(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
07. September 2018 (07.09.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/158063 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 15/93 (2006.01) *G01S 15/87* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/053326

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Februar 2018 (09.02.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 104 145.1
28. Februar 2017 (28.02.2017) DE

(71) Anmelder: **VALEO SCHALTER UND SENSOREN GMBH** [DE/DE]; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Erfinder: **GOTZIG, Heinrich**; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **BOYRON, Frederic**; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **GNUGESSER, Bernd**; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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.

WO 2018/158063 A1

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING AN ULTRASONIC SENSOR DEVICE FOR A MOTOR VEHICLE WITH DIFFERING EXCITATION OF A DIAPHRAGM, ULTRASONIC SENSOR DEVICE, DRIVER ASSISTANCE SYSTEM AND MOTOR VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug mit unterschiedlicher Anregung einer Membran, Ultraschallsensorvorrichtung, Fahrerassistenzsystem sowie Kraftfahrzeug

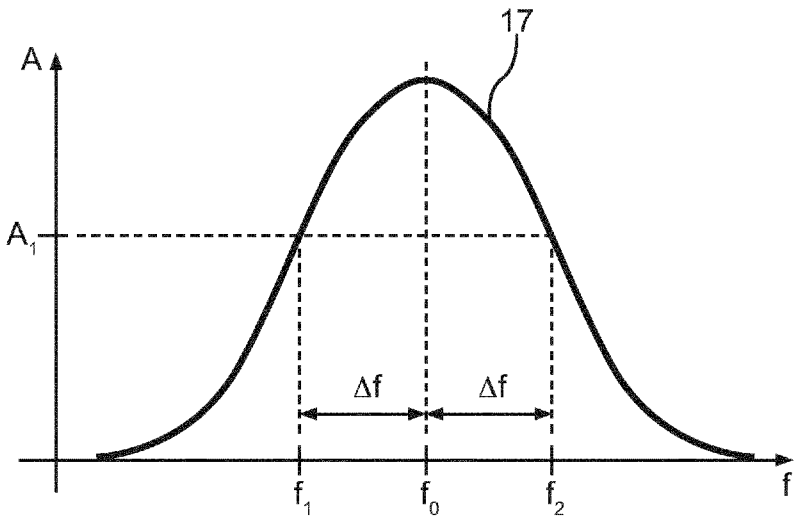

Fig.3

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating an ultrasonic sensor device (3) for a motor vehicle (1), in which method, in order to emit a first ultrasonic signal, a diaphragm (11) of a first ultrasonic sensor (4a) is excited and, in order to emit a second ultrasonic signal the diaphragm (11) of a second ultrasonic sensor (4b) is excited, wherein the diaphragm (11) of the first ultrasonic sensor (4a) and the diaphragm (11) of the second ultrasonic sensor (4b) have the same resonance frequency (f_0), wherein the diaphragm (11) of the first ultrasonic sensor (4a) is excited with a first frequency (f_1), which is lower by a predetermined frequency

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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)*

difference (Δf) than the resonance frequency (f_0), and the diaphragm (11) of the second ultrasonic sensor is excited with a second frequency (f_2), which is higher by the predetermined frequency difference (Δf) than the resonance frequency (f_0).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung (3) für ein Kraftfahrzeug (1), bei welchem zum Aussenden eines ersten Ultraschallsignals eine Membran (11) eines ersten Ultraschallsensors (4a) angeregt wird und zum Aussenden eines zweiten Ultraschallsignals die Membran (11) eines zweiten Ultraschallsensor (4b) angeregt wird, wobei die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors (4b) die gleiche Resonanzfrequenz (f_0) aufweisen, wobei die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) mit einer ersten Frequenz (f_1), welche um einen vorbestimmten Frequenzunterschied (Δf) geringer als die Resonanzfrequenz (f_0) ist, angeregt wird und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors mit einer zweiten Frequenz (f_2), welche um den vorbestimmten Frequenzunterschied (Δf) höher als die Resonanzfrequenz (f_0) ist, angeregt wird.

Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug mit unterschiedlicher Anregung einer Membran, Ultraschallsensorvorrichtung, Fahrerassistenzsystem sowie Kraftfahrzeug

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug, bei welchem zum Aussenden eines ersten Ultraschallsignals eine Membran eines ersten Ultraschallsensors angeregt wird und zum Aussenden eines zweiten Ultraschallsignals die Membran eines zweiten Ultraschallsensors angeregt wird, wobei die Membran des ersten Ultraschallsensors und die Membran des zweiten Ultraschallsensors die gleiche Resonanzfrequenz aufweisen. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Fahrerassistenzsystem einer solchen Ultraschallsensorvorrichtung. Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einem derartigen Fahrerassistenzsystem.

Das Interesse richtet sich vorliegend auf Ultraschallsensorvorrichtungen für Kraftfahrzeuge. Derartige Ultraschallsensorvorrichtungen können beispielsweise dazu verwendet werden, ein Objekt in einem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs zu erfassen. Eine solche Ultraschallsensorvorrichtung umfasst üblicherweise mehrere Ultraschallsensoren, mit denen jeweils ein Abstand zu dem Objekt bestimmt werden kann. Die Ultraschallsensoren umfassen eine Membran, die zum Aussenden des Ultraschallsignals mit einem entsprechenden Wandlerelement zu mechanischen Schwingungen angeregt wird. Das von dem Ultraschallsensor ausgesendete Ultraschallsignal wird dann von dem Objekt reflektiert und trifft wieder auf die Membran des Ultraschallsensors auf. Infolge des auftreffenden Ultraschallsignals wird die Membran zu mechanischen Schwingungen angeregt. Diese mechanischen Schwingungen können mit dem Wandlerelement erfasst werden und in Form eines Rohsignals, beispielsweise einer elektrischen Spannung, bereitgestellt werden. Dieses Rohsignal kann dann mit einer Sensorelektronik des Ultraschallsensors entsprechend bearbeitet werden und an ein Steuergerät übertragen werden.

Aus dem Stand der Technik sind Ultraschallsensorvorrichtungen beziehungsweise Fahrerassistenzsysteme bekannt, bei denen an einem Stoßfänger des Kraftfahrzeugs bis zu sechs Ultraschallsensoren angeordnet sind. Ferner ist es bekannt, dass mit den

einzelnen Ultraschallsensoren nacheinander eine Messung durchgeführt wird, um eine Beeinflussung der Ultraschallsensoren untereinander zu vermeiden. Da die Ultraschallsensoren das jeweilige Ultraschallsignal nicht zum gleichen Zeitpunkt aussenden, wird eine verhältnismäßig lange Zeit für einen Messzyklus mit den Ultraschallsensoren benötigt. Hierbei ist es wünschenswert, die zeitliche Dauer für diesen Messzyklus zu reduzieren, um den Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs schneller und zuverlässiger überwachen zu können.

Um diesem Nachteil zu entgegnen, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, dass die jeweiligen Ultraschallsignale, die mit den unterschiedlichen Ultraschallsensoren ausgesendet werden, entsprechend codiert werden. Somit soll es ermöglicht werden, dass die Ultraschallsignale voneinander unterschieden werden können und die jeweiligen Ultraschallsensoren das Ultraschallsignal gleichzeitig aussenden können. Auch bei der Codierung der Ultraschallsignale hatte sich gezeigt, dass es hier zu Störungen der Ultraschallsensoren untereinander kommen kann.

In diesem Zusammenhang beschreibt die DE 10 2010 033 210 A1 ein Verfahren zum Betreiben zumindest eines Ultraschallsensors eines Fahrerassistenzsystems in einem Kraftfahrzeug, wobei ein Ausgangsschallsignal des Ultraschallsensors gemäß einer Modulationsart moduliert wird und durch diese Modulation ein spezifisches Codewort dem Ausgangsschallsignal aufgeprägt wird. Als Modulationsart kann beispielsweise die Frequenzumtastung oder eine digitale Phasenmodulation, insbesondere die Quadraturphasenumtastung, verwendet werden.

