwellen zu reflektieren. Beispielsweise kann der Reflektor eine ebene und/oder metallische Oberfläche aufweisen. Die Strecke, entlang der das Fahrzeug geführt wird, kann eine gerade Strecke sein. Dies kann die Berechnung der Kalibrierungswerte vereinfachen (siehe unten).

[0010] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter: Bestrahlen des Reflektors mit Radarwellen und Empfangen von reflektierten Radarwellen mit dem Radarsensor, während das Fahrzeug entlang der Strecke bewegt wird. Die Radarwellen können von dem Radarsensor erzeugt werden und/oder in die Umgebung abgestrahlt werden, so dass sie auf den Reflektor treffen und von diesem auch auf den Radarsensor zurückgeworfen werden.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter: mehrmaliges Bestimmen einer Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors relativ zu dem Reflektor aus den reflektierten Radarwellen, während das Fahrzeug entlang der Strecke transportiert wird. Aus den reflektierten Radarwellen kann ein Abstand des Radarsensors zum Reflektor und/oder eine Richtung zu dem Reflektor bestimmt werden. Daraus kann eine relative Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors zu dem Reflektor bestimmt werden. Während das Fahrzeug entlang der Strecke transportiert wird, können auf diese Weise eine Mehrzahl von Positionen und/oder Ausrichtungen des Radarsensors relativ zum Reflektor zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. unterschiedlichen Positionen des Fahrzeugs bestimmt werden.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter: räumliches Kalibrieren des Radarsensors basierend aus den ermittelten

Positionen und/oder Ausrichtungen relativ zum Reflektor durch Ermitteln einer Position und/oder einer Ausrichtung des Radarsensors relativ zum Fahrzeug. Aus den relativen Positionen und/oder Ausrichtungen des Radarsensors zu dem Reflektor zu verschiedenen Zeitpunkten bzw. Positionen des Transports entlang der Strecken kann durch geometrische Berechnungen ermittelt werden, wie der Radarsensor relativ zu der Strecke positioniert ist. Diese geometrischen Berechnungen können besonders einfach sein, wenn die Strecke gerade ist. Die Position und/oder die Ausrichtung des Radarsensors relativ zum Fahrzeug kann dann aus einer Position des Fahrzeugs relativ zum Transportmittel bestimmt werden. Beispielsweise kann die Mittelachse zentriert zum Transportmittel und/oder parallel zu der Transportstrecke angeordnet sein.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors eine laterale Verschiebung des Radarsensors relativ zu einer Mittelachse des Fahrzeugs ermittelt. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass ermittelt wird, welchen orthogonalen Abstand der Reflektor zur Transportstrecke des Radarsensors hat. Die Differenz zum Abstand der Mittelachse des Fahrzeugs zum Reflektor, die durch entsprechendes Fixieren des Fahrzeugs am Transportmittel bekannt sein kann, kann dann die laterale Verschiebung ergeben.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors eine Abweichung der Ausrichtung des Radarsensors relativ zu einer Mittelachse des Fahrzeugs ermittelt. Aus den ermittelten Ausrichtungen des Radarsensors relativ zu dem Reflektor kann bestimmt werden, wie der Radarsensor relativ zur Mittelachse des Fahrzeugs orientiert ist. Eine Ausrichtung kann im Allgemeinen durch einen Winkel zu einer vorgegebenen Richtung definiert werden, wie etwa der Transportrichtung, der durch die Transportstrecke definierten Richtung und/oder der Mittelachse des Fahrzeugs.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird das Fahrzeug derart am Transportmittel fixiert, dass eine Mittelachse des Fahrzeugs in eine vorgegebene Richtung weist und/oder die Mittelachse einen vorgegebenen Abstand zum Reflektor aufweist. Dies kann beispielsweise durch Markierungen am Transportmittel, vordefinierter Fixierungspunkte und/oder durch ein festgelegtes Fixieren des Fahrzeugs am Transportmittel, wie etwa mithilfe einer Schiene, geschehen.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird die Mittelachse des Fahrzeugs mittels einer Schiene relativ zu dem Transportmittel ausgerichtet. Das Fahrzeug kann in eine Schiene gefahren werden, die das Fahrzeug dazu zwingt, eine bestimmte

Position relativ zu dem Transportmittel einzunehmen. Die Schiene kann das Fahrzeug zum Transportmittel bzw. darauf führen. Beispielsweise kann das Fahrzeug auf einem Transportband zentriert werden.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren weiter: Befestigen eines externen Fahrzeugsteuersystems, das den Radarsensor umfasst, an dem Fahrzeug; und autonomes Führen des Fahrzeugs zu einem Zielpunkt durch das Fahrzeugsteuersystem basierend auf Messungen durch den Radarsensor, nachdem der Radarsensor kalibriert und das Fahrzeug das Transportmittel verlassen hat. Das externe Fahrzeugsteuersystem kann beispielsweise auf dem Fahrzeug befestigt werden und mit einem Steuersystem des Fahrzeugs elektrisch verbunden werden. Beispielsweise kann das Fahrzeug am Ende einer Fertigungsstraße mit dem externen Fahrzeugsteuersystem ausgestattet werden, dass es dann autonom zu einem Verladepunkt des Fahrzeugs gesteuert wird.

