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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2014 (24.12.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/202251 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 7/527 (2006.01) *G01S 15/52* (2006.01)
G01S 15/10 (2006.01) *G01S 15/58* (2006.01)
G01S 15/34 (2006.01) *G01S 15/93* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/057025

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. April 2014 (08.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 211 846.5 21. Juni 2013 (21.06.2013) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **SCHMID, Dirk**; Rahaldenstr. 12, 75397 Simmozheim (DE). **SCHNEIDER, Marcus**; Waldstueckle 5, 71642 Ludwigsburg (DE). **SCHUMANN, Michael**; Leinfeldener Str. 60 A, 70597 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

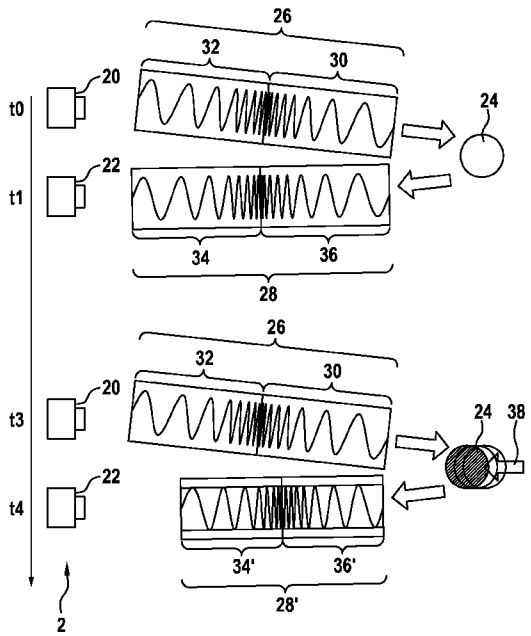
Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title**: METHOD FOR OPERATING A SURROUNDINGS-DETECTION SYSTEM OF A VEHICLE

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES UMFELDERFASSUNGSSYSTEMS EINES FAHRZEUGS

Fig. 2



(57) **Abstract**: The invention relates to a method for operating a surroundings-detection system (2) of a vehicle, having at least one transceiver unit (4), wherein the transceiver unit (4) emits a frequency-modulated signal (26), and the transceiver unit (4) and/or one or more further transceiver units (4) receive echo signals (28) of the emitted frequency-modulated signal (26). There is provision here that the received echo signals are assigned to reflection sources (24), and information about the speed (38) of the reflection source (24) relative to the transceiver unit (4) is determined on the basis of the received echo signals (28). The invention also relates to a computer program and a surroundings-detection system (2) which is configured, in particular, to carry out the method according to the invention.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Umfelderfassungssystems (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Sende-/Empfangseinheit (4), wobei die Sende-/Empfangseinheit (4) ein frequenzmoduliertes Signal (26) aussendet und die Sende- /Empfangseinheit (4) und/oder eine oder mehrere weitere Sende-/Empfangseinheiten (4) Echosignale (28) des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals (26) empfangen. Dabei ist vorgesehen, dass die empfangenen Echosignale Reflexionsquellen (24) zugeordnet werden und anhand der empfangenen Echosignale (28) eine Information über die Geschwindigkeit (38) der Reflexionsquelle (24) relativ zur Sende-/Empfangseinheit (4) ermittelt wird. Die Erfindung betrifft außerdem ein Computerprogramm und ein Umfelderfassungssystem (2), welche insbesondere dazu eingerichtet sind, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

WO 2014/202251 A1

Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betrieb eines Umfelderfassungssystems eines Fahrzeugs

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Umfelderfassungssystems eines Fahrzeugs, welche zumindest eine Sende-/Empfangseinheit aufweist, die Signale aussendet und Echosignale des ausgesendeten Signals empfängt.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Computerprogramm und ein Umfelderfassungssystem, welche zur Ausführung des Verfahrens eingerichtet sind.

Ultraschallbasierte Messsysteme werden eingesetzt, um eine Distanz zu einem vor einem Sensorsystem befindlichen Objekt zu vermessen. Die eingesetzten Sensoren basieren dabei zumeist auf einem Puls/Echo-Verfahren. In diesem Betrieb sendet der Sensor einen Ultraschallpuls aus und misst eine durch ein Objekt hervorgerufene Reflexion des Ultraschallpulses, das als Echosignal bezeichnet wird. Der Abstand zwischen dem Sensor und dem Objekt errechnet sich über die gemessene Echolaufzeit und der Schallgeschwindigkeit. Neben dem Abstand des Objekts zum Sensor ist ferner die Relativgeschwindigkeit des Objekts zum Sensorsystem für die Umfelderfassung von Interesse. Aufgrund des Doppler-Effekts kommt es zu einer Frequenzverschiebung der Echofrequenz gegenüber der Sendefrequenz. Die Relativgeschwindigkeit des Objekts zum Sensorsystem lässt sich in Systemen, welche auf dem Puls/Echo-Verfahren basieren, durch die Frequenzverschiebung ermitteln.

EP 1 248 119 A1 zeigt ein Verfahren zur Detektion von Signalen bei Systemen, die einer unbekannten Dopplerfrequenzverschiebung ausgesetzt sind, welche modulierte kohärente Signale beeinträchtigt, die beispielsweise zu Entfernungsmesszwecken verwendet werden. In der Empfangsfilterstrecke verarbeitet ein Kohärenzdemodulator das empfangene Signal, um eine zeitverzögerte Kopie der modulierten Wellenform zu rekonstruieren. Die modulierte Wellenform und ihre zeitverzögerte Kopie werden in einem Korrelator verarbeitet, um den

Abstand zwischen dem System und einem Hindernis zu bestimmen. Bei einer relativen Bewegung zwischen dem System und dem Hindernis wird der Wert der Frequenzverschiebung bestimmt aus

$$\omega_{D0} = \frac{2v_0}{c}\,\omega_0$$

Die Dopplerfrequenz ω_{DO} wird aus einer Veränderungsrate einer Korrelationsfunktion berechnet, welche wiederholt für aufeinanderfolgende kurze Verarbeitungsintervalle berechnet wird. EP 1 248 119 A1 betrifft Systeme, welche im Mikrowellenbereich arbeiten.

DE 195 33 126 A1 zeigt einen Dopplersensor zur Bewegungserfassung eines Objekts in einem definierten Entfernungsbereich, wobei eine Signalquelle vorgesehen ist, die ein Mikrowellensignal erzeugt, auf welches ein geeignetes Codesignal, beispielsweise ein Chirp-Signal aufgemischt wird und ausgesendet wird. Das von einem Objekt reflektierte und empfangene Signal wird einem Korrelator zugeführt, um es mit dem durch ein Verzögerungselement verzögerten Codesignal zu korrelieren.

Offenbarung der Erfindung

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Umfelderfassungssystems eines Fahrzeugs mit zumindest einer Sende-/Empfangseinheit ist vorgesehen, dass die Sende-/Empfangseinheit ein frequenzmoduliertes Signal aussendet und die Sende-/Empfangseinheit und/oder eine oder mehrere weitere Sende-/Empfangseinheiten Echosignale des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals empfangen, dass die empfangenen Echosignale Reflexionsquellen zugeordnet werden und anhand der empfangenen Echosignale eine Information über die Geschwindigkeit der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit ermittelt wird. Das ausgesendete frequenzmodulierte Signal weist dabei zumindest einen ersten Abschnitt mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt mit abfallenden Frequenzen oder einen ersten Abschnitt mit abfallenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt mit ansteigenden Frequenzen auf.

Anstelle von Sendesignalen mit fester Frequenz werden erfindungsgemäß Sendesignale mit sich verändernder Frequenz gewählt, beispielsweise frequenzmodulierte Signale mit linearer,

logarithmischer oder quadratischer Modulierung. Bei frequenzmodulierten Signalen ändert sich im Allgemeinen eine Phasengeschwindigkeit im Sendesignal und im Echosignal.

Der Abschnitt mit ansteigenden Frequenzen wird im Rahmen der Erfindung auch als ein Chirp-Up bezeichnet und der Abschnitt mit abfallenden Frequenzen als ein Chirp-Down. Als Chirp wird im Rahmen der Erfindung ein Signal bezeichnet, dessen Frequenz sich zeitlich ändert. Bei einem Chirp-Up nimmt die Frequenz zeitlich zu, während sie bei einem Chirp-Down abnimmt. Mit den Maßnahmen der Erfindung erfolgt eine zeitliche Verschiebung der empfangenen Echosignale für den ersten Abschnitt entgegengesetzt zu der zeitlichen Verschiebung für den zweiten Abschnitt. Aus der zeitlichen Verschiebung lässt sich die Information über die Geschwindigkeit der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit bestimmen.

Anhand der aus den Echosignalen gewonnenen Information wird beispielsweise das Vorhandensein oder eine Bewegung eines Objekts im Erfassungsbereich der Sende-/Empfangseinheit ermittelt, was beispielsweise zur Aussendung von Warnungen an die Insassen des Fahrzeugs, zur Aktivierung von Unfallvermeidungssystemen und/oder zur Aktivierung von Unfallschadensverringerungssystem führen kann.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform weist das ausgesendete frequenzmodulierte Signal eine Pulsdauer von 0,6 ms bis 3 ms auf. Besonders vorteilhaft ist eine Aussendung eines frequenzmodulierten Signals mit einer Pulsdauer zwischen 1 ms bis 2 ms. Durch derartige Pulslängen lässt sich ein sehr gutes Signal-/Rauschverhältnis erreichen. Als Puls wird im Rahmen der Erfindung ein zeitlich begrenztes Signal bezeichnet. Im Unterschied dazu stehen FMCW-Verfahren (*frequency modulated continuous wave*). Zeitlich begrenzte Pulse (FM-Puls, *frequency modulated pulse*) sind bevorzugt, da der Sensor kurz nach Absenden des Pulses auf demselben Signalpfad wieder bereit für den Echoempfang ist.