Des Weiteren beschreibt die DE 10 2013 218 571 A1 eine Vorrichtung zur seitlichen Umfelderfassung eines Kraftfahrzeugs mit einer Mehrzahl von baugleichen Umfeldsensoren, welche Informationen für eine Einparkunterstützungsvorrichtung sowie eine Türschutzeinrichtung bereitstellen. Um die Umfeldsensoren zeitgleich oder zeitlich überlappend betreiben zu können, ohne dass eine Störung durch Kreuzechoimpulse auftritt, wird vorgeschlagen, die zeitgleich betriebenen Umfeldsensoren bei Frequenzen zu betreiben, die gegeneinander verschoben sind und von denen mindestens eine der Frequenzen auch gegenüber einer Resonanzfrequenz der Umfeldsensoren verschoben ist.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lösung aufzuzeigen, wie mit einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug der eingangs genannten Art ein Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs sicherer und zuverlässiger erfasst werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren, durch eine Ultraschallsensorvorrichtung, durch ein Fahrerassistenzsystem sowie durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Bei einer Ausführungsform eines Verfahrens zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug wird bevorzugt zum Aussenden eines ersten Ultraschallsignals eine Membran eines ersten Ultraschallsensors angeregt. Zudem wird zum Aussenden eines zweiten Ultraschallsignals insbesondere die Membran eines zweiten Ultraschallsensors angeregt. Dabei weisen die Membran des ersten Ultraschallsensors und die Membran des zweiten Ultraschallsensors bevorzugt die gleiche Resonanzfrequenz auf. Ferner ist es bevorzugt vorgesehen, dass die Membran des ersten Ultraschallsensors mit einer ersten Frequenz, welche insbesondere um einen vorbestimmten Frequenzunterschied geringer als die Resonanzfrequenz ist, angeregt wird. Weiterhin ist es insbesondere vorgesehen, dass die Membran des zweiten Ultraschallsensors mit einer zweiten Frequenz, welche insbesondere um den vorbestimmten Frequenzunterschied höher als die Resonanzfrequenz ist, angeregt wird. Die Resonanzfrequenz kann insbesondere die mechanische (bzw. bauteilbedingt vorgegebene) Resonanzfrequenz sein. Insbesondere ist der Betrag des vorbestimmten Frequenzunterschieds, um den die erste Frequenz geringer ist als die Resonanzfrequenz, und der Betrag des vorbestimmten Frequenzunterschieds, um den die zweite Frequenz höher bzw. größer ist als die Resonanzfrequenz, gleich. Dies heißt insbesondere, dass bei der ersten und der zweiten Frequenz das Ultraschallsignal mit gleicher Energie gesendet wird. Mit anderen Worten werden das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal mit gleicher Energie, und daher insbesondere auch mit gleicher Empfindlichkeit, gesendet.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug. Hierbei wird zum Aussenden eines ersten Ultraschallsignals eine Membran eines ersten Ultraschallsensors angeregt und zum Aussenden eines zweiten Ultraschallsignals wird die Membran eines zweiten Ultraschallsensors angeregt, wobei die Membran des ersten Ultraschallsensors und die Membran des zweiten Ultraschallsensors die gleiche Resonanzfrequenz aufweisen. Dabei wird die Membran des ersten Ultraschallsensors mit einer ersten Frequenz, welche um einen vorbestimmten Frequenzunterschied geringer als die Resonanzfrequenz ist, angeregt. Die Membran des

zweiten Ultraschallsensors wird mit einer zweiten Frequenz, welche um den vorbestimmten Frequenzunterschied höher als die Resonanzfrequenz ist, angeregt.

Mithilfe des Verfahrens soll eine Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug betrieben werden. Die Ultraschallsensorvorrichtung umfasst den ersten Ultraschallsensor und dem zweiten Ultraschallsensor. Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass der erste Ultraschallsensor und der zweite Ultraschallsensor baugleich ausgebildet sind. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Ultraschallsensorvorrichtung mehrere Ultraschallsensoren umfasst. Mithilfe der Ultraschallsensorvorrichtung können Objekte beziehungsweise Hindernisse in einem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs erfasst werden. Hierzu kann mit den Ultraschallsensoren jeweils ein Ultraschallsignal ausgesendet werden. Vorliegend wird mit dem ersten Ultraschallsensor das erste Ultraschallsignal ausgesendet und mit dem zweiten Ultraschallsensor das zweite Ultraschallsignal ausgesendet. Zu diesem Zweck wird die Membran des jeweiligen Ultraschallsensors mit einem entsprechenden Wandlerelement, beispielsweise einem piezoelektrischen Element, zu mechanischen Schwingungen angeregt. Hierzu kann das Wandlerelement beispielsweise mit einem Anregungssignal in Form einer zeitlich veränderlichen elektrischen Spannung beaufschlagt werden. Das jeweilige ausgesendete Ultraschallsignal wird an dem Objekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs reflektiert und trifft wieder auf die Membran des Ultraschallsensors auf. Dadurch wird die Membran des Ultraschallsensors zu mechanischen Schwingungen angeregt. Diese mechanischen Schwingungen der Membran können mit dem Wandlerelement erfasst werden und in Form des Rohsignals, welches insbesondere als zeitlich veränderliche elektrische Spannung bereitgestellt wird, ausgegeben werden. Das Rohsignal kann insbesondere die (zeitlich veränderliche) elektrische Spannung sein, welche direkt von Wandlerelement ausgeben wird.

Gemäß einem wesentlichen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass die Membran des ersten Ultraschallsensors mit einer ersten Frequenz angeregt wird und die Membran des zweiten Ultraschallsensors mit einer zweiten Frequenz, welche sich von der ersten Frequenz unterscheidet, angeregt wird. Dabei ist die erste Frequenz um den vorbestimmten Frequenzunterschied geringer als die Resonanzfrequenz der Membran und die zweite Frequenz ist um den vorbestimmten Frequenzunterschied höher als die Resonanzfrequenz der Membran. Vorliegend werden also die Membranen der jeweiligen Ultraschallsensoren nicht mit ihrer Resonanzfrequenz angeregt, sondern mit einer Frequenz die geringer oder höher als die Resonanzfrequenz ist. Wie bereits erläutert, sind die Ultraschallsensoren baugleich ausgebildet. Dies bedeutet auch, dass die

Membranen des ersten Ultraschallsensors und des zweiten Ultraschallsensors baugleich ausgebildet sind. Die Membranen weisen unter Berücksichtigung von fertigungstechnischen Toleranzen die gleiche Resonanzfrequenz auf. Dadurch, dass die Membran des ersten Ultraschallsensors mit der ersten Frequenz angeregt wird und die Membran des zweiten Ultraschallsensors mit der zweiten Frequenz angeregt wird, können diese Ultraschallsignale beim nachfolgenden empfangen voneinander unterschieden werden. Somit ist es insbesondere nicht erforderlich, verschiedene Ultraschallsensoren zu verwenden, deren Membranen unterschiedliche Resonanzfrequenz aufweisen. Damit kann auf einfache und kostengünstige Weise erreicht werden, dass die Signale des ersten und des zweiten Ultraschallsensors voneinander unterschieden werden können. Dies eignet sich insbesondere, wenn der erste Ultraschallsensor und der zweite Ultraschallsensor nebeneinander an einem Stoßfänger des Kraftfahrzeugs angeordnet werden sollen und somit eine gegenseitige Beeinflussung vorliegen kann.

In einer Ausführungsform werden die Membran des ersten Ultraschallsensors und die Membran des zweiten Ultraschallsensors gleichzeitig angeregt. Dies bedeutet, dass das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal zeitgleich ausgesendet werden. Das erste Ultraschallsignal, das mit dem ersten Ultraschallsensor ausgesendet wird, kann von einem Objekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs reflektiert werden. Im Anschluss daran kann das erste Ultraschallsignal wieder mit dem ersten Ultraschallsensor empfangen werden. Es kann auch eine sogenannte Kreuzmessung durchgeführt werden, bei welcher das erste Ultraschallsignal mit dem zweiten Ultraschallsensor empfangen wird. In gleicher Weise kann das zweite Ultraschallsignal, welches mit dem zweiten Ultraschallsensor ausgesendet wird, sowohl mit dem zweiten Ultraschallsensor als auch mit dem ersten Ultraschallsensor empfangen werden. Da das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal aufgrund ihrer verschiedenen Frequenzen beim Empfangen voneinander unterschieden werden können, kann das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal zeitgleich ausgesendet werden. Somit kann beispielsweise ein Messzyklus, der mit der Ultraschallsensorvorrichtung durchgeführt wird, innerhalb einer kürzeren Zeit erfolgen. Diese ermöglicht eine zuverlässige Überwachung des Umgebungsbereichs des Kraftfahrzeugs.