[0018] Das Verfahren kann zur Kalibrierung eines Systems zum automatisierten Fahren von Fahrzeugen auf beschränktem Gelände, beispielsweise einem Werksgelände, verwendet werden.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird das Fahrzeugsteuersystem an dem Fahrzeug befestigt, während das Fahrzeug mit dem Transportmittel transportiert wird. Beispielsweise kann ein Techniker das Fahrzeugsteuersystem an dem Fahrzeug befestigen, nachdem es auf das Transportband gefahren wurde.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist das Transportmittel ein Transportband. Das Fahrzeug kann zum Fixieren auf das Transportband gefahren werden. Dieses Transportband kann das Fahrzeug dann am Reflektor vorbei transportieren, wobei gleichzeitig die Messungen der Position des Radarsensors relativ zum Reflektor durchgeführt werden.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden weitere mit dem Radarsensor starr verbundene Sensoren basierend auf der räumlichen Kalibrierung des Radarsensors räumlich kalibriert. Aus der relativen Position und/oder Ausrichtung der weiteren Sensoren können auch für diese Sensoren entsprechende Kalibrierungsdaten erzeugt werden. Die weiteren Sensoren können einen GPS-Sensor, einen Lidar-Sensor, eine Monokamera, eine Stereokamera und/oder einen Ultraschall-Sensor umfassen.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist der Reflektor ein Trippelreflektor. Ein Trippelreflektor kann drei orthogonal zueinander angeordnete Flächen umfassen. Wie im Allgemeinen ein Reflektor, können diese Flächen dazu ausgeführt sein, Radar-

wellen zu reflektieren. Die Flächen können eine metallische Oberfläche aufweisen.

[0023] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein System zum Kalibrieren eines Radarsensors eines Fahrzeugs, wobei das System dazu ausgeführt ist, das Verfahren, so wie hierin beschrieben, durchzuführen. Es ist zu verstehen, dass Merkmale des Verfahrens, so wie oben stehend und unten stehend beschrieben, auch Merkmale der Vorrichtung sein können und umgekehrt.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das System eine Auswerteeinheit zum Bestimmen einer Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors relativ zu dem Reflektor und zum räumlichen Kalibrieren des Radarsensors. Die Auswerteeinheit kann beispielsweise in das Fahrzeug verbaut sein oder Teil eines externen Fahrzeugsteuersystems sein.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das System ein Transportmittel zum Transportieren des Fahrzeugs, beispielsweise ein Transportband, eine Transportschiene oder Transportschlitten.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das System einen neben das Transportmittel montierten Reflektor, wie etwa einen Trippelreflektor.

Figurenliste

[0027] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezug auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Gelände, in dem ein Kalibrierungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung eingesetzt werden könnte.

Fig. 2 zeigt schematisch ein Kalibrierungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 3 zeigt schematisch ein externes Fahrzeugsteuersystem für ein Kalibrierungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Trippelreflektor für ein Kalibrierungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 5 illustriert, wie eine laterale Verschiebung des Radarsensors in einem Kalibrierungsverfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bestimmt werden kann.

Fig. 6 illustriert, wie eine Ausrichtung des Radarsensors in einem Kalibrierungsverfahren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bestimmt werden kann.

[0028] Grundsätzlich sind identische oder ähnliche Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0029] **Fig. 1** zeigt schematisch ein Werksgelände **10**, in dem das Kalibrierungssystem und Kalibrierungsverfahren angewendet werden kann. Das Werksgelände **10** umfasst eine Werkshalle **12**, in der Fahrzeuge **14** gefertigt werden und die über ein Transportband bzw. Transportmittel **16** zu einem Fahrbereich **18** transportiert werden, über den sie zu einer Übergabezone **20** gefahren werden, wo sie in einer Verladestation **22** verladen werden, beispielsweise auf einen Lkw oder Zug.

[0030] Für eine sogenannte „End-of-Line Automation“ (ELA) sollen neu gefertigte Fahrzeuge **14** bereits in der Werkshalle **12** des Fahrzeugherstellers befähigt werden, automatisiert und damit ohne Insasse vom Ende des Transportbands **16** in der Werkshalle **12** zu der Übergabezone **20** bzw. Verladestation **22** zu fahren. Für die automatisierte Fahrt sollen keine fahrzeugeigenen Sensoren verwendet werden.

[0031] Um ein Fahrzeug **14** für das automatisierte Fahren zu befähigen, wird daher, beispielsweise noch auf dem Transportband **16**, ein externes Fahrzeugsteuersystem **24** an dem Fahrzeug **14** befestigt, das eigene Sensoren, wie etwa einen Radarsensor, aufweist und das mit einem internen Fahrzeugsteuersystem des Fahrzeugs **14** verbunden wird. Nachdem das Fahrzeug **14** mit dem externen Fahrzeugsteuersystem **24** ausgestattet wurde, kann es mit einem Flottenmanagement-System verbunden werden und kann von diesem Informationen über einen Zielpunkt, wie etwa die Übergabezone **20** oder die Verladestation **22**, erhalten.