Gemäß weiteren Ausführungsformen werden mehr als zwei Abschnitte mit zu detektierenden Frequenzen versendet, beispielsweise zur Validierung von Messergebnissen, die anhand jeweils zweier Abschnitte aus den mehreren Abschnitten gewonnen werden können. Das

ausgesendete Signal kann daher beispielsweise auch drei Abschnitte aufweisen, wie Chirp-Up, Chirp-Down, Chirp-Up oder Chirp-Down, Chirp-Up, Chirp-Down oder vier Abschnitte, beispielsweise Chirp-Up, Chirp-Down, Chirp-Up, Chirp-Down oder Chirp-Down, Chirp-Up, Chirp-Down, Chirp-Up oder noch mehr Abschnitte.

Besonders bevorzugt ist, wenn das ausgesendete frequenzmodulierte Signal einen linearen oder logarithmischen Chirp-Up gefolgt von einem linearen oder logarithmischen Chirp-Down aufweist oder einen linearen oder logarithmischen Chirp-Down gefolgt von einem linearen oder logarithmischen Chirp-Up. Der lineare Chirp ist nicht nur technisch einfach umsetzbar, er zeichnet sich außerdem durch weitere leicht messbare Eigenschaften aus, wie etwa eine Anstiegskonstante, welche im Rahmen der Erfindung auch als Steilheit des Chirps bezeichnet werden kann, und definierte Eckfrequenzen. Die Steilheit und die Eckfrequenzen können von Puls zu Puls variiert sein.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform durchlaufen die empfangenen Echosignale zumindest eine erste FIR-Filtervorrichtung mit einem ersten FIR-Signal, und es wird ein erster Zeitpunkt bester Übereinstimmung der empfangenen Echosignale zu dem ersten FIR-Signal ermittelt. Das erste FIR-Signal ist dazu eingerichtet, das Echosignal des ersten Abschnitts des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals herauszufiltern.

Weiterhin bevorzugt durchlaufen die empfangenen Echosignale zumindest eine zweite FIR-Filtervorrichtung mit einem zweiten FIR-Signal, und es wird ein zweiter Zeitpunkt bester Übereinstimmung der empfangenen Echosignale zu dem zweiten FIR-Signal ermittelt. Das zweite FIR-Signal entspricht dem zweiten Abschnitt des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals und ist zur Detektion des entsprechenden Echosignals geeignet.

Aus den ermittelten ersten und zweiten Zeitpunkten wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eine Zeitdifferenz ermittelt und aus der ermittelten Zeitdifferenz die Information über die Geschwindigkeit der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit. Besonders bevorzugt wird aus der ermittelten Zeitdifferenz die Information über die Geschwindigkeit der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit mittels eines linearen Ansatzes ermittelt. Hierbei wird von der ermittelten Zeitdifferenz eine Grundzeitdifferenz zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt abgezogen, die sich aus dem ausgesendeten frequenzmodulierten Signal selbst ergibt, nämlich aus dem zeitlichen Versatz des zweiten Abschnitts des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals zum ersten

Abschnitt des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals. Die Relativgeschwindigkeit ergibt sich damit gemäß einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Formel

v_{rel} = (Zeitdifferenz – Grundzeitdifferenz) x Umwandlungsfaktor.

Ob ein empfangenes Echosignal einer Reflexionsquelle zuordenbar ist, hängt von der Qualität des Echosignals ab, welches im allgemeinen Nutzsignalanteile und Störsignalanteile aufweist. Zur Bestimmung der Nutzsignalanteile werden gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aus den empfangenen Echosignalen Phaseninformationen und/oder Amplitudeninformationen bestimmt. Bevorzugt erfolgt eine Echosignalbewertung durch eine den Sendeempfangseinheiten nachgeschaltete Filterlogik. Die Echosignalbewertung ist maßgeblich bei der Bestimmung der Nutzsignalanteile im Echosignal. Nach geeigneter Filterstrecke können beispielsweise eine Amplitudeninformation in Form einer Kreuzkorrelationsfunktion $x_{corr}(t)$ und eine Phaseninformation in Form eines Kreuzkorrelationskoeffizienten R(t) für eine Auswertung der Signalqualität bereitgestellt werden. Die Amplitudeninformation $x_{cor}(t)$ stellt eine Größe dar, welche von der Amplitude des empfangenen Signals abhängt. Die Phaseninformation R(t) gibt Aufschluss über die Qualität der Phase der empfangenen Signals, idealerweise unabhängig von der Amplitude. Da beide Größen sinnvolle Informationen über die detektierten Objekte liefern, werden gemäß einer bevorzugten Ausführungsform aus den empfangenen Echosignalen sowohl die Phaseninformation als auch die Amplitudeninformation bestimmt und bei der Bestimmung der Nutzsignalanteile verwendet.

Aus den empfangenen Echosignalen wird die Amplitudeninformation $x_{corr}(t)$ bevorzugt durch Berechnung einer Faltung eines empfangenen bzw. eines verarbeiteten empfangenen Signals e(t) mit einem erwarteten Signal s(t) ermittelt, beispielsweise nach

$$x_{corr}(t) = \int s(\tau) e(t-\tau)\, d\tau \ .$$

Die Korrelationsfunktion wird über eine Faltung des empfangenen Signals oder des vorverarbeiteten empfangenen Signals mit einem erwarteten Signal berechnet.

Das erwartete Signal s(t) ist eine an eine Übertragungsfunktion des Wandlers angepasste Anregungsfunktion, welche insbesondere eine Signalverzerrung aufgrund von Eigenschaften

der Sendeempfangseinheit berücksichtigt. Die Berechnung kann beispielsweise in einem sogenannten angepassten Filter erfolgen.

Aus den empfangenen Echosignalen wird eine Phaseninformation, das heißt der Kreuzkorrelationskoeffizient R(t) bevorzugt über

$$R(t)^2 = x_{corr}(t)^2 / \left(\left\| s(t) \right\|^2 \cdot \left\| e(t) \right\|^2 \right)$$

ermittelt, wobei e(t) das empfangene Signal ist, s (t) das erwartete Signal, $x_{corr}(t)$ die Faltung des empfangenen Signals e(t) mit dem erwarteten Signal s(t), und $||s(t)||^2$ und $||e(t)||^2$ die Quadrate der Normen der Einzelsignale. Vorteilhaft kürzen sich die Amplitudeninformation heraus. Die Phaseninformation, das heißt der Kreuzkorrelationskoeffizient R(t) wird aus $R(t)^2$ durch Wurzelziehung ermittelt.

Erfindungsgemäß wird weiterhin ein Computerprogramm vorgeschlagen, gemäß dem eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird, wenn das Computerprogramm auf einer programmierbaren Computereinrichtung ausgeführt wird. Bei dem Computerprogramm kann es sich beispielsweise um ein Modul zur Implementierung eines Fahrassistenzsystems oder eines Subsystems hiervon in einem Fahrzeug handeln oder um eine Applikation für Fahrassistenzfunktionen, die beispielsweise auf einem Smartphone oder einem Tablet-PC ausführbar sind. Das Computerprogramm kann auf einem maschinenlesbaren Speichermedium gespeichert werden, etwa auf einem permanenten oder wiederbeschreibbaren Speichermedium oder in Zuordnung zu einer Computereinrichtung oder auf einer entfernbaren CD-Rom oder DVD oder auf einem tragbaren mobilen Speichermedium wie etwa einer Speicherkarte oder einem USB-Stick. Zusätzlich oder alternativ kann das Computerprogramm auf einer Computereinrichtung wie etwa einem Server zum Herunterladen bereitgestellt werden, zum Beispiel über ein Datennetzwerk wie etwas das Internet oder eine Kommunikationsverbindung wie etwa eine Telefonleitung oder eine drahtlose Verbindung.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Umfelderfassungssystem eines Fahrzeugs zumindest eine Sende-/Empfangseinheit, welche eingerichtet ist, frequenzmodulierte Signale auszusenden und zu empfangen, wobei die ausgesendeten frequenzmodulierten Signal zumindest einen ersten Abschnitt mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt mit abfallenden Frequenzen oder einen ersten Abschnitt mit

abfallenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt mit ansteigenden Frequenzen aufweisen, und eine Filtervorrichtung, welche an die zumindest eine Sende-/Empfangseinheit gekoppelt ist, so dass empfangene Echosignale die Filtervorrichtung durchlaufen können, wobei die Filtervorrichtung dazu eingerichtet ist, die empfangenen Echosignale Reflexionsquellen zuzuordnen und eingerichtet ist, anhand der empfangenen Echosignale eine Information über die Geschwindigkeit der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit zu ermitteln.