In einer weiteren Ausführungsform werden die erste Frequenz und die zweite Frequenz derart bestimmt, dass eine Amplitude einer Schwingung der Membran des ersten Ultraschallsensors bei der Anregung mit der ersten Frequenz einer Amplitude einer Schwingung der Membran des zweiten Ultraschallsensors bei der Anregung mit der

zweiten Frequenz entspricht. Die Membran weist bei der Anregung mit der Resonanzfrequenz bezüglich der Schwingungsamplitude ein Maximum auf. Dabei sind die erste Frequenz und die zweite Frequenz so gewählt, dass sich bei der Anregung der Membran mit der ersten Frequenz und bei der Anregung der Membran mit der zweiten Frequenz in etwa die gleiche Schwingungsamplitude ergibt. Damit kann erreicht werden, dass der Sendeschallpegel des ersten Ultraschallsignals in etwa dem Sendeschallpegel des zweiten Ultraschallsignals entspricht. Die Membran des ersten Ultraschallsensors und des zweiten Ultraschallsensors können insbesondere so ausgebildet sein, dass die Schwingungsamplitude in Abhängigkeit von der Frequenz einen symmetrischen Verlauf aufweist. Da die erste Frequenz um den vorbestimmten Frequenzunterschied geringer als die Resonanzfrequenz ist und die zweite Frequenz um den vorbestimmten Frequenzunterschied höher als die Resonanzfrequenz ist, kann somit erreicht werden, dass die Schwingungsamplitude der Membran bei der Anregung mit der erste Frequenz und mit der zweiten Frequenz in etwa gleich sind. Da die Membranen des ersten Ultraschallsensors und des zweiten Ultraschallsensors baugleich ausgebildet sind und diese während des Betriebs im Wesentlichen den gleichen Temperaturbedingungen ausgesetzt sind, wirken sich Temperatureinflüsse in gleichem Maße auf die Membran des ersten Ultraschallsensors und die Membran des zweiten Ultraschallsensors aus. Somit können die Echos des ersten Ultraschallsignals und des zweitens Ultraschallsignals auf zuverlässige Weise miteinander verglichen werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird der Frequenzunterschied in Abhängigkeit von einer bestimmten Bandbreite des mit dem ersten Ultraschallsensor und/oder zweiten Ultraschallsensor empfangenen Ultraschallsignals bestimmt. Das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal können Frequenzen im Bereich von 50 kHz aufweisen. Wenn das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal ausgesendet werden, ergeben sich zwischen dem Aussenden und dem Empfangen des jeweiligen reflektierten Ultraschallsignals Streuungen und/oder Verschiebungen bezüglich der Frequenz. Diese sind durch die Einflüsse der Membran, die Eigenschaften der Luft sowie des Objekts und/oder die Doppler-Verschiebung begründet. Die Bandbreite des ersten Ultraschallsignals, welches in dem Umgebungsbereich reflektiert wird und wieder zu einem der Ultraschallsensoren gelangt, kann in Versuchen bestimmt werden oder berechnet werden. In gleicher Weise kann die Bandbreite des zweiten Ultraschallsignals bestimmt werden, welches in dem Umgebungsbereich reflektiert wird und empfangen wird. Dabei kann der Frequenzunterschied, um welchem sich die erste Frequenz und die zweite Frequenz von der Resonanzfrequenz unterscheiden, so bestimmt werden, dass dieser zumindest der Hälfte der Bandbreite des empfangenen ersten Ultraschallsignals

und/oder des empfangenen zweiten Ultraschallsignals entspricht. Maximal kann der Frequenzunterschied beispielsweise der Bandbreite des ersten Ultraschallsignals und/oder des zweiten Ultraschallsignals entsprechen. Somit kann auf sichere Weise eine gegenseitige Beeinflussung des ersten Ultraschallsignals und des zweiten Ultraschallsignals verhindert werden.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der Frequenzunterschied in Abhängigkeit von einem Steuersignal, welches an den ersten Ultraschallsensor und den zweiten Ultraschallsensor übertragen wird, verändert wird. Der erste Ultraschallsensor und der zweite Ultraschallsensor können zur Datenübertragung mit einem Steuergerät der Ultraschallsensorvorrichtung verbunden sein. Mit diesem Steuergerät können Steuersignale an den ersten Ultraschallsensor und/oder den zweiten Ultraschallsensor übertragen werden. In dem ersten Ultraschallsensor und dem zweiten Ultraschallsensor ist eine Sensorelektronik vorhanden, mittels welcher ein Anregungssignal zum Anregen des jeweiligen Wandlerelements bereitgestellt wird. In Abhängigkeit von dem empfangenen Steuersignal kann die Frequenz des Anregungssignals und damit der Frequenzunterschied beeinflusst werden, um welchen sich die erste Frequenz und die zweite Frequenz von der Resonanzfrequenz unterscheiden. Es kann auch vorgesehen sein, dass die erste Frequenz und die zweite Frequenz unabhängig eingestellt werden. Somit kann das Aussenden des ersten Ultraschallsignals und des zweiten Ultraschallsignals variabel gestaltet werden und angepasst werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird die Membran des ersten Ultraschallsensors derart angeregt, dass das erste Ultraschallsignal mit einer ersten Codierung ausgesendet wird, und die Membran des zweiten Ultraschallsensors wird derart angeregt, dass das zweite Ultraschallsignal mit einer zweiten Codierung ausgesendet wird. Dabei kann die erste Codierung und/oder die zweite Codierung mittels einer Frequenzumtastung, mittels einer Phasenumtastung, als Chip und/oder mittels eines digitalen Modulationsverfahrens bereitgestellt werden. Für die Codierung kann auch ein Modulationsverfahren verwendet werden. Das erste Ultraschallsignal kann also eine Codierung aufweisen, die sich von der zweiten Codierung des zweiten Ultraschallsignals unterscheidet. Auf diese Weise kann die Unterscheidung zwischen dem ersten Ultraschallsignal und dem zweiten Ultraschallsignal verbessert werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird eine erste Sendedauer, während der das erste Ultraschallsignal ausgesendet wird, in Abhängigkeit von der ersten Codierung eingestellt und/oder eine zweite Sendedauer, während der das zweite Ultraschallsignal ausgesendet

wird, wird in Abhängigkeit von der zweiten Codierung eingestellt. Während der jeweiligen Sendedauer wird das Anregungssignal an der Membran des Ultraschallsensors angelegt. Dies kann auch als Sendephase bezeichnet werden. In einer anschließenden Empfangsphase wird kein Anregungssignal an dem Ultraschallsensor angelegt. Hier können dann die reflektierten Ultraschallsignale empfangen werden. Beim Aussenden des jeweiligen Ultraschallsignals ist darauf zu achten, dass die Frequenzanteile des jeweiligen Ultraschallsignals innerhalb der vorbestimmten Bandbreite bleiben. Um dies zur erreichen, können abhängig von dem Codierverfahren beziehungsweise dem Modulationsverfahrens unterschiedliche Ansätze bereitgestellt werden.

Wenn beispielsweise keine Codierung verwendet wird und die Membran des ersten Ultraschallsensors und des zweiten Ultraschallsensors mit einem sinusförmigen Anregungssignal angeregt werden, kann die jeweilige Sendedauer so gewählt werden, dass das Frequenzspektrum des jeweiligen Ultraschallsignals schmal genug ist. Bei der Verwendung einer Frequenzumtastung und einer Phasenumtastung kann die Bit-Dauer lange genug gewählt werden, um einen verhältnismäßig enges Spektrum zu erreichen. Ferner ist darauf zu achten, dass Diskontinuitäten bezüglicher der Phase vermieden werden, um beispielsweise Nebenkeulen oder Artefakte in ihrer Leistung zu reduzieren. Zu diesem Zweck können entsprechende Pulsformverfahren verwendet werden. Beispielsweise kann hierzu bei einer Phasenumtastung ein Raised-Cosine-Filter verwendet werden. Die Frequenzumtastung kann kontinuierlich oder mit einem vorgeschalteten Gauß-Filter erfolgen. Falls eine Chirp-Modulation verwendet wird, kann die Startfrequenz und die Endfrequenz des Chirp-Signals angepasst werden. Dies ermöglicht insgesamt eine zuverlässige Codierung des ersten und/oder des zweiten Ultraschallsignals.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die in einem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs reflektierten Ultraschallsignale mit den Ultraschallsensoren empfangen werden und mit den Ultraschallsensoren jeweils ein Rohsignal ausgegeben wird. Im Betrieb der Ultraschallsensorvorrichtung kann das erste Ultraschallsignal, welches beispielsweise an einem Objekt in dem Umgebungsbereich reflektiert wird, von dem ersten Ultraschallsensor empfangen werden. Das erste Ultraschallsignal kann auch von dem zweiten Ultraschallsensor empfangen werden. In gleicher Weise kann das zweite Ultraschallsignal, das mit dem zweiten Ultraschallsensor ausgesendet wird und in dem Umgebungsbereich reflektiert wird, von dem ersten Ultraschallsensor und/oder dem zweiten Ultraschallsensor empfangen werden. Bei dem Empfangen des jeweiligen Ultraschallsignals trifft das Ultraschallsignal auf die Membran, wodurch diese zu

mechanischen Schwingungen angeregt wird. Diese mechanische Schwingung kann mit den jeweiligen Wandlerelementen in Form eines Rohsignals ausgegeben werden. Bei dem Rohsignal handelt es sich insbesondere um eine zeitlich veränderliche elektrische Spannung. Dieses Rohsignal kann dann entsprechend weiterverarbeitet werden, um zu überprüfen, ob das erste Ultraschallsignal oder das zweite Ultraschallsignal mit den jeweiligen Ultraschallsensor empfangen wurde.