[0032] Da es möglich ist, dass das externe Fahrzeugsteuersystem **24** manuell durch einen Werksmitarbeiter an dem Fahrzeug **14** befestigt wird, kann es sein, dass die Einbauposition des externen Fahrzeugsteuersystems **24** nicht exakt bekannt ist. Aus diesem Grund kann eine Justierung bzw. eine Kalibrierung des externen Fahrzeugsteuersystems **24** durchgeführt werden, wie sie hierin beschrieben ist.

[0033] Eine automatisierte Kalibrierung im Betrieb des Fahrzeugs **14** kann in diesem Fall nachteilhaft sein, da das externe Fahrzeugsteuersystem **24** bereits am Ende des Transportbands **16** ohne Einschränkung verfügbar sein soll und eine Kalibrierungsfahrt in der Regel nicht wirtschaftlich ist. Ebenso kann eine manuelle Kalibrierung nachteilhaft sein, da sich das Fahrzeug **14** im letzten Abschnitt auf einem bewegten Transportband befindet und eine stationäre Justierung zeitintensiv und damit ebenfalls unwirtschaftlich sein kann.

[0034] Es ist zu verstehen, dass das Kalibrierungssystem und Kalibrierungsverfahren auch anderweitig eingesetzt werden können, beispielsweise für Shuttle-Fahrzeuge zum Personentransport usw., wie es bereits weiter oben ausgeführt wurde.

[0035] Fig. 2 zeigt schematisch ein Kalibrierungssystem 26, das ein Transportmittel 16 in der Form eines Transportbands und einen neben einem Transportmittel 16 fixierten Reflektor 28 für Radarwellen 30 umfasst. Mit Fig. 2 wird auch das Kalibrierungsverfahren illustriert.

[0036] In einem Schritt S10 wird das Fahrzeug 14 derart am Transportmittel 16 fixiert, dass eine Mittelachse 32 des Fahrzeugs 14 in eine vorgegebene Richtung weist und/oder die Mittelachse 32 einen vorgegebenen Abstand zum Reflektor 28 aufweist. Beispielsweise kann die Mittelachse 32 des Fahrzeugs 14 mittels Schienen 33 relativ zu dem Transportmittel 16 ausgerichtet werden. Es ist zu verstehen, dass im Falle eines Transportbands oder Transportschlittens das Fahrzeug 14 bereits durch einfaches Stellen auf das Transportband oder den Transportschlitten daran fixiert werden kann.

[0037] Durch das gezielte Positionieren des Fahrzeugs 14 am Transportmittel 16 kann sichergestellt werden, dass eine Fahrzeugposition auf dem Transportmittel 16 bekannt ist. Die Fahrzeugposition kann dazu verwendet werden, die relative Position des externen Fahrzeugsteuersystems 24 und dem Fahrzeug 14 zu bestimmen. Als Schienen 33 können beispielsweise Profile verwendet werden, die die Reifen des Fahrzeugs 14 in eine bestimmte Spur zwingen und/oder wie sie etwa in Pkw-Waschanlagen eingesetzt werden.

[0038] In einem Schritt S20, beispielsweise wenn das Fahrzeug 14 bereits am Transportmittel 16 fixiert ist, wird das externe Fahrzeugsteuersystem 24 durch einen Werkmitarbeiter an dem Fahrzeug 14 befestigt, beispielsweise an der Windschutzscheibe.

[0039] Fig. 3 zeigt schematisch ein externes Fahrzeugsteuersystem 24, das beispielsweise mit Saugnapfen an der Windschutzscheibe befestigt werden kann.

[0040] Das Fahrzeugsteuersystem 24 umfasst eine Mehrzahl von Sensoren, wie etwa einen Radarsensor 34, einen GPS-Sensor 35 und eine Kamera 38. Es kann wie oben stehend beschrieben auch weitere Sensoren umfassen, wie etwa Lidar, eine Monokamera, eine Stereokamera und/oder einen Ultraschallsensor. Die Sensoren sind miteinander mit einem Gehäuse des Fahrzeugsteuersystems 24 verbunden, in dem auch eine Auswerteeinheit 40 enthalten sein kann, die die Kalibrierung des Radarsensors 34 durchführen kann und/oder die dazu ausgeführt

sein kann, das Fahrzeug 14 basierend auf den Signalen der Sensoren autonom zu steuern. Dazu kann das externe Fahrzeugsteuersystem 24 mit einem Kabel mit einem internen Fahrzeugsteuersystem 24 des Fahrzeugs 14 verbunden sein.

[0041] Das externe Fahrzeugsteuersystem 24 kann beispielsweise ein GPS-Tracking, eine Fahrzeugregelung, eine Kommunikation mit dem Flottenmanagement-System und/oder Sicherheitsfunktionen während der autonomen Fahrt übernehmen. Um ein sicheres Fahren auf dem Werksgelände 10 sicherzustellen, müssen weitere Verkehrsteilnehmer sowie Personen und weitere Objekte auf der Fahrbahn erkannt werden. Der Radarsensor 34 kann beispielsweise Bestandteil eines Sicherheitssystems des externen Fahrzeugsteuersystems 24 sein, das diese Aufgabe übernehmen kann.