Die Erfindung wird bei solchen Umfelderfassungssystemen eingesetzt, die Sensoren basierend auf einem Puls/Echo-Verfahren verwenden. Dies betrifft insbesondere Ultraschallsysteme, aber auch Radarsysteme und Lidarsysteme. Typischerweise werden dabei Sensoren eingesetzt, welche sowohl Pulse emittieren können, als auch Pulse empfangen können, sogenannte Sende-/Empfangseinheiten. Es kann aber auch vorgesehen sein, die erfindungsgemäßen Sensoren nur als Empfangseinheit oder nur als Sendeeinheit einzusetzen.

Besonders vorteilhaft ist die Erfindung einsetzbar bei ultraschallbasierten Systemen, welche nicht in der Lage sind, während des Sendevorgangs gleichzeitig auch die Echoantwort zu empfangen, da die Membranamplitude während des Sendens um etliche Größenordnungen höher ist, als ein reflektiertes Signal als Echo auf der Membran erzeugen könnte. Die während des Sendevorgangs der Membran aufgezwungene Schwingung wird durch den eingehenden Schall nur unwesentlich beeinträchtigt. Ein in der Radartechnik übliches FMCW-Verfahren (*frequency modulated continuous wave*) ist hier nicht anwendbar, da der Sende- und der Empfangspfad bei Ultraschallsystemen auf demselben mechanischen schwingfähigen System ausgeführt wird, während er bei Radarsystemen getrennt ist.

Die Erfindung kann insbesondere bei Sensoren eingesetzt werden, welche beispielsweise im vorderen und/oder hinteren Stoßfänger eines Kraftfahrzeugs zum Zwecke der Parkassistenz und/oder Kollisionsvermeidung vorgesehen sind. Insbesondere können erfindungsgemäße Sensoren in einem Ultraschallsystem verbaut sein, welches eine Gruppe von Ultraschallsensoren umfasst, wobei zumindest einer, bevorzugt alle Ultraschallsensoren die erfindungsgemäßen Merkmale aufweisen. Das Ultraschallsystem kann beispielsweise dazu eingerichtet sein, eine Teilumgebung des Kraftfahrzeugs zu erfassen. Beispielsweise können Ultraschallsensoren im Frontbereich zur Erfassung einer vorderseitigen Fahrzeugumgebung und/oder Ultraschallsensoren im Seitenbereich zur Erfassung eines Seitenbereichs des

Fahrzeugs und/oder Ultraschallsensoren im Heckbereich zur Erfassung einer rückwärtigen Umgebung des Fahrzeugs jeweils einem derartigen Ultraschallsystem zugeordnet sein. Typischerweise werden hierbei vier bis sechs Ultraschallsensoren in einem Stoßfänger verbaut, wobei nur maximal vier Ultraschallsensoren mit ungefähr derselben Blickrichtung montiert sind. Um insbesondere auch den Bereich neben dem Fahrzeug zu erfassen, werden im vorderen Stoßfänger außerdem Ultraschallsensoren so positioniert, dass sie nach links und nach rechts ihren Erfassungsbereich haben. Zusätzlich oder alternativ können auch im hinteren Stoßfänger Ultraschallsensoren derart positioniert sein, dass diese einen Bereich links und rechts neben dem Kraftfahrzeug erfassen. Das Ultraschallsystem weist darüber hinaus auch eine der jeweiligen Gruppe zugeordnete Steuereinrichtung und eine Signalverarbeitungseinrichtung auf. Um den Seitenbereich des Fahrzeugs zu erfassen, können sowohl seitlich im vorderen und hinteren Stoßfänger verbaute Ultraschallsensoren verwendet werden, als auch solche Ultraschallsensoren, die in einem Seitenspiegel oder in einem Türabschnitt verbaut sind.

Das erfindungsgemäße Umfelderfassungssystem ermöglicht eine schnelle und treffsichere Aussage über Objekte im und nahe des Fahrtschlauchs eines Fahrzeugs, wobei der Fahrschlauch üblicherweise die vom Fahrzeug zukünftig überstrichene Fläche bezeichnet. Mit treffsicher kann sowohl eine Lokalisiergenauigkeit in einem Erfassungsbereich der Sensoren (FOV, *Field of View*) bezeichnet sein als auch eine Detektionswahrscheinlichkeit, das heißt eine Anzahl an Detektionen eines Hindernisses in einem bestimmten Zeitintervall.

Bevorzugt umfasst das Umfelderfassungssystem zumindest eine FIR-Filtervorrichtung, die eingerichtet ist, zumindest zwei Zeitpunkte bester Übereinstimmung des empfangenen Echosignals zu zwei FIR-Signalen zu ermitteln. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Filtervorrichtung zwei FIR-Filtervorrichtungen umfasst, welche jeweils dazu eingerichtet sind, Zeitpunkte bester Übereinstimmung des empfangenen Echosignals zu einem ersten bzw. zu einem zweiten FIR-Signal zu ermitteln.

Das System ist kombinierbar mit weiteren Systemen zur Ermittlung der Frequenzverschiebung, beispielsweise mit Systemen, welche eine Spektralanalyse und eine Detektion der Verschiebung des Sendespektrums vorsehen, mit Systemen, welche eine Analyse der Phasengeschwindigkeit durch eine Hilbert-Transformation vorsehen, mit Systemen, welche eine Periodendaueranalyse im Zeitbereich ausführen, und mit Systemen, welche eine Spektralanalyse durch eine Filterbank von spektralversetzten angepassten

Filtern verwenden und eine anschließende Interpolation durchführen. Die ermittelten Informationen über Abstände und Relativgeschwindigkeiten können anhand der weiteren Systeme validiert werden.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung umfasst ein Kraftfahrzeug zumindest ein derartiges Umfelderfassungssystem.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung ermöglichen ein schnelles und zuverlässiges Ermitteln der Relativgeschwindigkeit eines Objekts im Erfassungsbereich der Sensoren, ohne dass eine mehrfache zeitliche Erfassung des Objektsabstands und eine hieraus berechnete Änderung des Objektabstands notwendig ist. Im Vergleich zu rein abstandsbasierten Verfahren zeigt sich, dass eine exaktere Ermittlung der Relativgeschwindigkeit möglich ist.

Dadurch dass sehr schnell zwischen sich nähernden und sich entfernenden Objekten unterschieden werden kann, kann auch die Warnung der Insassen des Fahrzeugs sehr schnell erfolgen, beispielsweise im Rahmen einer Totwinkelüberwachung, wie etwa einem sogenannten *Side View Assistant*. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Unterstützung von Airbagsensoren zur Auslösung eines Airbags. Hier können sehr hohe Relativgeschwindigkeiten, beispielsweise über 30 km/h, auftreten, so dass oft nur wenige Echos des Objektes gemessen werden können. Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen können die Schwierigkeiten der Auswertung der Relativgeschwindigkeit auf Basis der Ortsableitung überwunden werden.

Die Erfindung stellt weiterhin eine zusätzliche Messgröße bereit, nämlich die Zeitdifferenz zwischen zwei streng definierten Echosignalanteilen, so dass hieraus eine weitere Messmöglichkeit zur Trennung von Störern und realen Objekten bereitgestellt wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Umfelderfassungssystems eines Fahrzeugs mit einer Sende-/Empfangseinheit,

Figur 2 eine schematische Darstellung eines Szenarios mit einem Umfelderfassungssystem und einem Objekt,

Figur 3 Diagramme zur Erläuterung einer Signalverschiebung,

Figur 4 ein weiteres Diagramm zur Erläuterung der Signalverschiebung,

Figur 5 Verfahrensschritte zur Ermittlung der Relativgeschwindigkeit eines Umfelderfassungssystems zu einem Objekt,

Figur 6 Diagramme mit beispielhaften FIR-Filterantwortamplituden für bewegte und statische Objekte und

Figur 7 ein Diagramm mit einem beispielhaften Frequenzverlauf eines Chirp-Up gefolgt von einem Chirp-Down.

Figur 1 zeigt ein Umfelderfassungssystem 2, welches eine Sende-/Empfangseinheit 4 umfasst, die eingerichtet ist, frequenzmodulierte Signale auszusenden und zu empfangen. Das Umfelderfassungssystem 2 umfasst einen Vorfilter 6, welcher beispielsweise dazu eingerichtet ist, aus den empfangenen Echosignalen Nutzsignalanteile herauszufiltern und Störsignalanteile zu unterdrücken. Der Vorfilter 6 empfängt die Signale der Sende-/Empfangseinheit 4. Im Vorfilter 6 werden empfangene Signale aufgearbeitet, beispielsweise verstärkt, digitalisiert, gesampelt, durch Tief-, Hoch- oder Bandpässe gefiltert und beispielsweise Signaltransformationen unterworfen, wie etwa einer Hilbert-Transformation. Falls eine Signalcodierung der Signale vorgesehen ist, werden die Signale im Vorfilter 6 dekodiert.