In einer weiteren Ausgestaltung wird in den jeweiligen(d.h. in jedem der) Ultraschallsensoren das ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Bandpassfilter, dessen Durchlassbereich die erste Frequenz umfasst, gefiltert und zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals wird in den jeweiligen Ultraschallsensoren das ausgegebene Rohsignal mit einem zweiten Bandpassfilter, dessen Durchlassbereich die zweite Frequenz umfasst, gefiltert. Das erste Bandpassfilter kann eine Mittelfrequenz, die der ersten Frequenz entspricht, und eine Halbwertsbreite von -3 dB eines Frequenzunterschieds aufweisen. In gleicher Weise kann das zweite Bandpassfilter eine Mittelfrequenz, die der zweiten Frequenz entspricht, und eine Halbwertsbreite von -3 dB des Frequenzunterschieds aufweisen. Dabei ist der Frequenzunterschied derart bestimmt, dass dieser kleiner ist als der Betrag des Unterschieds zwischen der erste Frequenz und der zweiten Frequenz. Somit können die jeweiligen Rohsignale, die mit dem ersten Ultraschallsensor und/oder dem zweiten Ultraschallsensor bereitgestellt werden, daraufhin untersucht werden, ob diese das reflektierte erste Ultraschallsignal und/oder das reflektierte zweite Ultraschallsignal beschreiben. Es ist somit möglich parallel zu messen, d.h. mit dem ersten Ultraschallsensor und dem zweiten Ultraschallsensor gleichzeitig zu messen.

In einer weiteren Ausgestaltung wird das in den jeweiligen (d.h. in jedem der) Ultraschallsensoren ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals und/oder des empfangenen zweiten Ultraschallsignals decodiert. Falls das erste Ultraschallsignal und das zweite Ultraschallsignal entsprechend codiert wurden, kann bei dem Empfangen dieser Ultraschallsignale entsprechende die Codierung durchgeführt werden. Dabei wird eine erste Codierung beziehungsweise eine erste Modulation für das erste Ultraschallsignals verwendet. Für das zweite Ultraschallsignal wird eine zweite Codierung beziehungsweise zweite Modulation verwendet. Bei der Frequenzumtastung, der Phasenumtastung und oder bei einem Chipsignal können unterschiedliche Trägerfrequenzen für die Modulation verwendet werden. Auch auf diese Weise kann überprüft werden, ob das Rohsignal von dem ersten Ultraschallsignal oder dem zweiten Ultraschallsignals stammen.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn das in den jeweiligen Ultraschallsensoren ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Anregungssignal korreliert wird und/oder zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem zweiten Anregungssignal korreliert wird. Das erste Anregungssignal entspricht insbesondere dem Signal, mit dem das Wandlerelement beziehungsweise die Membran des ersten Ultraschallsensors zum Aussenden des ersten Ultraschallsignals angeregt wird. Das zweite Anregungssignal entspricht insbesondere dem Signal, mit dem das Wandlerelement beziehungsweise die Membran des zweiten Ultraschallsensors zum Aussenden des zweiten Ultraschallsignals angeregt wird. Das Rohsignal, das mit dem ersten Ultraschallsensor bereitgestellt wird, wird dann mit dem ersten Anregungssignal korreliert. Wenn das erste Ultraschallsignal mit dem ersten Ultraschallsensor empfangen wurde, wird eine Autokorrelation durchgeführt. Wenn mit dem ersten Ultraschallsensor das zweite Ultraschallsignal empfangen wurde, wird eine Kreuzkorrelation durchgeführt. Dies gilt in gleicher Weise für den zweiten Ultraschallsensor. Falls als ein digitales Modulationsverfahren verwendet wird, kann eine sogenannte Missmatch-Korrelation durchgeführt werden, um Nebenkeulen beziehungsweise Artefakte bei der Autokorrelation zu minimieren. Falls Chipsignale verwendet werden, kann eine zusätzliche Fensterfunktion verwendet werden, um die Nebenkeulen zu minimieren. Somit kann auf zuverlässige Weise bestimmt werden, ob das Rohsignal von dem ersten Ultraschallsignal oder von dem zweiten Ultraschallsignal stammt.

Vorliegend wird berücksichtigt, dass bei der Korrelation Nebenkeulen beziehungsweise Artefakte auftreten können, welche fälschlicherweise als Signalanteil interpretiert werden, der von einem Objekt stammt. Vorliegend soll innerhalb des jeweiligen Ultraschallsensors sowohl eine Autokorrelation also eine Kreuzkorrelation durchgeführt werden. Hierbei wird berücksichtigt, dass eine Optimierung auf die Autokorrelation und Kreuzkorrelation in gleicher Weise nicht möglich ist. Dies könnte beispielsweise dadurch erreicht werden, dass sehr lange Ultraschallsignale ausgesendet werden, was aber im Betrieb der Ultraschallsensoren nicht gewünscht ist. Falls bei der Codierung eine verhältnismäßig geringe Bit-Dauer verwendet wird, erfordert dies eine Erhöhung des Frequenzspektrums des codierten Ultraschallsignals, da die Bandbreite des Spektrums invers zu der Bit-Dauer ist. Da die Bandbreite der Membran beschränkt ist, kann dies nur im begrenzten Umfang eingesetzt werden. Falls die Membran derart ausgestaltet wird, dass diese eine höhere Bandbreite aufweist, kann dies aber dazu führen, dass die Sendeleistung beziehungsweise der Sendeschalldruck reduziert wird. Vorliegend wird durch die

Einteilung der Membran in die zwei Kanäle, beziehungsweise die erste Frequenz und die zweite Frequenz eine Möglichkeit geschaffen, um das erste Ultraschallsignal des ersten Ultraschallsensors von dem zweiten Ultraschallsignal des zweiten Ultraschallsensors unterscheiden zu können.

Der erste Ultraschallsensor und der zweite Ultraschallsensor können zunächst in einer Sendephase betrieben werden. Während der Sendephase wird mit dem ersten Ultraschallsensor das erste Ultraschallsignal mit der ersten Frequenz ausgesendet. Ferner wird während der Sendephase mit dem zweiten Ultraschallsensor das zweite Ultraschallsignal mit der zweiten Frequenz ausgesendet. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass die Sendephase des ersten Ultraschallsensors und die Sendephase des zweiten Ultraschallsensors zeitgleich oder zeitlich überlappend durchgeführt werden. Nach der Sendephase werden der erste Ultraschallsensor und der zweite Ultraschallsensor jeweils in einer Empfangsphase betrieben. In dieser Empfangsphase wird sowohl mit dem ersten Ultraschallsensor als auch mit dem zweiten Ultraschallsensor und zwar in dem jeweiligen Ultraschallsensor selbst überprüft, ob diese das erste Ultraschallsignal und/oder das zweite Ultraschallsignal empfangen haben. Dies bedeutet, dass in dem Empfangspfad des ersten Ultraschallsensors das mit dem Wandlerelement bereitgestellte Rohsignal daraufhin untersucht wird, ob diese das erste Ultraschallsignal, das zweite Ultraschallsignal oder sowohl das erste Ultraschallsignal als auch das zweite Ultraschallsignal beschreibt. In gleicher Weise wird in dem Empfangspfad des zweiten Ultraschallsensors überprüft, ob das dort bereitgestellte Rohsignal das erste und/oder das zweite Ultraschallsignal beschreibt.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird in den jeweiligen Ultraschallsensoren das ausgegebenen Rohsignal mit einem vorbestimmten Referenzsignal mit einer Referenzfrequenz gemischt, insbesondere I-/Q-gemischt, das gemischte Signal wird mit einem Tiefpassfilter gefiltert, das gefilterte Signal wird zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Signal korreliert und das gefilterte Signal wird zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem zweiten Signal korreliert. In dem Empfangspfad der jeweiligen Ultraschallsensoren wird überprüft, ob das erste Ultraschallsignal und/oder das zweite Ultraschallsignal empfangen wurde.

Zum Empfangen beziehungsweise Erkennen der Ultraschallsignale wird das Rohsignal, das mit dem Wandlerelement des Ultraschallsensors ausgegeben wird, ausgewertet. Das Rohsignal kann insbesondere als zeitlich veränderliche elektrische Spannung

ausgegeben werden. Das Rohsignal kann mittels der Sensorelektronik beziehungsweise mittels einer Auswerteeinheit der Sensorelektronik ausgewertet werden. Diese Auswerteeinheit kann beispielsweise durch einen digitalen Signalprozessor (DSP) bereitgestellt werden.