[0042] Wieder in Bezug auf die Fig. 2 wird am Ende von Schritt S12 das externe Fahrzeugsteuersystem 24 aktiviert, so dass zu diesem Zeitpunkt der Radarsensor elektromagnetische Wellen bzw. Radarwellen 30 aussendet.

[0043] Das Fahrzeug 14 wird nun mit dem Transportmittel 16 entlang einer Strecke vorbei an dem Reflektor 28 bewegt. Der Reflektor 28 wird mit den Radarwellen 30 von dem Radarsensor 34 bestrahlt, was zu reflektierten Radarwellen 36 führt, die von dem Radarsensor 34 detektiert werden können.

[0044] Die Fig. 4 zeigt schematisch den Reflektor 28, der als Trippelreflektor 28 ausgeführt ist. Wie gezeigt, umfasst der Trippelreflektor 28 drei orthogonal zueinander angeordnete Flächen 44, was dazu führt, dass in einer Richtung einfallende Radarwellen 30 nach zweimaliger Reflexion in die gleiche Richtung zurückreflektiert werden. Durch die so erzeugte starke Rückstrahlung kann der Trippelreflektor 28 eindeutig von dem externen Fahrzeugsteuersystem 24 erkannt werden.

[0045] Wieder in Bezug auf die Fig. 2 werden im Schritt S14 mit dem Radarsensor 34 die von dem Reflektor 28 reflektierten Radarwellen 36 empfangen, während das Fahrzeug 14 durch das Transportmittel 16 entlang der Strecke bewegt wird.

[0046] Die Auswerteeinheit 40 bestimmt dabei mehrfach eine Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors 34 relativ zu dem Reflektor 28 aus den reflektierten Radarwellen 36. Anhand der Charakteristik der reflektierten Radarwellen 36 kann eine eindeutige relative Position und auch Ausrichtung des Radarsensors 34 zum Reflektor 28 berechnet werden.

[0047] Wenn genügend Messungen durchgeführt wurden und/oder am Ende der Transportstrecke führt die Auswerteeinheit 40 ein räumliches Kalibrieren

des Radarsensors **34** durch. Die Auswerteeinheit **40** berechnet aus der Mehrzahl von ermittelten Positionen und Ausrichtungen relativ zum Reflektor **28** eine Position und/oder einer Ausrichtung des Radarsensors **34** relativ zum Fahrzeug **14**.

[0048] Da sich das Fahrzeug **14** bzw. das externe Fahrzeugsteuersystem **24** mit dem Fahrzeug **14** mit dem Transportmittel **16** bewegt, kann eine nahezu kontinuierliche Berechnung bzw. auf zahlreichen Messpunkten beruhende Berechnung der Position und Ausrichtung des Radarsensors **34** durchgeführt werden. Dies kann zu einer robusten Schätzung führen.

[0049] Für jeden Zeitpunkt, an dem eine Position und Ausrichtung des Radarsensors **34** relativ zum Reflektor **28** ermittelt wurde, kann auch eine Position des Fahrzeugs, beispielsweise mit einer Geschwindigkeit des Transportmittels **16**, ermittelt werden. Aus der bekannten Position des Reflektors **28** neben dem Transportmittel **16** kann damit eine Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors **34** relativ zum Fahrzeug **14** berechnet werden bzw. eine absolute Position und Ausrichtung des Radarsensors **34** bestimmt werden.

[0050] Die Kalibrierung kann auch für weitere mit dem Radarsensor **34** starr verbundene Sensoren, wie etwa die Sensoren **35**, **38**, verwendet werden. Dies ist beispielsweise dann möglich, wenn eine starke Verbindung und bekannte Entfernungen und/oder Orientierungen zwischen dem Radarsensor **34** und den weiteren Sensoren vorhanden sind.

[0051] Wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt wird, können im Schritt **S12**, in dem das externe Fahrzeugsteuersystem **24** durch einen Werkmitarbeiter an dem Fahrzeug **14** angebracht wird, im Wesentlichen zwei Fehler verursacht werden. Wie in der **Fig. 5** gezeigt ist, kann das System lateral versetzt angebracht werden. Wie in der **Fig. 6** gezeigt ist, kann weiter ein Fehler bei der Ausrichtung des externen Fahrzeugsteuersystems **24** auftreten.

[0052] Beide Anbringfehler können durch das beschriebene Verfahren kompensiert werden. Beispielsweise durch das im Schritt **S10** beschriebene Zentrieren kann beispielsweise die Position der Mittelachse **32** des Fahrzeugs bekannt sein. Damit kann die Abweichung b berechnet werden. In diesem Fall kann beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors **34** eine laterale Verschiebung b des Radarsensors **34** relativ zu einer Mittelachse **32** des Fahrzeugs **14** ermittelt werden.