Das Umfelderfassungssystem 2 umfasst außerdem eine erste FIR-Filtervorrichtung 8 und eine zweite FIR-Filtervorrichtung 10, die eingerichtet sind, Zeitpunkte bester Übereinstimmung von empfangenen Echosignalen zu FIR-Signalen zu ermitteln. Das vom

Vorfilter 6 abgehende Signal wird den beiden FIR-Filtervorrichtungen 8, 10 zugeführt. Derartige FIR-Filtervorrichtungen (FIR, *Finite Impulse Response*) können auch als Filter mit endlicher Impulsantwort bezeichnet werden und sind bevorzugt digital umgesetzt und mittels eines Computerprogramms betrieben. Bevorzugt sind die FIR-Filtervorrichtungen 8, 10 signalangepasste Filter. Die erste FIR-Filtervorrichtung 8 dekodiert einen Abschnitt mit einer ansteigenden Frequenz, auch als eine sogenannte up-Rampe bezeichnet, und die zweite FIR-Filtervorrichtung 10 einen Abschnitt mit einer abfallenden Frequenz, auch als eine down-Rampe bezeichnet. Wird ein Echo detektiert, dann wird die Laufzeit dadurch bestimmt, dass nach dem Maximum des jeweiligen Filterausgangs gesucht wird und die zwei gemessenen Zeiten der Ausgänge der zwei FIR-Filtervorrichtungen 8, 10 miteinander verrechnet werden. Aus der Berechnung ergibt sich die Relativgeschwindigkeit.

Das Umfelderfassungssystem 2 umfasst hierzu eine Einrichtung 12 zur Ermittlung einer Geschwindigkeit einer Reflexionsquelle. Die Einrichtung 12 zur Ermittlung der Geschwindigkeit der Reflexionsquelle empfängt die Daten oder Messwerte der FIR-Filtervorrichtungen 8, 10 und verarbeitet diese weiter. Die Einrichtung 12 zur Ermittlung der Geschwindigkeit der Reflexionsquelle stellt die Daten einem weiterverarbeitenden Steuersystem 14 bereit, beispielsweise einem übergeordneten Steuersystem wie etwa einem ADAS-System (*Advanced Driving Assistance System*) oder einem nebengeordneten Steuersystem. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Einrichtung 12 zur Ermittlung der Geschwindigkeit einer Reflexionsquelle die ermittelten Daten auf einem Bus-System bereitstellt, etwa auf einem CAN-Bus.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Situation mit einem Umfelderfassungssystem 2 und einem Objekt 24, welches sich in einem Erfassungsbereich des Umfelderfassungssystems 2 befindet. Das Objekt 24 wird im Rahmen der Erfindung auch als Reflexionsquelle bezeichnet. Zu einem Zeitpunkt t0 sendet eine Sendeeinheit 20 ein frequenzmoduliertes Signal 26 aus. Das frequenzmodulierte Signal 26 wird von dem Objekt 24 reflektiert. Zu einem Zeitpunkt t1 empfängt eine Empfangseinheit 22, welche nicht notwendigerweise mit der Sendeeinheit 20 zusammenfallen muss, aber durchaus dieselbe Einheit sein kann, ein Echosignal 28, welches von dem Objekt 24 reflektiert wurde.

Das ausgesendete frequenzmodulierte Signal 26 umfasst einen ersten Abschnitt 30 mit aufsteigender Frequenz, das heißt mit einem Chirp-Up. Das ausgesendete frequenzmodulierte Signal 26 umfasst außerdem einen zweiten Abschnitt 32 mit einer

abfallenden Frequenz, das heißt mit einem Chirp-Down. Das empfangene Echosignal 28 zum Zeitpunkt t1 umfasst einen ersten Abschnitt 34, welcher dem ersten Abschnitt 30 des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals 26 entspricht und einen zweiten Abschnitt 36, welcher dem zweiten Abschnitt 32 des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals 26 entspricht.

In einer zweiten beispielhaften Situation sendet die Sendeeinheit 20 das frequenzmodulierte Signal 26 zu einem Zeitpunkt t2 aus. Das frequenzmodulierte Signal 26 wird von dem Objekt 24 reflektiert, wobei das Objekt 24 nun zu dem Zeitpunkt der Reflexion eine Relativgeschwindigkeit 38 gegenüber der Sendeeinheit 20 bzw. der Empfangseinheit 22 aufweist. Zu einem Zeitpunkt t3 empfängt die Empfangseinheit 22 das Echosignal 28, welches von dem bewegten Objekt 24 reflektiert wurde. Aufgrund der relativen Bewegung des Objekts 24 gegenüber der Sendeeinheit 20 bzw. Empfangseinheit 22, welche im allgemeinen eine Sende-/Empfangseinheit sind, wird das empfange Echosignal 28 gegenüber dem ausgesendeten Signal 26 gestaucht, d. h. in seiner Frequenz als Ganzes angehoben, oder gestreckt, d. h. in seiner Frequenz als Ganzes herabgesetzt, so dass die Empfangseinheit 22 ein Doppler-verschobenes Echosignal 28‘ mit erstem Abschnitt 34‘ und zweitem Abschnitt 36‘ empfängt.

Figur 3 zeigt zwei Diagramme D_1, D_2 zur Erläuterung einer Signalverschiebung. Das erste Diagramm D_1 zeigt einen Frequenzverlauf 40 eines Abschnittes eines ausgesendeten Signals, welches beispielsweise dem ersten Abschnitt 30 des in Figur 2 dargestellten Signals entsprechen kann. Der Frequenzverlauf ist in diesem Ausführungsbeispiel von einem Zeitpunkt t_0 bis zu einem Zeitpunkt $t_1$linear ansteigend, das heißt stetig und mit einer konstanten Steigung. Dem in Figur 3 dargestellten Frequenzverlauf 40 kann eine Impulsdauer T des Abschnittes zugeordnet werden. Frequenzmodulierte Signale, welche sich zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen, können im ersten oder im zweiten Abschnitt einen in Figur 3 dargestellten Frequenzverlauf aufweisen. Sie können aber ebenso gut einen anderen Frequenzverlauf haben, beispielsweise einen linear abfallenden oder einen polynomiellen, insbesondere quadratisch polynomiellen, exponentiellen oder logarithmischen Verlauf. Weiterhin dargestellt in Figur 3 ist ein Frequenzverlauf 42 eines Abschnitts des dem ausgesendeten Signals entsprechenden empfangenen Echosignals, wobei sich zeigt, dass der Frequenzverlauf des Echosignals nun insgesamt höher liegt als der Frequenzverlauf 40 des Abschnitts des ausgesendeten Signals. Der Frequenzverlauf 42 des empfangenen Echosignals kann beispielsweise dem mit Bezug zu Figur 2

beschriebenen Abschnitt 34 des empfangenen Echosignals bei bewegtem Objekt 24 entsprechen.

Das zweite Diagramm D_2 zeigt den Frequenzverlauf 40 des ausgesendeten Signals und den Frequenzverlauf 42 des empfangenen Echosignals, wobei diese um eine Zeit Δt so gegenübereinander verschoben sind, dass sie in möglichst vielen Funktionswerten übereinstimmen. Der Zeitpunkt, an dem die beiden Frequenzverläufe 40, 42 aufeinanderfallen, d. h. in möglichst vielen Funktionswerten übereinstimmen, wird im Rahmen der Erfindung auch als Zeitpunkt bester Übereinstimmung bezeichnet.

Figur 4 zeigt das Entstehen der zeitlichen Signalverschiebung als Folge der Frequenzverschiebung anhand eines Chirp-Up-Chirp-Down-Signals. Figur 4 zeigt einen Frequenzverlauf 44 eines ausgesendeten Signals, welches einen ersten Abschnitt 48 mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt 50 mit abfallenden Frequenzen aufweist. In Figur 4 ist außerdem ein Frequenzverlauf 46 eine empfangenen Echosignals dargestellt, welches ebenfalls einen ersten Abschnitt 48 mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt 50 mit abfallenden Frequenzen aufweist.

Weiterhin ist ein FIR-Filtersignal 52 dargestellt mit einem zeitlichen Filterfenster T_1 und einem Frequenzfilterfenster zwischen einer unteren Grenzfrequenz 56 und einer oberen Grenzfrequenz 58. Das erste FIR-Filtersignal 52 ist ein lineares Signal, welches auf das Signal des Frequenzverlaufs 44 im ersten Abschnitt 48 des ausgesendeten Signals abgestimmt ist. Weiterhin ist ein zweites FIR-Filtersignal 54 dargestellt mit einem zeitlichen Filterfenster T_2 und einem Frequenzfilterfenster zwischen der unteren und oberen Grenzfrequenz 56, 58. Das zweite FIR-Filtersignal 54 ist ein lineares Signal, welches auf den zweiten Abschnitt 50 des Frequenzverlaufs 44 des ausgesendeten Signals abgestimmt ist.

Figur 4 zeigt außerdem eine Gesamtfilterantwortamplitude 60 auf das ausgesendete Signal sowie eine Gesamtfilterantwortamplitude 62 auf das empfangene Echosignal. Wie mit Bezug zu Figur 2 beschrieben, stimmt der Frequenzverlauf 44 des ausgesendeten Signals mit dem Frequenzverlauf eines an einem nicht bewegten Objekt reflektierten Signals überein, wenn zudem auch die Umfelderfassungseinrichtung nicht bewegt ist, d. h. wenn es zu keiner Dopplerverschiebung kommt.