Das Rohsignal kann zunächst mit einem Analog-Digital-Wandler abgetastet beziehungsweise digitalisiert werden. Im Anschluss daran kann das abgetastete Rohsignal mit dem vorbestimmten Referenzsignal mit der Referenzfrequenz gemischt werden, insbesondere I-/Q-gemischt mittels eines I-/Q-Mischers. Dabei kann die Referenzfrequenz des Referenzsignals so bestimmt werden, dass diese zwischen der ersten Frequenz des ersten Ultraschallsignals und der zweiten Frequenz des zweiten Ultraschallsignals liegt. Somit kann das abgetastete Signal in ein niedrigeres Frequenzband umgesetzt werden. Beispielsweise kann bei dem I-/Q-Mischer das vorbestimmte Referenzsignal der Sinus von 2π mal Referenzfrequenz ($\sin(2\pi f_{ref})$) und der Kosinus von 2π mal Referenzfrequenz ($\cos(2\pi f_{ref})$) sein. So kann ein komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz und eine zweite heruntergemischte Frequenz umfasst. Das gemischte (insbesondere komplexe) Signal kann dann mittels des Tiefpassfilters gefiltert werden. Dabei kann der Durchlassbereich des Tiefpassfilters so gewählt sein, dass die erste heruntergemischte Frequenz und die zweite heruntergemischte Frequenz durchgelassen werden. So verhalten sich der I-/Q-Mischer und der Tiefpassfilter zusammen wie ein Bandpassfilter. Danach kann das gefilterte (insbesondere komplexe gefilterte) Signal einer ersten Korrelationseinrichtung zugeführt werden. Mittels der ersten Korrelationseinrichtung kann das gefilterte (insbesondere komplexe gefilterte) Signal mit einem Signal, welches die erste heruntergemischte Frequenz aufweist, korreliert werden. Anhand der Korrelation kann überprüft werden, ob das Rohsignal das erste Ultraschallsignal mit der ersten Frequenz beschreibt. Ferner kann das gefilterte (insbesondere komplexe gefilterte) Signal einer zweiten Korrelationseinrichtung zugeführt werden, mittels welcher das gefilterte (insbesondere komplexe gefilterte) Signal mit einem Signal mit der zweiten heruntergemischten Frequenz korreliert werden. Damit kann innerhalb eines einzigen Ultraschallsensors überprüft werden, ob das Rohsignal das zweite Ultraschallsignal beschreibt. Insgesamt kann somit separat in jedem der Ultraschallsensoren überprüft werden, ob das erste und/oder das zweite Ultraschallsignal empfangen wurde.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird in den jeweiligen Ultraschallsensoren das ausgegebenen Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem vorbestimmten ersten Referenzsignal mit einer ersten Referenzfrequenz gemischt, insbesondere I-/Q-gemischt mittels eines I-/Q-Mischers, das gemischte Signal mit einem ersten Tiefpassfilter gefiltert wird und das gefilterte Signal wird mit einem ersten Signal korreliert. Zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals wird in den jeweiligen Ultraschallsensoren das ausgegebene Rohsignal mit einem vorbestimmten zweiten Referenzsignal mit einer zweiten Referenzfrequenz gemischt, insbesondere I-/Q-gemischt, das gemischte Signal wird mit einem zweiten Tiefpassfilter gefiltert und das gefilterte Signal wird mit einem zweiten Signal korreliert. Auch bei dieser Ausführungsform kann das Rohsignal zunächst mittels des Analog-Digital-Wandlers abgetastet beziehungsweise digitalisiert werden. Um innerhalb des Ultraschallsensors zu überprüfen, ob das erste Ultraschallsignal empfangen wurde beziehungsweise ob das Rohsignal das erste Ultraschallsignal beschreibt, kann das abgetastete Rohsignal mit dem ersten Referenzsignal mit der ersten Referenzfrequenz gemischt werden, um dieses beispielsweise auf ein niedrigeres Frequenzband umzusetzen. Beispielsweise kann bei dem I-/Q-Mischer das erste Referenzsignal der Sinus von 2π mal erste Referenzfrequenz (sin ($2\pi f_{ref1}$)) und der Kosinus von 2π mal erste Referenzfrequenz (cos ($2 \pi f_{ref1}$)) sein. So kann ein erstes komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz und eine zweite heruntergemischte Frequenz umfasst. Dann kann das mit dem ersten Referenzsignal gemischte abgetastete Rohsignal (inbesondere das erste komplexe Signal) dem ersten Tiefpassilter zugeführt werden. Der Durchlassbereich des ersten Tiefpassfilters ist insbesondere so gewählt, dass die erste heruntergemischte Frequenz (des ersten komplexen Signals) durchgelassen wird und die zweite heruntergemischte Frequenz (des ersten komplexen Signals) herausgefiltert wird. Das gefilterte (insbesondere erste komplexe gefilterte) Signal kann dann einer ersten Korrelationseinrichtung und dort mit dem ersten Signal, welches die erste heruntergemischte Frequenz aufweist, korreliert werden. Anhand dieser Korrelation kann überprüft werden, ob das Rohsignal das erste Ultraschallsignal beschreibt.

In gleicher Weise kann das abgetastete Rohsignal mit dem zweiten Referenzsignal mit einer zweiten Referenzfrequenz gemischt werden, insbesondere I-/Q-gemischt mittels I-/Q-Mischers. Das zweite Referenzsignal unterscheidet sich insbesondere bezüglich der Frequenz von dem ersten Referenzsignal. Beispielsweise kann bei dem I-/Q-Mischer das zweite Referenzsignal der Sinus von 2π mal zweite Referenzfrequenz (sin ($2\pi f_{ref2}$)) und

der Kosinus von 2π mal zweite Referenzfrequenz (cos (2 π f_{ref2})) sein. So kann ein zweites komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz und eine zweite heruntergemischte Frequenz umfasst. Danach kann das gemischte (insbesondere zweite komplexe) Signal dem zweiten Tiefpassfilter zugeführt werden. Der Durchlassbereich des zweiten Tiefpassfilters ist insbesondere so gewählt, dass dieser die erste heruntergemischte Frequenz (des zweiten komplexen Signals) herausgefiltert wird und die zweite heruntergemischte Frequenz (des zweiten komplexen Signals) durchgelassen wird. Dieses gefilterte (insbesondere zweite komplexe gefilterte) Signal kann dann einer zweiten Korrelationseinrichtung zugeführt werden und dort mit dem zweiten Signal mit der zweiten heruntergemischten Frequenz korreliert werden. Vorliegend werden also in einem einzigen Ultraschallsensor zwei Pfade bereitgestellt, um das Rohsignal auswerten zu können. Auf diese Weise kann überprüft werden, ob das Rohsignal das zweite Ultraschallsignal beschreibt. Damit kann auf zuverlässige Weise überprüft werden, ob mit dem Ultraschallsensor das erste und/oder das zweite Ultraschallsignal empfangen wurde.

Eine erfindungsgemäße Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug umfasst einen ersten Ultraschallsensor und einen zweiten Ultraschallsensor. Die Ultraschallsensorvorrichtung ist bevorzugt dazu ausgelegt, ein erfindungsgemäßes Verfahren und die vorteilhaften Ausgestaltungen davon durchzuführen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Ultraschallsensorvorrichtung mehrere erste Ultraschallsensoren und mehrere zweiten Ultraschallsensoren aufweist. Diese können dann beispielsweise verteilt an dem Kraftfahrzeug angeordnet werden. Hierbei kann es insbesondere vorgesehen sein, dass die ersten Ultraschallsensoren und die zweiten Ultraschallsensoren alternierend zueinander angeordnet werden.

Ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug umfasst eine erfindungsgemäße Ultraschallsensorvorrichtung. Grundsätzlich können mithilfe des Fahrerassistenzsystems Objekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs erkannt werden. Falls erkannt wird, dass eine Kollision mit dem Objekt droht, kann eine entsprechende Warnung an den Fahrer ausgegeben werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass das Fahrerassistenzsystem das Kraftfahrzeug in Abhängigkeit von der relativen Lage zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Objekt zumindest semi-autonom manövriert. Beispielsweise kann das Fahrerassistenzsystem als Parkhilfesystem ausgebildet sein.

Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug umfasst ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere als Personenkraftwagen ausgebildet. Es kann auch vorgesehen sein, dass das Kraftfahrzeug als Nutzfahrzeug ausgebildet ist.

Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße Ultraschallsensorvorrichtung, für das erfindungsgemäße Fahrerassistenzsystem sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen, insbesondere durch die oben dargelegten Ausführungen, als offenbart anzusehen, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen.