[0053] Der Ausrichtungsfehler a , d.h. der Winkel zwischen der Blickrichtung des Radarsensors **34** und der Mittelachse **32**, kann anhand der Richtung der Rückstrahlung bzw. der reflektierten Radarwellen **36** be-

stimmt werden. In diesem Fall kann beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors **34** eine Abweichung der Ausrichtung des Radarsensors **34** relativ zu einer Mittelachse **32** des Fahrzeugs **14** ermittelt werden.

[0054] Mit dem Verfahren kann eine schnelle Einsatzbereitschaft des externen Fahrzeugsteuersystems ermöglicht werden. Weiterhin können durch die automatisierte Kalibrierung verschiedene Einbautagen für das externe Fahrzeugsteuersystem ermöglicht werden, wodurch die Verfügbarkeit des externen Fahrzeugsteuersystems erhöht werden kann und die Montage des externen Fahrzeugsteuersystems für einen Werkmitarbeiter erleichtert werden kann. Die kontinuierliche Berechnung der Radarposition an verschiedenen Positionen des durch das Transportmittel **16** transportierten Fahrzeugs **14** kann eine genaue Bestimmung der Radarsensorposition ermöglichen, wodurch auch eine höhere Qualität als beispielsweise beim manuellen Kalibrieren erreicht werden kann.

[0055] Abschließend kann das externe Fahrzeugsteuersystem **24** das Fahrzeug **14** autonom zu einem Zielpunkt, wie etwa die Übergabebzone **20** bzw. die Verladestation **22**, führen. Dies kann basierend auf Messungen durch den Radarsensor **34** geschehen, nachdem der Radarsensor **34** kalibriert wurde und das Fahrzeug **14** das Transportmittel **16** verlassen hat.

[0056] Zusammenfassend wird ein Verfahren zur Kalibrierung eines Radarsensors **34** bzw. eines externen Fahrzeugsteuersystems **24** eines Fahrzeugs **14**, das an einem Transportmittel fixiert bzw. auf beweglichem Untergrund abgestellt ist, beschrieben. Mittels eines Trippelreflektors **28** kann anhand reflektierter Radarwellen **36** des Radarsensors **34** und mit Hilfe eines im externen Fahrzeugsteuersystem **24** implementierten Algorithmus die Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors **34** bestimmt werden. Das Verfahren erlaubt eine voll automatisierte Kalibrierung des Radarsensors **34** und kann eine aufwendige manuelle Justierung bzw. Kalibrierung überflüssig machen.

[0057] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines Radarsensors (34) eines Fahrzeugs (14), das Verfahren umfassend:

Fixieren des Fahrzeugs (14) an einem Transportmittel (16);

Bewegen des Fahrzeugs (14) mit dem Transportmittel (16) entlang einer Strecke vorbei an einem Reflektor (28) für Radarwellen (30);

Bestrahlen des Reflektors (28) mit Radarwellen (30) und Empfangen von reflektierten Radarwellen (36) mit dem Radarsensor, während das Fahrzeug (14) entlang der Strecke bewegt wird;

mehrmaliges Bestimmen einer Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zu dem Reflektor (28) aus den reflektierten Radarwellen (36); räumliches Kalibrieren des Radarsensors (34) basierend aus den ermittelten Positionen und Ausrichtungen relativ zum Reflektor (28) durch Ermitteln einer Position und/oder einer Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zum Fahrzeug (14).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors (34) eine laterale Verschiebung des Radarsensors (34) relativ zu einer Mittelachse (32) des Fahrzeugs (14) ermittelt wird; und/oder

wobei beim räumlichen Kalibrieren des Radarsensors (34) eine Abweichung der Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zu einer Mittelachse (32) des Fahrzeugs (14) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Fahrzeug (14) derart am Transportmittel (16) fixiert wird, dass eine Mittelachse (32) des Fahrzeugs (14) in eine vorgegebene Richtung weist und/oder die Mittelachse (32) einen vorgegebenen Abstand zum Reflektor (28) aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mittelachse (32) des Fahrzeugs (14) mittels einer Schiene (33) relativ zu dem Transportmittel (16) ausgerichtet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:

Befestigen eines externen Fahrzeugsteuersystems (24), das den Radarsensor umfasst, an dem Fahrzeug (14);

autonomes Führen des Fahrzeugs (14) zu einem Zielpunkt (20, 22) durch das externe Fahrzeugsteuersystem (24) basierend auf Messungen durch den Radarsensor (34), nachdem der Radarsensor (34) kalibriert wurde und das Fahrzeug (14) das Transportmittel (16) verlassen hat.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Fahrzeugsteuersystem (24) an dem Fahrzeug (14) befestigt wird, während das Fahrzeug (14) mit dem Transportmittel (16) transportiert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Transportmittel (16) ein Transportband ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei weitere mit dem Radarsensor (34) starr verbundene Sensoren basierend auf der räumlichen Kalibrierung des Radarsensors (34) räumlich kalibriert werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Reflektor (28) ein Trippelreflektor ist.