Aus der Gesamtfilterantwortamplitude 60 auf den Frequenzverlauf 44 des ausgesendeten Signals, bzw. des am nicht bewegten Objekt reflektierten Signals, ist eine Grundzeitdifferenz 64 ermittelbar, nämlich als eine Differenz zwischen einem ersten Zeitpunkt 66 bester Einstimmung des ersten FIR-Filtersignals 52 mit dem Frequenzverlauf 44 des ausgesendeten Signals und einem zweiten Zeitpunkt 68 bester Übereinstimmung des zweiten FIR-Filtersignals 54 mit dem Frequenzverlauf 44 des ausgesendeten Signals. Ohne Dopplerverschiebung ergeben sich beispielsweise zwei Signalverläufe mit einer Grundzeitdifferenz 64 von beispielsweise 1 ms, falls der zeitliche Abstand zwischen dem Chirp-Up-Puls und dem Chirp-Down-Puls 1 ms betragen hat.

Im Falle einer Doppler-Verschiebung erfolgt, wie dargestellt, eine Anhebung des Frequenzverlaufs. Aus der Gesamtfilterantwortamplitude 62 auf den Frequenzverlauf 46 des empfangenen Echosignals ist eine Zeitdifferenz 70 ermittelbar als eine Differenz zwischen einem ersten Zeitpunkt 72 bester Übereinstimmung des ersten FIR-Filtersignals 52 mit dem Frequenzverlauf 46 des Echosignals und einem zweiten Zeitpunkt 74 bester Übereinstimmung des zweiten FIR-Filtersignals 54 mit dem Frequenzverlauf 46 des Echosignals. Aufgrund der Anhebung des Frequenzverlaufs ermittelt der Filter für den Chirp-Up den ersten Zeitpunkt 72 bester Übereinstimmung (sogenanntes *matching)* etwas früher während der Filter für den Chirp-Down den zweiten Zeitpunkt 74 bester Übereinstimmung etwas später ermittelt, so dass die Zeitdifferenz 70 größer als die Grundzeitdifferenz 64 ist.

Figur 5 zeigt weitere Verfahrensschritte zur Ermittlung der Relativgeschwindigkeit des Umfelderfassungssystems zu dem Objekt. In einem ersten Schritt S1 wird das Echosignal 28 empfangen, wie mit Bezug zu Figur 2 beschrieben. In einem zweiten Schritt S2 wird das empfangene Echosignal 28 mit dem FIR-Filtersignal 52 gefiltert und hieraus eine erste FIR-Filterantwortamplitude 76 gewonnen. In einem Schritt S3 wird das empfangene Signal 28 mittels eines zweiten FIR-Filters gefiltert und eine zweite FIR-Filterantwortamplitude 78 ermittelt. Aus der ersten FIR-Filterantwortamplitude 76 und der zweiten FIR-Filterantwortamplitude 78 werden in einem Schritt S4 durch Überlagerung der ersten und zweiten FIR-Filterantwortamplituden 76, 78 die Gesamtfilterantwortamplituden 60, 62 ermittelt, welche in Figur 4 dargestellt sind. In einem weiteren Schritt S5 werden die Zeitdifferenz und die Grundzeitdifferenz ermittelt und in die Relativgeschwindigkeit umgerechnet. Dies erfolgt nach

v_{rel} = (Zeitdifferenz – Grundzeitdifferenz) x Umwandlungsfaktor.

Im Schritt S5 werden die ermittelten Informationen außerdem weiteren Fahrassistenzsystemen bereitgestellt.

Der Umwandlungsfaktor ist beispielsweise 1/20 [km/h / µs]. Der Umwandlungsfaktor hängt von der Bandbreite des verwendeten Chirps und von der Form des Chirps ab. Für logarithmische Chirps ist eine lineare Abhängigkeit zwischen v_{rel} und der gemessen Zeitverschiebung gegeben. Für lineare Chirps mit geringer Bandbreite ca. <10 kHz ist die Abhängigkeit in erster Näherung ebenso linear. Für andere Modulierungsarten können sich prinzipiell andere Zusammenhänge ergeben. Das Verhältnis des durch die Dopplerverschiebung hervorgerufenen Frequenzversatzes df zur Bandbreite DF des Chirps bestimmt mit der verwendeten Pulsdauer den Umrechnungsfaktor. Ist df << DF, dann werden nur geringe zeitliche Verschiebungen gemessen und der Umwandlungsfaktor ist hoch.

Figur 6 zeigt zwei Diagramme mit beispielhaften FIR-Filterantwortamplituden für bewegte und statische Objekte. Eine erste FIR-Filterantwortamplitude 82 auf ein statisches Objekt weist ein erstes Maximum 86 auf und definiert hierdurch einen ersten Zeitpunkt t_1. Eine zweite FIR-Filterantwortamplitude 84 auf das statische Objekt weist ein zweites Maximum 88 zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 auf. Aus den Zeitpunkten t_1 und t_2 lässt sich die Grundzeitdifferenz 64 ermitteln, welche, wie oben beschrieben, in die Berechnung der Relativgeschwindigkeit einfließt. Das in Figur 6 dargestellte untere Diagramm weist eine erste FIR-Filterantwortamplitude 90 auf ein empfangenes Echosignal bei bewegtem Objekt mit einem ersten Maximum 94 zu einem Zeitpunkt t_3 auf. Die zweite FIR-Filterantwortamplitude 92 weist ein zweites Maximum 96 zu einem Zeitpunkt t_4 auf. Aus dem ersten Zeitpunkt t_3 und dem zweiten Zeitpunkt t_4 ergibt sich durch Differenzbildung die Zeitdifferenz 70, anhand welcher die Relativgeschwindigkeit des bewegten Objekts zum Umfelderfassungssystem ermittelt werden kann. Die Differenz zwischen der Zeitdifferenz und der Grundzeitdifferenz, oder auch das Verhältnis der Zeitdifferenz zur Grundzeitdifferenz, kann als ein direktes Maß für die zugrundeliegende Doppler-Geschwindigkeit verwendet werden.

Figur 7 zeigt beispielhaft den zeitlichen Frequenzverlauf eines empfangenen Signals. Der Frequenzverlauf weist einen ersten Abschnitt 34 mit ansteigender Frequenz und einen zweiten Abschnitt 36 mit abfallender Frequenz auf. Die dargestellte Implementierung umfasst

einen Chirp-Up mit einer Impulsdauer von 1 ms, einer ersten Eckfrequenz 102 von 45 Khz und einer zweiten Eckfrequenz 104 von 54 kHz, gefolgt von einem Chirp-Down mit 1 ms von 54 kHz nach 45 kHz. Im ersten Abschnitt 34 ist dem Chirp-Up eine erste Steigung 98 zuordenbar und dem zweiten Abschnitt 36 dem Chirp-Down eine zweite Steigung 100, die auch als Steilheit bezeichnet wird. Im Falle eines Ultraschallsystems sind Ultraschallwandler mit Resonanzfrequenzen im Bereich von 40 bis 60 kHz bevorzugt, beispielsweise, wie dargestellt, ein Ultraschallwandler mit einer Resonanzfrequenz von 48 kHz. Der Chirp wird bevorzugt mit Eckfrequenzen 102, 104 im Bereich von 5% bis 30%, bevorzugt 5% bis 10% unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz des Ultraschallwandlers ausgebildet. Bei einer Resonanzfrequenz von 48 kHz liegen bevorzugte Bereiche beispielsweise 2,5 bis 10 kHz, bevorzugt 2,5 bis 5 kHz unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abhandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Umfelderfassungssystems (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Sende-/Empfangseinheit, wobei die Sende-/Empfangseinheit (4) ein frequenzmoduliertes Signal (26) aussendet und die Sende-/Empfangseinheit (4) und/oder eine oder mehrere weitere Sende-/Empfangseinheiten (4) Echosignale (28) des ausgesendeten frequenzmodulierten Signals (26) empfangen, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgesendete frequenzmodulierte Signal (26) zumindest einen ersten Abschnitt (30, 48) mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt (32, 50) mit abfallenden Frequenzen aufweist oder zumindest einen ersten Abschnitt (30, 48) mit abfallenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt (32, 50) mit ansteigenden Frequenzen und dass die empfangenen Echosignale (28) Reflexionsquellen (24) zugeordnet werden und anhand der empfangenen Echosignale (28) eine Information über die Geschwindigkeit (38) der Reflexionsquelle (24) relativ zur Sende-/Empfangseinheit (4) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgesendete frequenzmodulierte Signal (26) eine Pulsdauer von 0,6 ms bis 3 ms aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgesendete frequenzmodulierte Signal (26) einen linearen oder logarithmischen Chirp-Up gefolgt von einem linearen oder logarithmischen Chirp-Down aufweist oder einen linearen oder logarithmischen Chirp-Down gefolgt von einem linearen oder logarithmischen Chirp-Up.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die empfangenen Echosignale (28) zumindest eine erste FIR-Filtervorrichtung (8) mit einem ersten FIR-Signal (52) durchlaufen und ein erster Zeitpunkt (66) bester Übereinstimmung der empfangenen Echosignale (28) zu dem ersten FIR-Signal (52) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die empfangenen Echosignale (28) zumindest eine zweite FIR-Filtervorrichtung (10) mit einem zweiten FIR-Signal (54) durchlaufen und ein zweiter Zeitpunkt (68) bester Übereinstimmung der empfangenen Echosignale (28) zu dem zweiten FIR-Signal (54) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass aus den ermittelten ersten und zweiten Zeitpunkten (66, 68) eine Zeitdifferenz (70) ermittelt wird und aus der ermittelten Zeitdifferenz (70) die Information über die Geschwindigkeit (38) der Reflexionsquelle (24) relativ zur Sende-/Empfangseinheit (4) mittels eines linearen Ansatzes ermittelt wird.