Die Erfindung wird nun anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen sowie unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Kraftfahrzeug gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, welches ein Fahrerassistenzsystem mit einer Ultraschallsensorvorrichtung aufweist;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ultraschallsensorvorrichtung, welche einen Ultraschallsensor und ein Steuergerät aufweist; und

Fig. 3 ein Diagramm, welches eine Schwingung der Membran der Ultraschallsensoren in Abhängigkeit von der Frequenz beschreibt;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Auswertung eines Rohsignals innerhalb eines der Ultraschallsensoren; und

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Auswertung des Rohsignals innerhalb eines der Ultraschallsensoren gemäß einer weiteren Ausführungsform.

In den Figuren werden gleiche und funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer Draufsicht. Das Kraftfahrzeug 1 ist vorliegend als Personenkraftwagen ausgebildet. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst ein Fahrerassistenzsystem 2, welches dazu dient, einen Fahrer beim Führen des Kraftfahrzeugs 1 zu unterstützen. Insbesondere kann das Fahrerassistenzsystem 2 als Parkhilfesystem ausgebildet sein, mittels welchem der Fahrer beim Einparken des Kraftfahrzeugs 1 in eine Parklücke und/oder beim Ausparken aus der Parklücke unterstützt werden kann.

Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst wiederum eine Ultraschallsensorvorrichtung 3. Die Ultraschallsensorvorrichtung 3 weist zumindest einen ersten Ultraschallsensor 4a und zumindest einen zweiten Ultraschallsensor 4b auf. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst die Ultraschallsensorvorrichtung 3 insgesamt zwölf Ultraschallsensoren 4a, 4b. Dabei sind sechs Ultraschallsensoren 4a, 4b in einem Frontbereich 6 des Kraftfahrzeugs 1 und sechs Ultraschallsensoren 4a, 4b in einem Heckbereich 7 des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet. Vorliegend sind die ersten Ultraschallsensoren 4a und die zweiten Ultraschallsensoren 4b alternierend zueinander angeordnet. Die Ultraschallsensoren 4a, 4b können insbesondere an den Stoßfänger des Kraftfahrzeugs 1 montiert sein. Dabei können die Ultraschallsensoren 4a, 4b zumindest bereichsweise in entsprechenden Ausnehmungen beziehungsweise Durchgangsöffnungen der Stoßfänger angeordnet sein. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Ultraschallsensoren 4a, 4b verdeckt hinter den Stoßfänger angeordnet sind. Grundsätzlich können die Ultraschallsensoren 4a, 4b auch an weiteren Verkleidungsteilen des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet sein. Beispielsweise können die Ultraschallsensoren 4a, 4b an oder verdeckt hinter den Türen des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet sein.

Mithilfe der jeweiligen Ultraschallsensoren 4a, 4b können Sensorsignale bereitgestellt werden, welche zumindest ein Objekt 8 in einem Umgebungsbereich 9 des Kraftfahrzeugs 1 beschreiben. Vorliegend ist schematisch ein Objekt 8 in dem Umgebungsbereich 9 gezeigt. Zum Bestimmen des Sensorsignals kann mit jedem der Ultraschallsensoren 4a, 4b ein Ultraschallsignal ausgesendet werden. Im Anschluss daran kann das von dem Objekt 8 reflektierte Ultraschallsignal wieder empfangen werden. Anhand der Laufzeit zwischen dem Aussenden des Ultraschallsignals und dem Empfangen des von dem Objekt 8 reflektierten Ultraschallsignals kann dann ein Abstand zwischen dem Ultraschallsensor 4a, 4b und dem Objekt 8 bestimmt werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass die jeweiligen Abstände, die mit unterschiedlichen Ultraschallsensoren 4a, 4b bestimmt werden, berücksichtigt werden. Somit kann mittels Trilateration die relative Lage zwischen dem Kraftfahrzeug 1 und dem Objekt 8 bestimmt werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass das Ultraschallsignal, das von einem der Ultraschallsensoren 4a, 4b ausgesendet wurde, mit einem benachbarten Ultraschallsensor 4a, 4b empfangen wird. Dies wird auch als Kreuzmessung bezeichnet.

Des Weiteren umfasst die Ultraschallsensorvorrichtung 3 ein elektronisches Steuergerät 5, welches mit den Ultraschallsensoren 4a, 4b zur Datenübertragung mit einer Datenleitung 10 (siehe Fig. 2) verbunden ist. Über die Datenleitung 10 können die mit den jeweiligen Ultraschallsensoren 4a, 4b bestimmten Sensorsignale an das Steuergerät 5 übertragen werden. Anhand der Sensorsignale kann das Steuergerät 5 überprüfen, ob sich das Objekt 8 in dem Umgebungsbereich 9 befindet und an welcher Position sich das Objekt 8 in dem Umgebungsbereich 9 befindet. Diese Information kann dann von dem Fahrerassistenzsystem 2 genutzt werden, um eine Ausgabe an den Fahrer des Kraftfahrzeugs 1 auszugeben. Zudem kann es vorgesehen sein, dass das Fahrerassistenzsystem 2 in eine Lenkung, ein Bremssystem und/oder einen Antriebsmotor eingreift, um das Kraftfahrzeug 1 in Abhängigkeit von dem zumindest einen erfassten Objekt 8 zumindest semi-autonom zu manövrieren.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Ultraschallsensorvorrichtung 3, welche vorliegend beispielhaft nur einen Ultraschallsensor 4a, 4b aufweist. Die Ultraschallsensorvorrichtung 3 umfasst das Steuergerät 5, welche über die Datenleitung 10 mit einem Ultraschallsensor 4a, 4b verbunden ist. Hierbei ist zu erkennen, dass der Ultraschallsensor 4a, 4b eine Membran 11 aufweist, welche vorliegend topfförmig ausgebildet ist. Die Membran 11 kann aus einem Metall, insbesondere Aluminium, gefertigt sein. Zudem umfasst der Ultraschallsensor 4a, 4b ein Wandlerelement 12,

welches mit der Membran 11 beziehungsweise einem Membranboden der Membran 11 verbunden ist. Das Wandlerelement 12 kann aus einem piezoelektrischen Material gefertigt sein. Zum Aussenden des Ultraschallsignals kann das Wandlerelement 12 und somit die Membran 11 zu mechanischen Schwingungen angeregt werden. Das von dem Objekt 8 reflektierte Ultraschallsignal trifft wieder auf die Membran 11, wodurch durch diese zu mechanischen Schwingungen angeregt wird. Infolge dieser mechanischen Schwingungen wird mit dem Wandlerelement 12 ein Rohsignal 15 als elektrische Spannung ausgegeben.

Darüber hinaus umfasst der Ultraschallsensor 4a, 4b eine Sensorelektronik 13, welche insbesondere als anwendungsspezifische integrierte Schaltung ausgebildet ist. Die Sensorelektronik 13 ist über entsprechende Verbindungsleitungen 14 mit dem Wandlerelement 12 verbunden. Somit kann mittels der Sensorelektronik 13 das Rohsignal empfangen werden, welche das reflektierte Ultraschallsignal beschreibt. Des Weiteren weist die Sensorelektronik 13 eine Auswerteeinheit 15 aus, mittels welcher das empfangene Rohsignal entsprechend ausgewertet werden kann. Die Sensorelektronik 13 umfasst zudem eine Ansteuereinheit 16, mittels welcher das Wandlerelement 12 angesteuert werden kann. Hierzu kann mit der Ansteuereinheit 16 ein Anregungssignal in Form einer elektrischen Spannung an das Wandlerelement 12 übertragen werden.

Der erste Ultraschallsensor 4a und der zweite Ultraschallsensor 4b sind vorliegend baugleich ausgebildet. Insbesondere weisen die Ultraschallsensoren 4a, 4b die gleiche Membran auf. Dabei ist es vorgesehen, dass mit dem ersten Ultraschallsensor 4a ein erstes Ultraschallsignal ausgesendet wird und mit dem zweiten Ultraschallsensor 4b ein zweites Ultraschallsignal ausgesendet wird. Das erste Ultraschallsignal weist die erste Frequenz f_1 auf und das zweite Ultraschallsignal weist die zweite Frequenz f_2 auf.

Fig. 3 zeigt eine Schwingungsamplitude A der Membran 11 in Abhängigkeit von der Frequenz f. Hierbei ist zu erkennen, dass eine Kurve 17, welche die Schwingungsamplitude A in Abhängigkeit von der Frequenz f beschreibt, symmetrisch ist. Die Membran 11 weist bei ihrer Resonanzfrequenz f_0 ein Maximum bezüglich der Schwingungsamplitude A auf. Die erste Frequenz f_1, mit der die Membran 11 des ersten Ultraschallsensors 4a angeregt wird, ist um einen Frequenzunterschied Δf geringer als die Resonanzfrequenz f_0. Die zweite Frequenz f_2, mit der die Membran 11 des zweiten Ultraschallsensors 4b angeregt wird, ist um den Frequenzunterschied Δf größer als die Resonanzfrequenz f_0. Dabei weist die Schwingungsamplitude A der Membran 11 bei der

Anregung mit der ersten Frequenz f_1 und bei der Anregung mit der zweiten Frequenz f_2 die gleiche Amplitude A_1 auf.