10. System (26) zum Kalibrieren eines Radarsensors eines Fahrzeugs (14), wobei das System (26) dazu ausgeführt ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen und wobei das System (26) eine Auswerteeinheit (40) zum Bestimmen einer Position und/oder Ausrichtung des Radarsensors (34) relativ zu dem Reflektor (28) und zum räumlichen Kalibrieren des Radarsensors (34) umfasst.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

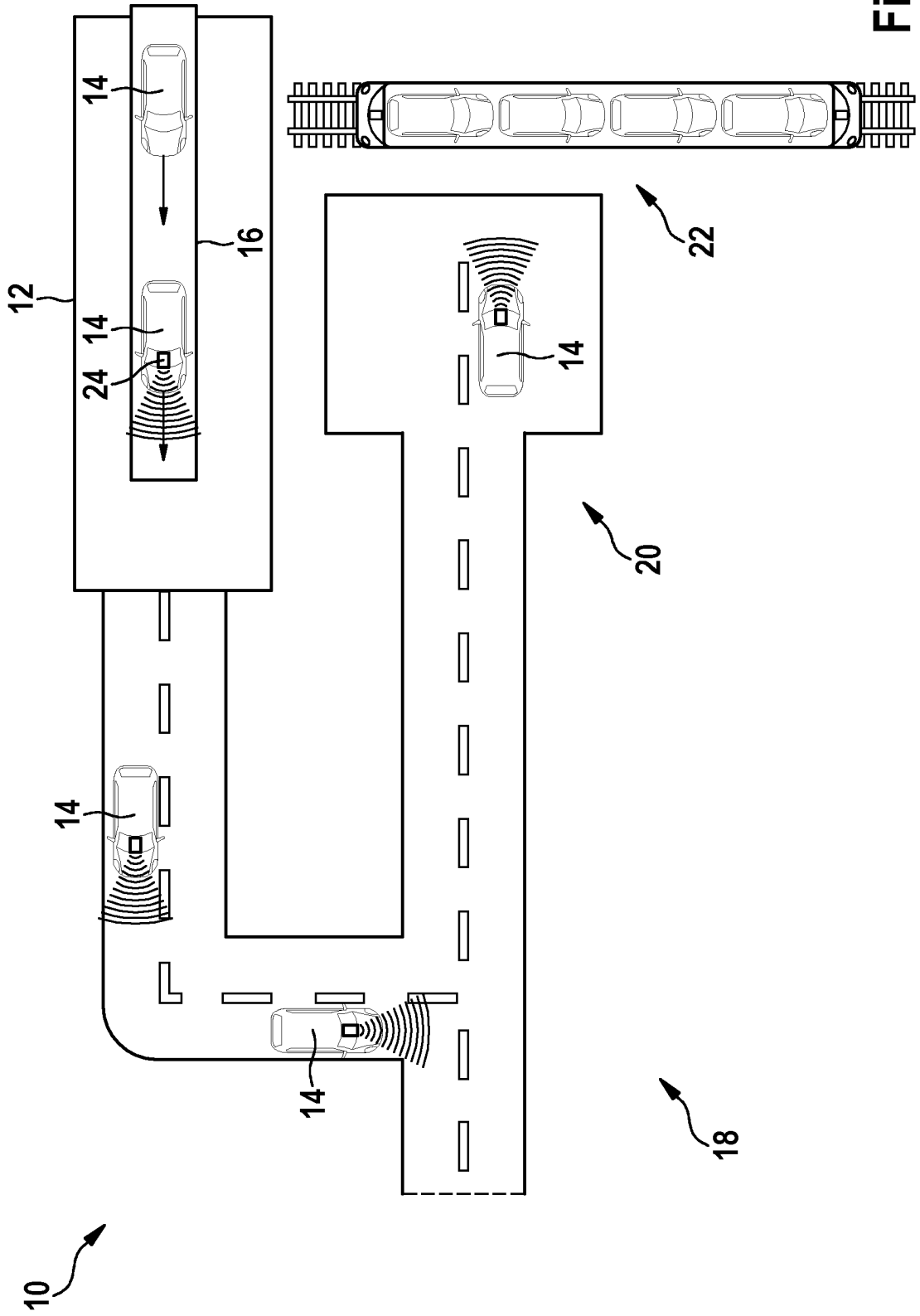


Fig. 1