7. Computerprogramm zur Durchführung eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wenn das Computerprogramm auf einer programmierbaren Computereinrichtung ausgeführt wird.

8. Umfelderfassungssystem (2) eines Fahrzeugs mit zumindest einer Sende-/Empfangseinheit (4), welche eingerichtet ist, frequenzmodulierte Signale (26) auszusenden und zu empfangen, wobei die ausgesendeten frequenzmodulierten Signale (26) zumindest einen ersten Abschnitt (30, 48) mit ansteigenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt (32, 50) mit abfallenden Frequenzen aufweisen oder zumindest einen ersten Abschnitt (30, 48) mit abfallenden Frequenzen und einen zweiten Abschnitt (32, 50) mit ansteigenden Frequenzen, und mit einer Filtervorrichtung (6, 8, 10, 12), welche an die zumindest eine Sende-/Empfangseinheit (4) gekoppelt ist, so dass empfangene Echosignale (28) die Filtervorrichtung (6, 8, 10, 12) durchlaufen können, wobei die Filtervorrichtung (6, 8, 10, 12) dazu eingerichtet ist, die empfangenen Echosignale (28) Reflexionsquellen (24) zuzuordnen und eingerichtet ist, anhand der empfangenen Echosignale (28) eine Information über die Geschwindigkeit (38) der Reflexionsquelle relativ zur Sende-/Empfangseinheit (4) zu ermitteln.

9. Umfelderfassungssystem (2) nach Anspruch 8, wobei die Filtervorrichtung (6, 8, 10, 12) zumindest eine FIR-Filtervorrichtung (8, 10) umfasst.

10. Kraftfahrzeug mit einem Umfelderfassungssystem (2) nach einem der Ansprüche 8 oder 9.

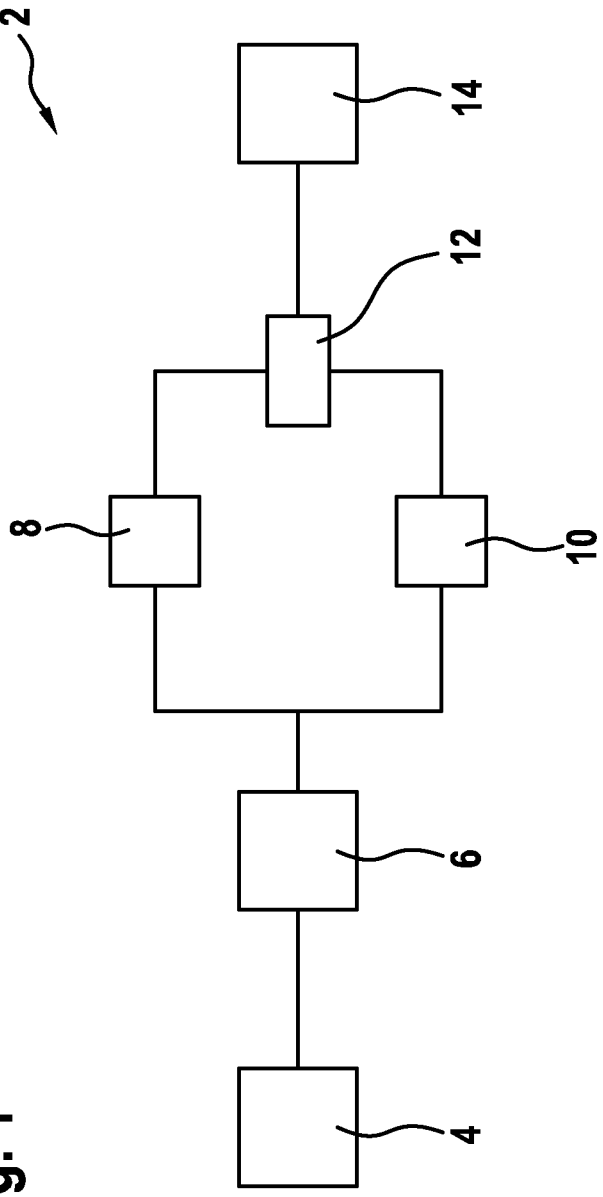
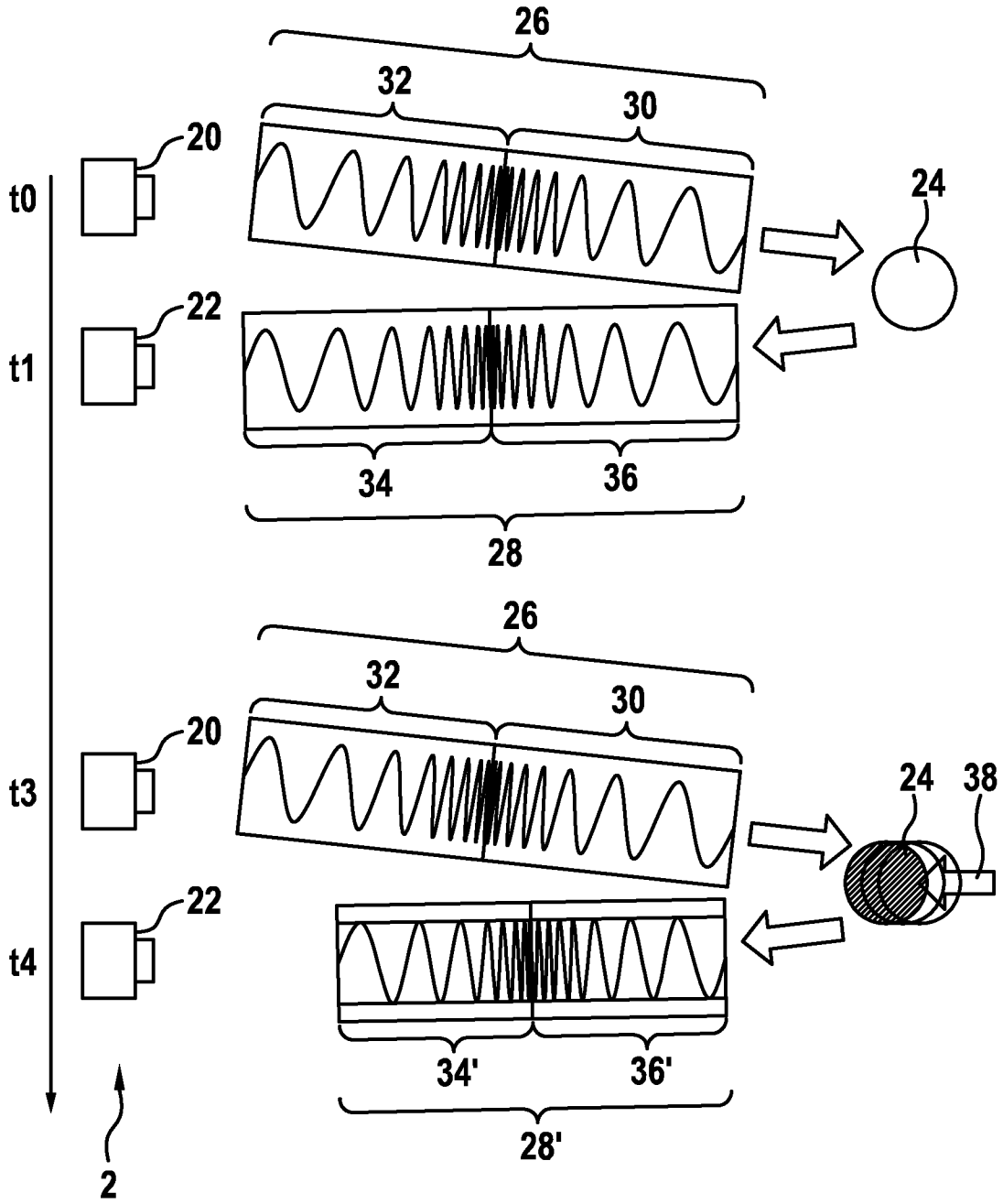