Wenn mit dem ersten Ultraschallsensor 4a das erste Ultraschallsignal ausgesendet wird, kann dies an dem Objekt 8 in dem Umgebungsbereich 9 des Kraftfahrzeugs 1 reflektiert werden. Danach kann das erste Ultraschallsignal zu dem ersten Ultraschallsensor 4a und/oder zu dem zweiten Ultraschallsensor 4b gelangen. In gleicher Weise kann das zweite Ultraschallsignal, welches mit dem zweiten Ultraschallsensor 4b ausgesendet wird, von dem zweiten Ultraschallsensor 4b und/oder den ersten Ultraschallsensor 4a empfangen werden. Um in dem jeweiligen Ultraschallsensor 4a, 4b zu überprüfen, ob das Echo das erste Ultraschallsignal und/oder das zweite Ultraschallsignal beschreibt, kann das mit dem Wandlerelement 12 bereitgestellte Rohsignal mit einem Bandpass gefiltert werden. Dabei kann ein erstes Bandpassfilter verwendet werden, dessen Durchlassbereich die erste Frequenz f_1 einschließt, und es kann ein zweites Bandpassfilter verwendet werden, dessen Durchlassbereich die zweite Frequenz f_2 einschließt. Somit können die empfangenen Echosignale dahingehend unterschieden werden, ob diese das erste Ultraschallsignal und/oder das zweite Ultraschallsignal beschreiben.

Alternativ oder zusätzlich kann es vorgesehen sein, dass das bereitgestellte Rohsignal korreliert wird. Hierbei kann eine Autokorrelation und eine Kreuzkorrelation durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob das Rohsignal das empfangene erste Ultraschallsignal oder das empfangene zweite Ultraschallsignal beschreibt. Falls die Ultraschallsignale beim Aussenden codiert werden, können diese beim Empfangen wieder entsprechend decodiert werden. Auch hierdurch kann eine Unterscheidung zwischen dem ersten Ultraschallsignal und dem zweiten Ultraschallsignal getroffen werden.

Vorliegend sind die ersten Ultraschallsensoren 4a und die zweiten Ultraschallsensoren 4b derart an den Stoßfänger angeordnet, dass sich diese gegenseitig beeinflussen können. Vorliegend wird die Bandbreite der Membran 11 in zwei Kanäle aufgespalten, wobei der erste Kanal durch das erste Ultraschallsignal mit der ersten Frequenz f_1 und der zweite Kanal durch das zweite Ultraschallsignal mit der zweiten Frequenz f_2 bereitgestellt werden. Somit kann das erste Ultraschallsignal von dem zweiten Ultraschallsignal unterschieden werden, wodurch es ermöglicht wird, dass die ersten Ultraschallsensoren 4a und die zweiten Ultraschallsensoren 4b zeitgleich aussenden. Dabei kann das erste Ultraschallsignal und/oder das zweite Ultraschallsignal moduliert oder nicht moduliert ausgesendet werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass das jeweilige Ultraschallsignal

beziehungsweise der Ultraschallpuls innerhalb einer definierten Bandbreite bleibt. Hierzu kann ein ad-hoc-Verfahren in Abhängigkeit von der verwendeten Modulation beziehungsweise Codierung verwendet werden.

Falls keine Modulation verwendet wird und das Anregungssignal beispielsweise einer sinusförmigen Spannung mit einer konstanten Frequenz entspricht, ist es erforderlich, die Sendedauer, während der das jeweilige Ultraschallsignal ausgesendet wird, so lange zu wählen, dass das Spektrum des jeweiligen Ultraschallsignals schmal genug ist. Falls eine Phasenumtastung oder eine Frequenzumtastung verwendet wird, ist die Bit-Dauer solange zu wählen, dass ein verhältnismäßig schmales Spektrum erreicht wird. Hierbei ist zudem darauf zu achten, dass Diskontinuitäten bezüglich der Phase vermieden werden, um die Nebenkeulen bei der Korrelation zu verringern. Hierzu können auch entsprechende Pulsformverfahren verwendet werden. Bei der Chirp-Modulation kann die Angangsfrequenz und die Endfrequenz eingestellt werden.

Es kann zudem vorgesehen sein, dass mittels des Steuergeräts 5 ein Steuersignal an die an den jeweiligen Ultraschallsensor 4a, 4b beziehungsweise die Sensorelektronik 13 übermittelt wird. In Abhängigkeit von diesem Steuersignal können dann Einstellung in dem Ultraschallsensor 4a, 4b verändert werden. Beispielsweise kann die Sendedauer, für das erste und/oder das zweite Ultraschallsignals eingestellt werden. Es kann auch vorgesehen sein, dass die ersten Frequenz f_1 und/oder die zweite Frequenz f_2 in Abhängigkeit von dem Steuersignal verändert wird.

Bei dem Empfangen des ersten Ultraschallsignals und/oder des zweiten Ultraschallsignals kann für den Fall, dass keine Codierung oder Modulation verwendet wird, ein jeweiliges Bandpassfilter verwendet werden. Falls für die Codierung beziehungsweise als Modulation eine Phasenumtastung, eine Frequenzumtastung oder ein Chirp-Singal verwendet wurde, kann die gewünschte Trägerfrequenz für die Demodulation verwendet werden. Auch hier kann eine entsprechende Bandpassfilterung verwendet werden. Die Verwendung von unterschiedlichen Trägerfrequenzen für die Demodulation sorgt dafür, dass die Signale automatisch voneinander getrennt werden. Falls digitale Modulationsverfahren verwendet werden, kann die sogenannte Missmatch-Korrelation verwendet werden, um die Nebenkeulen bei der Autokorrelation zu minimieren. Bei einer Chirp-Modulation kann eine Fensterfunktion angewendet werden, um die Nebenkeulen zu minimieren.

Anhand von Fig. 4 ist schematisch die Auswertung des Rohsignals innerhalb der Sensorelektronik 13 eines der Ultraschallsensoren 4a, 4b veranschaulicht. Insbesondere kann die Auswertung des Rohsignals innerhalb der Auswerteeinheit 15 der Sensorelektronik 13 durchgeführt werden. Das von dem Wandlerelement 12 erzeugte Rohsignal wird an einen Analog-Digital-Wandler 18 übertragen und entsprechend abgetastet beziehungsweise digitalisiert. Das abgetastete Rohsignal wird dann mittels eines Mischers 19, insbesondere I-/Q-Mischers, mit einem vorbestimmten Referenzsignal mit einer Referenzfrequenz f_{ref} gemischt. Das vorbestimmte Referenzsignal kann eine Referenzfrequenz f_{ref} aufweisen, die zwischen der ersten Frequenz f_1 und der zweiten Frequenz f_2 liegt. Bei dem I-Q-Mischer ist das vorbestimmte Referenzsignal insbesondere sin ($2\pi f_{ref}$) und cos ($2 \pi f_{ref}$). So kann komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref} – f_1|$ und eine zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref} – f_2|$ umfasst. Im Anschluss an die Mischung kann das gemischte Signal, insbesondere das komplexe Signal, mit einem Tiefpassfilter 20 gefiltert werden. Der Durchlassbereich des Tiefpassfilters ist so gewählt, dass die erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref} – f_1|$ und die zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref} – f_2|$ durchgelassen werden. So verhalten sich der I-/Q-Mischer 19 und der Tiefpassfilter 20 zusammen wie ein Bandpassfilter. Dieses gefilterte Signal, insbesondere komplexe gefilterte Signal, wird dann einer ersten Korrelationseinrichtung 21a und einer zweiten Korrelationseinrichtung 21b zugeführt. In der ersten Korrelationseinrichtung 21a wird das gefilterte Signal, insbesondere komplexe gefilterte Signal, mit einem Signal korreliert, welches die erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref} – f_1|$aufweist. Anhand der Korrelation kann bestimmt werden, ob das Rohsignal das erste Ultraschallsignal beschreibt und ob somit das erste Ultraschallsignal von dem Ultraschallsensor 4a, 4b empfangen wurde. In der zweiten Korrelationseinrichtung 21b wird das gefilterte Signal, insbesondere komplexe gefilterte Signal, mit einem zweiten Signal mit der zweiten heruntergemischten Frequenz $|f_{ref} – f_2|$ korreliert. Auf Grundlage der Korrelation kann dann überprüft werden, ob das Rohsignal das zweite Ultraschallsignal beschreibt und ob somit das zweite Ultraschallsignal von dem Ultraschallsensor 4a, 4b empfangen wurde.