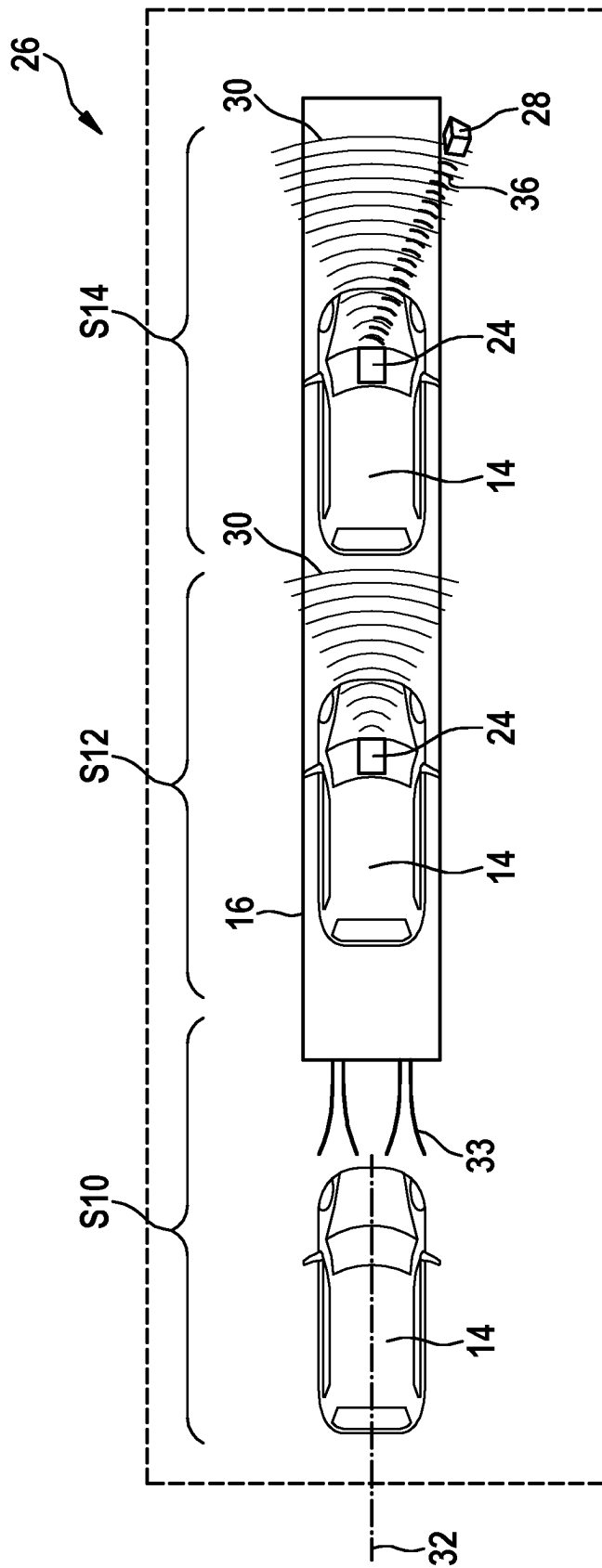


Fig. 2

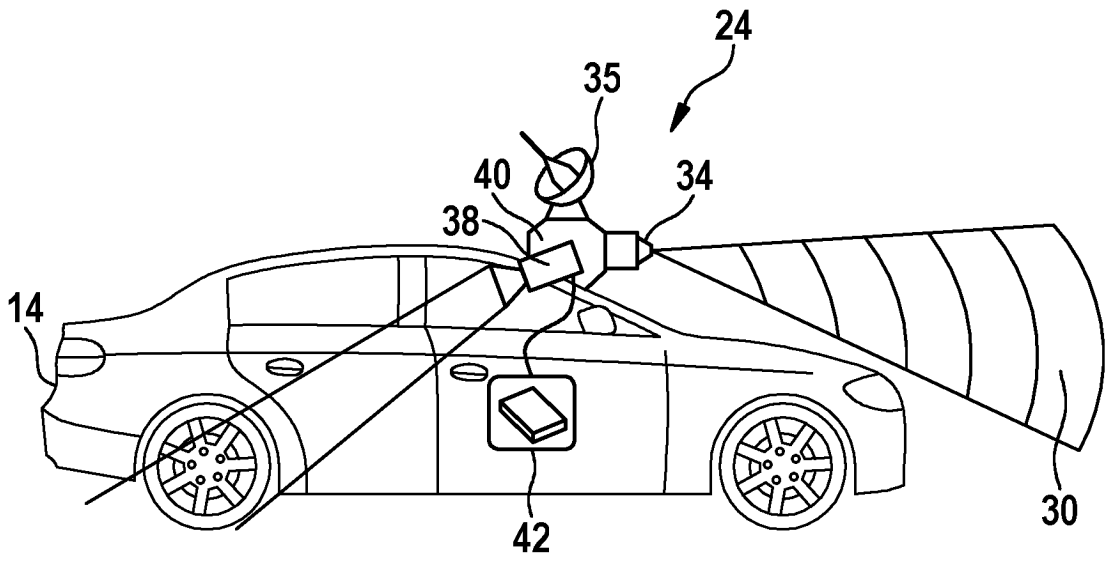


Fig. 3

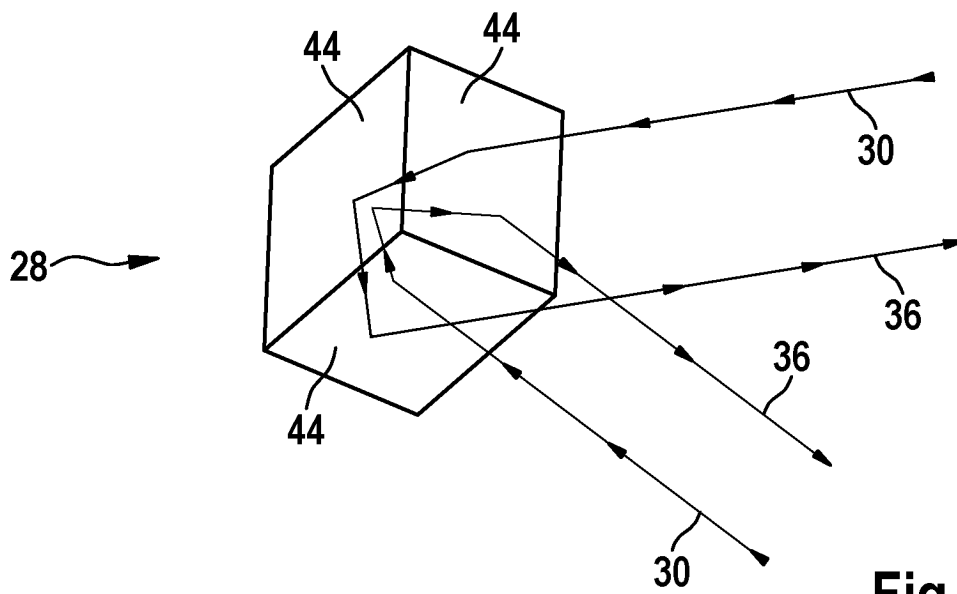


Fig. 4

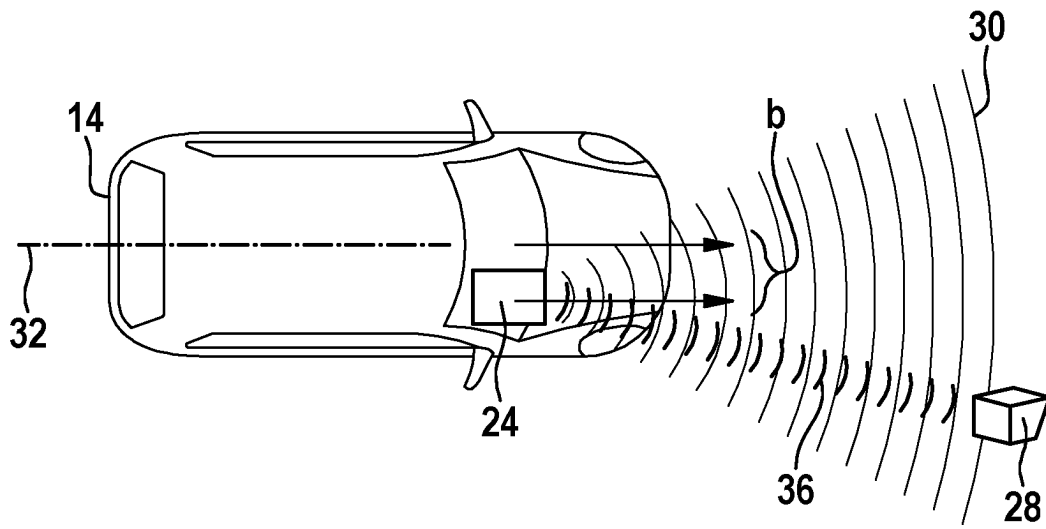


Fig. 5

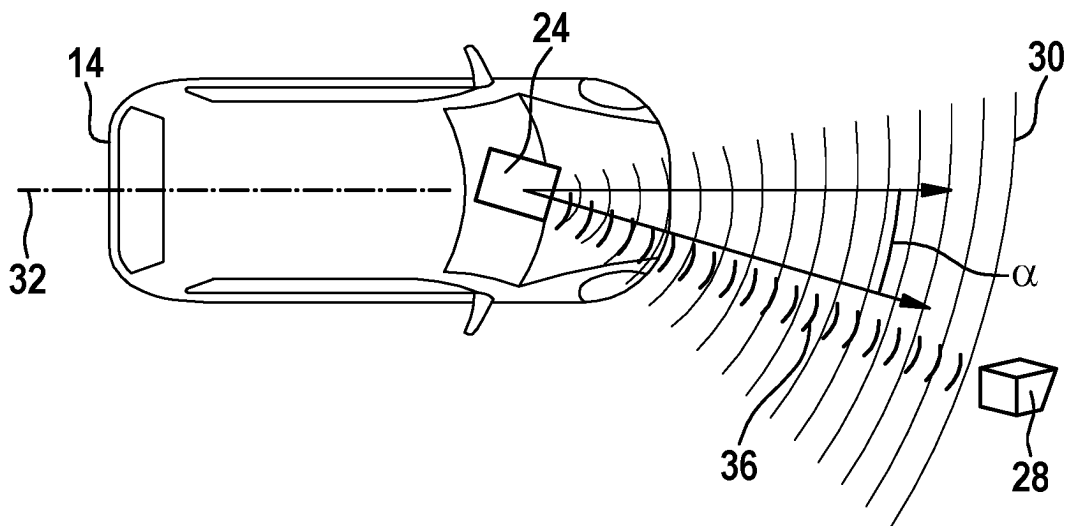


Fig. 6