Fig. 1

Fig. 2



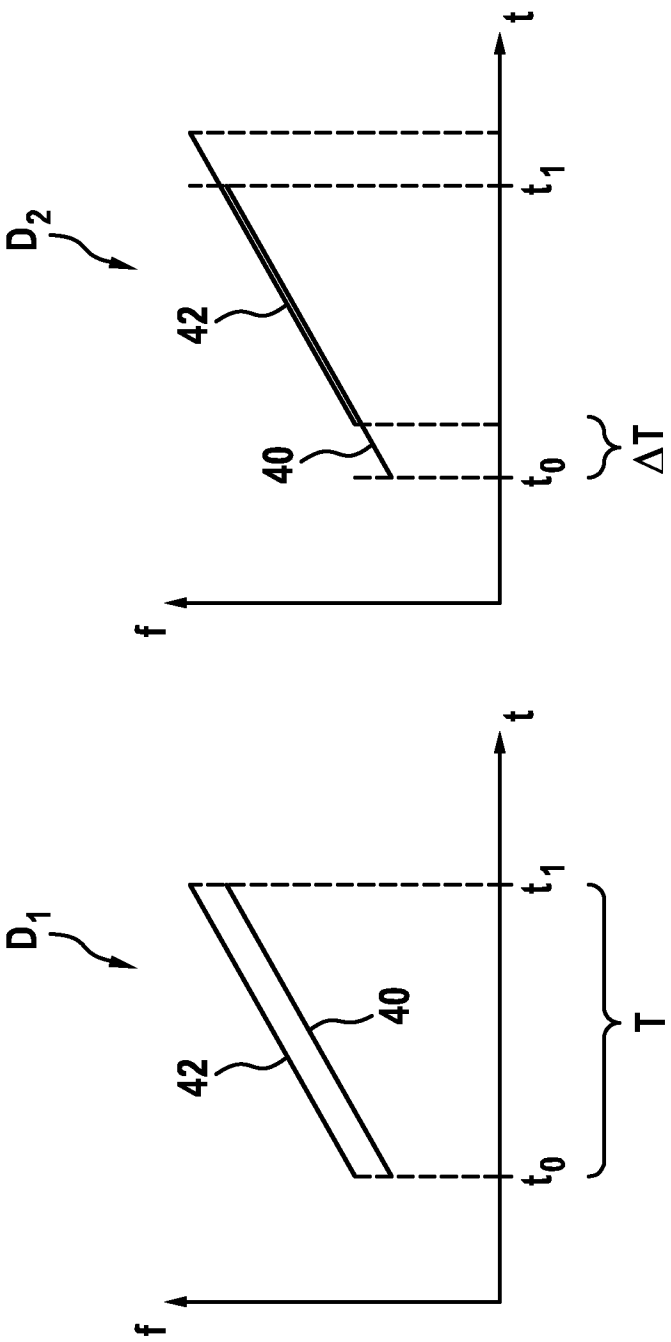


Fig. 3

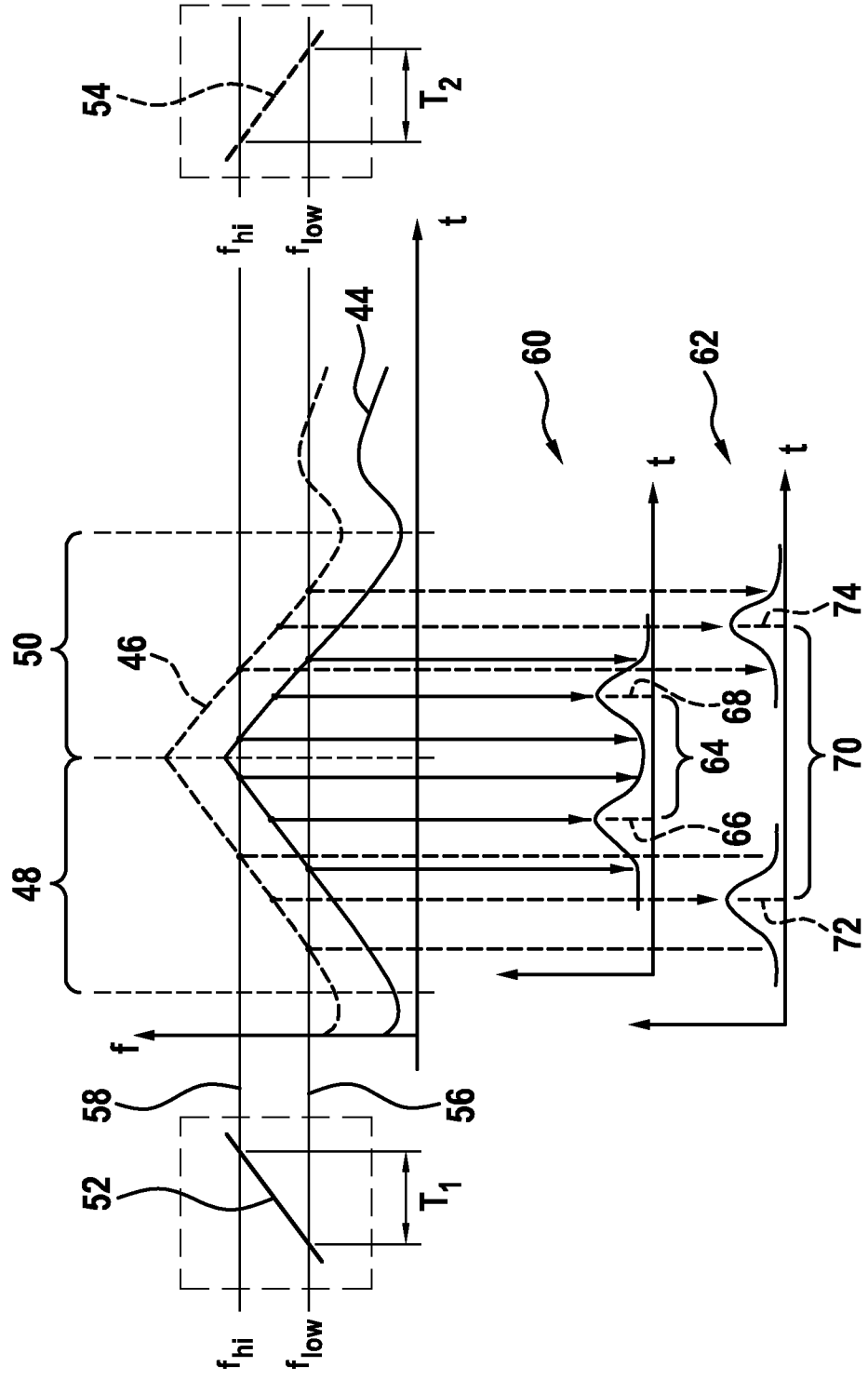

54
T_2
f_{hi}
f_{low}
t
44
60
62
t
t
50
46
74
68
64
70
66
48
72
f
58
56
52
T_1
f_{hi}
f_{low}

Fig. 4

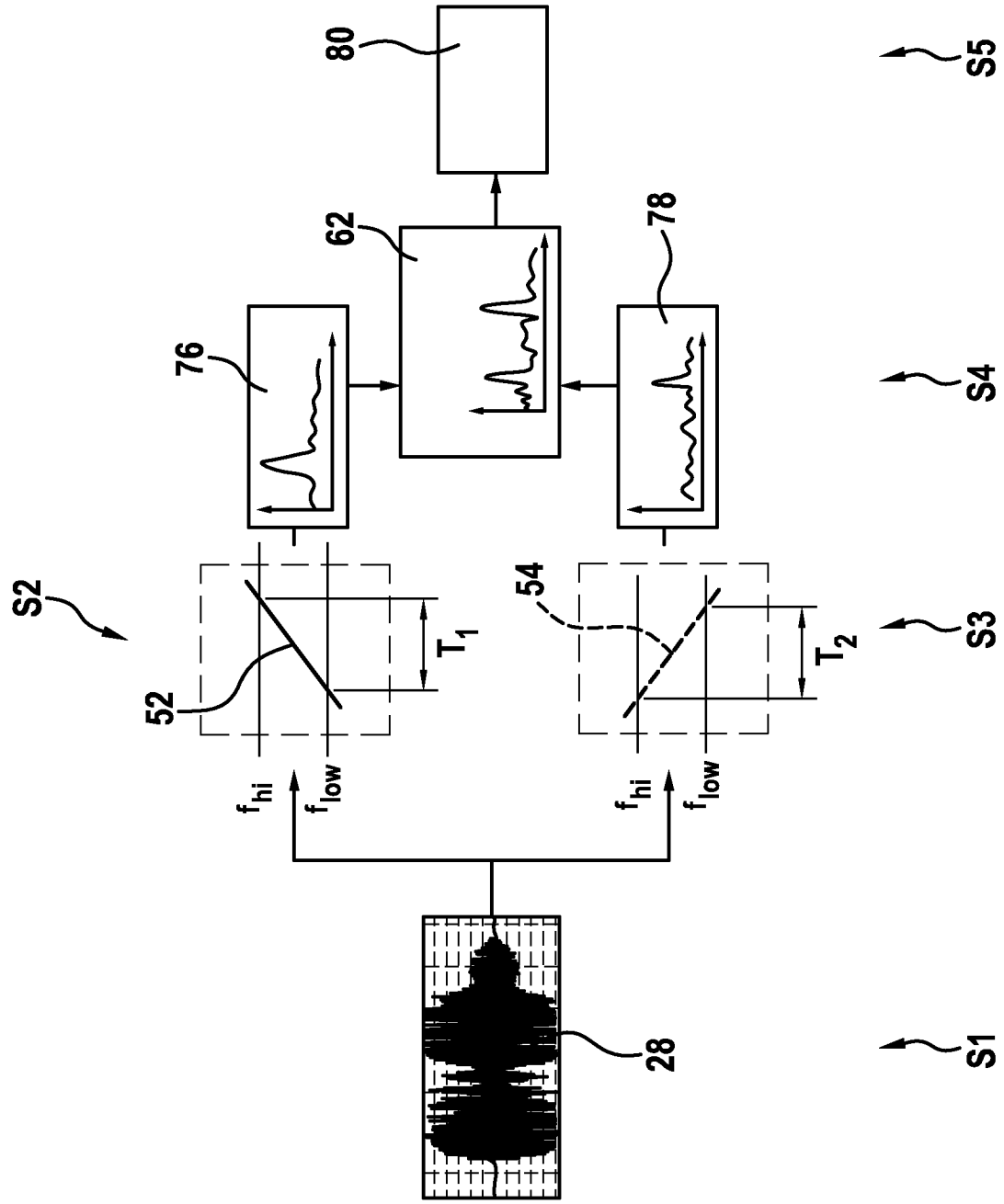


Fig. 5

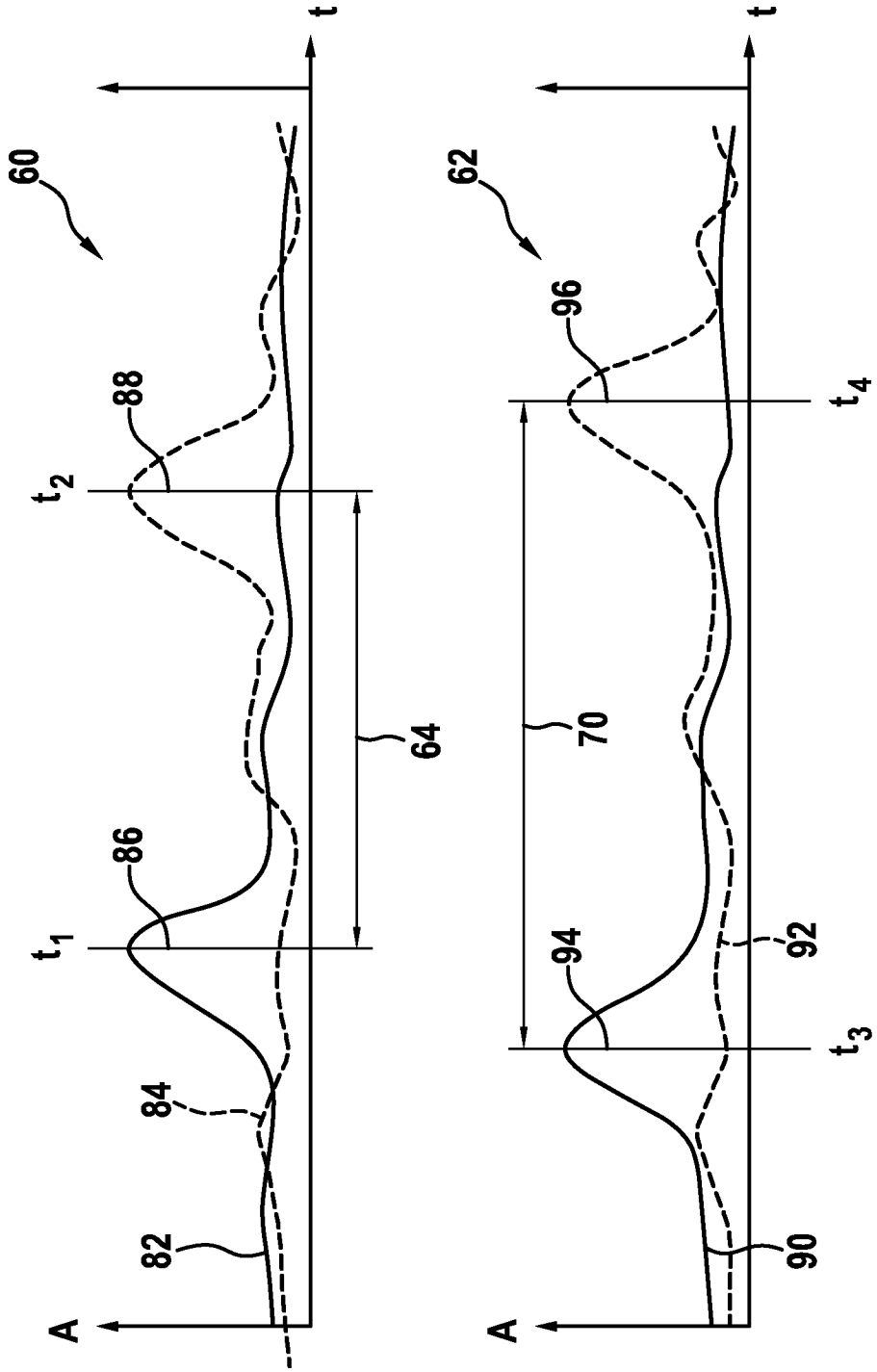
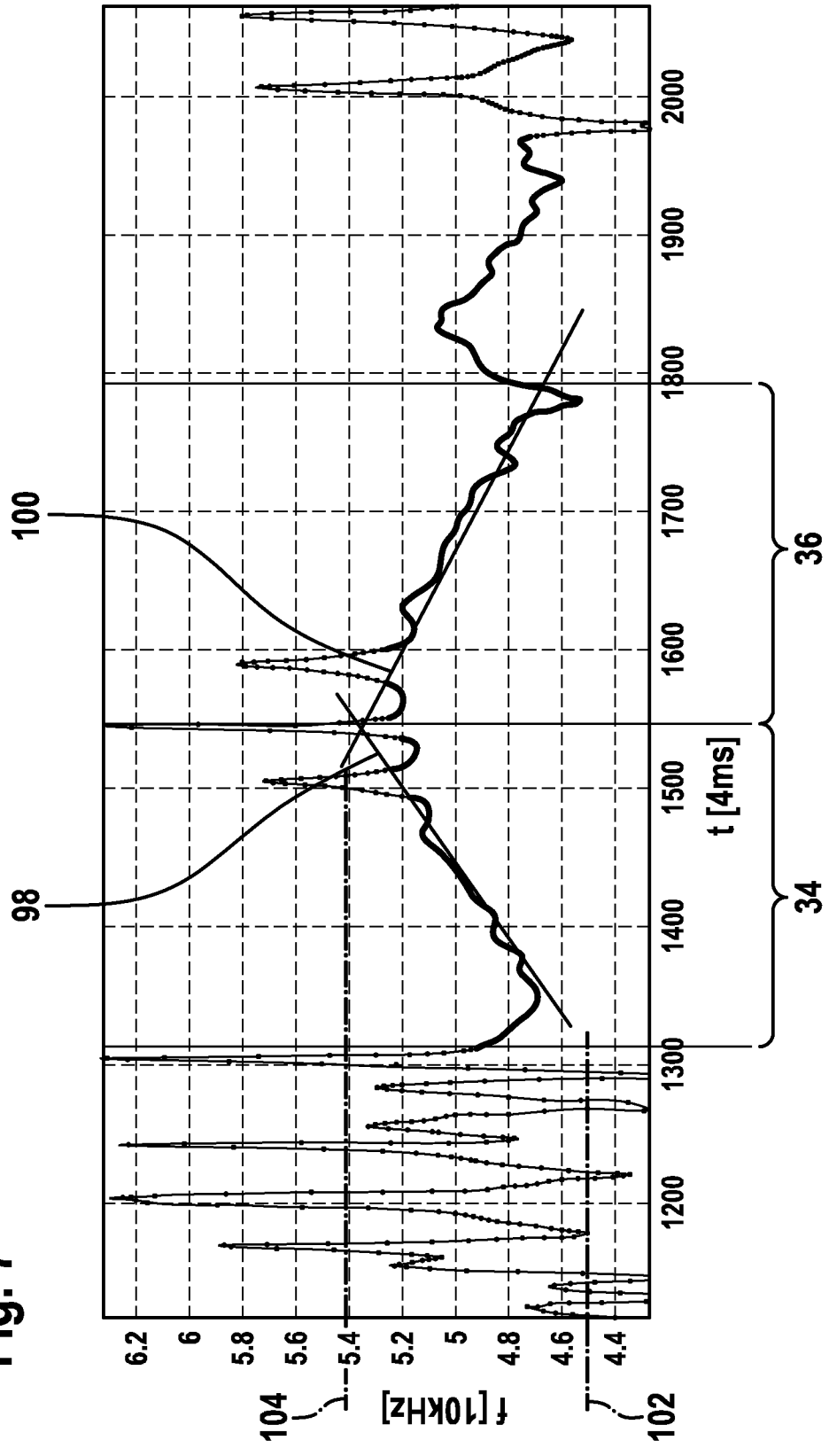


Fig. 6

Fig. 7


100
98
104
102
f [10kHz]
6.2
6
5.8
5.6
5.4
5.2
5
4.8
4.6
4.4
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
t [4ms]
34
36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/057025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S7/527 G01S15/10 G01S15/34 G01S15/52 G01S15/58 G01S15/93
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 231 481 A2 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 14 August 2002 (2002-08-14) the whole document	1-5,7-10
A	US 5 657 022 A (VAN ETTEN PAUL [US] ET AL) 12 August 1997 (1997-08-12) the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
2 July 2014	09/07/2014

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schmelz, Christian

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/057025

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1231481 A2	14-08-2002	DE 10106142 A1	14-08-2002
		EP 1231481 A2	14-08-2002
US 5657022 A	12-08-1997	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/057025

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S7/527 G01S15/10 G01S15/34 G01S15/52 G01S15/58 G01S15/93
ADD.
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 231 481 A2 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 14. August 2002 (2002-08-14) das ganze Dokument	1-5,7-10
A	US 5 657 022 A (VAN ETTEN PAUL [US] ET AL) 12. August 1997 (1997-08-12) das ganze Dokument	1-10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Juli 2014	09/07/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schmelz, Christian

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/057025

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1231481 A2	14-08-2002	DE 10106142 A1	14-08-2002
		EP 1231481 A2	14-08-2002
US 5657022 A	12-08-1997	KEINE	