Fig. 5 zeigt schematisch die Auswertung des Rohsignals innerhalb der Sensorelektronik 13 eines der Ultraschallsensoren 4a, 4b gemäß einer weiteren Ausführungsform. Auch hier wird das Rohsignal mit dem Analog-Digital-Wandler 18 abgetastet. Diese abgetastete Rohsignal wird anschließend einem ersten Mischer 19a, insbesondere erster I-/Q-Mischer, zugeführt und dort mit einem ersten Referenzsignal mit einer ersten Referenzfrequenz f_{ref1} gemischt. Bei dem ersten I-Q-Mischer 19a ist das erste Referenzsignal insbesondere sin ($2\pi f_{ref1}$) und cos ($2 \pi f_{ref1}$). So kann ein erstes

komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_1|$ und eine zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_2|$ umfasst. Das gemischte Signal, insbesondere das erste komplexe Signal, wird dann mittels eines ersten Tiefpassfilters 20a gefiltert. Der Durchlassbereich des ersten Tiefpassfilters 20a ist so gewählt, dass die erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_1|$ durchgelassen wird und die zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_2|$ herausgefiltert wird. Auch hier verhalten sich der I-/Q-Mischer 19a und der Tiefpassfilter 20a zusammen wie ein Bandpassfilter. Danach wird das gefilterte Signal, insbesondere das erste komplexe gefilterte Signal, in einer ersten Korrelationseinrichtung 21a mit einem Signal mit der ersten heruntergemischten Frequenz $|f_{ref1} – f_1|$ korreliert. Damit kann überprüft werden, ob das Rohsignal das erste Ultraschallsignal beschreibt.

Ferner wird das abgetastete Rohsignal einem zweiten Mischer 19b, insbesondere erster I-/Q-Mischer, zugeführt und dort mit dem zweiten Referenzsignal mit einer zweiten Referenzfrequenz f_{ref2} gemischt. Dieses gemischte Signal wird dann mit einem zweiten Tiefpassfilter 20b gefiltert. Bei dem zweiten I-Q-Mischer 19b ist das zweite Referenzsignal insbesondere $\sin(2\pi f_{ref2})$ und $\cos(2 \pi f_{ref2})$. So kann ein zweites komplexes Signal erhalten werden, das eine erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref2} – f_1|$ und eine zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref2} – f_2|$ umfasst. Das gemischte Signal, insbesondere das zweite komplexe Signal, wird dann mittels eines zweiten Tiefpassfilters 20b gefiltert. Der Durchlassbereich des zweiten Tiefpassfilters 20b ist so gewählt, dass die erste heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_1|$ herausgefiltert wird und die zweite heruntergemischte Frequenz $|f_{ref1} – f_2|$ durchgelassen wird. Auch hier verhalten sich der I-/Q-Mischer 19b und der Tiefpassfilter 20b zusammen wie ein Bandpassfilter. Das gefilterte Signal, insbesondere das zweite komplexe gefilterte Signal, wird mittels einer zweiten Korrelationseinrichtung 21b mit einem Signal mit der zweiten heruntergemischten Frequenz $|f_{ref2} – f_2|$ korreliert. Auf diese Weise kann überprüft werden, ob das Rohsignal das zweite Ultraschallsignal beschreibt. Auch auf diese Weise kann festgestellt werden, ob mit dem Ultraschallsensor 4a, 4b das erste und/oder das zweite Ultraschallsignal empfangen wurde.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung (3) für ein Kraftfahrzeug (1), bei welchem zum Aussenden eines ersten Ultraschallsignals eine Membran (11) eines ersten Ultraschallsensors (4a) angeregt wird und zum Aussenden eines zweiten Ultraschallsignals die Membran (11) eines zweiten Ultraschallsensor (4b) angeregt wird, wobei die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors (4b) die gleiche Resonanzfrequenz (f_0) aufweisen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) mit einer ersten Frequenz (f_1), welche um einen vorbestimmten Frequenzunterschied (Δf) geringer als die Resonanzfrequenz (f_0) ist, angeregt wird und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors mit einer zweiten Frequenz (f_2), welche um den vorbestimmten Frequenzunterschied (Δf) höher als die Resonanzfrequenz (f_0) ist, angeregt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors (4b) gleichzeitig angeregt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste Frequenz (f_1) und die zweite Frequenz (f_2) derart bestimmt werden, dass eine Amplitude (A_1) einer Schwingung der Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) bei der Anregung mit der ersten Frequenz (f_1) einer Amplitude (A_1) einer Schwingung der Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors (4b) bei der Anregung mit der zweiten Frequenz (f_2) entspricht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Frequenzunterschied (Δf) in Abhängigkeit von einer vorbestimmten Bandbreite

eines mit dem ersten Ultraschallsensors (4a) und/oder zweiten Ultraschallsensor (4b) empfangenen Ultraschallsignals bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Frequenzunterschied (Δf) in Abhängigkeit von einem Steuersignal, welches an den ersten Ultraschallsensor (4a) und den zweiten Ultraschallsensor (4b) übertragen wird, verändert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Membran (11) des ersten Ultraschallsensors (4a) derart angeregt wird, dass das erste Ultraschallsignal mit einer ersten Codierung ausgesendet wird, und die Membran (11) des zweiten Ultraschallsensors (4b) derart angeregt wird, dass das zweite Ultraschallsignal mit einer zweiten Codierung ausgesendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste Codierung und/oder die zweite Codierung mittels einer Frequenzumtastung, mittels einer Phasenumtastung, als Chirp und/oder mittels eines digitalen Modulationsverfahrens bereitgestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine erste Sendedauer, während der das erste Ultraschallsignal ausgesendet wird, in Abhängigkeit von der ersten Codierung eingestellt wird und/oder eine zweite Sendedauer, während der das zweite Ultraschallsignal ausgesendet wird, in Abhängigkeit von der zweiten Codierung eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die in einem Umgebungsbereich (9) des Kraftfahrzeugs (1) reflektierten Ultraschallsignale mit den Ultraschallsensoren (4a, 4b) empfangen werden und mit den Ultraschallsensoren (4a, 4b) jeweils ein Rohsignal ausgegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass

in den jeweiligen Ultraschallsensoren (4a, 4b) das ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Bandpassfilter, dessen Durchlassbereich die erste Frequenz (f_1) umfasst, gefiltert wird und zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem zweiten Bandpassfilter, dessen Durchlassbereich die zweite Frequenz (f_2) umfasst, gefiltert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
in den jeweiligen Ultraschallsensoren (4a, 4b) das ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals und/oder des empfangenen zweiten Ultraschallsignals decodiert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
in den jeweiligen Ultraschallsensoren (4a, 4b) das ausgegebene Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Anregungssignal korreliert wird und/oder zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem zweiten Anregungssignal korreliert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
in den jeweiligen Ultraschallsensoren (4a, 4b) das ausgegebenen Rohsignal mit einem vorbestimmten Referenzsignal mit einer Referenzfrequenz (f_{ref}) gemischt wird, das gemischte Signal mit einem Tiefpassfilter (20) gefiltert wird, das gefilterte Signal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem ersten Signal korreliert wird und das gefilterte Signal zum Erkennen des empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem zweiten Signal korreliert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
in den jeweiligen Ultraschallsensoren (4a, 4b) das ausgegebenen Rohsignal zum Erkennen des empfangenen ersten Ultraschallsignals mit einem vorbestimmten ersten Referenzsignal mit einer ersten Referenzfrequenz (f_{ref1}) gemischt wird, das gemischte Signal mit einem ersten Tiefpassfilter (20a) gefiltert wird und das gefilterte Signal mit einem ersten Signal korreliert wird und zum Erkennen des

empfangenen zweiten Ultraschallsignals mit einem vorbestimmten zweiten Referenzsignal mit einer zweiten Referenzfrequenz (f_{ref2}) gemischt wird, das gemischte Signal mit einem zweiten Tiefpassfilter (20b) gefiltert wird und das gefilterte Signal mit einem zweiten Signal korreliert wird.

15. Ultraschallsensorvorrichtung (3) für ein Kraftfahrzeug, mit einem ersten Ultraschallsensor (4a) und mit einem zweiten Ultraschallsensors(4b), wobei die Ultraschallsensorvorrichtung (3) zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgelegt ist.

16. Fahrerassistenzsystem (2) für ein Kraftfahrzeug (1) mit einer Ultraschallsensorvorrichtung (3) nach Anspruch 15.

17. Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrerassistenzsystem (2) nach Anspruch 16.

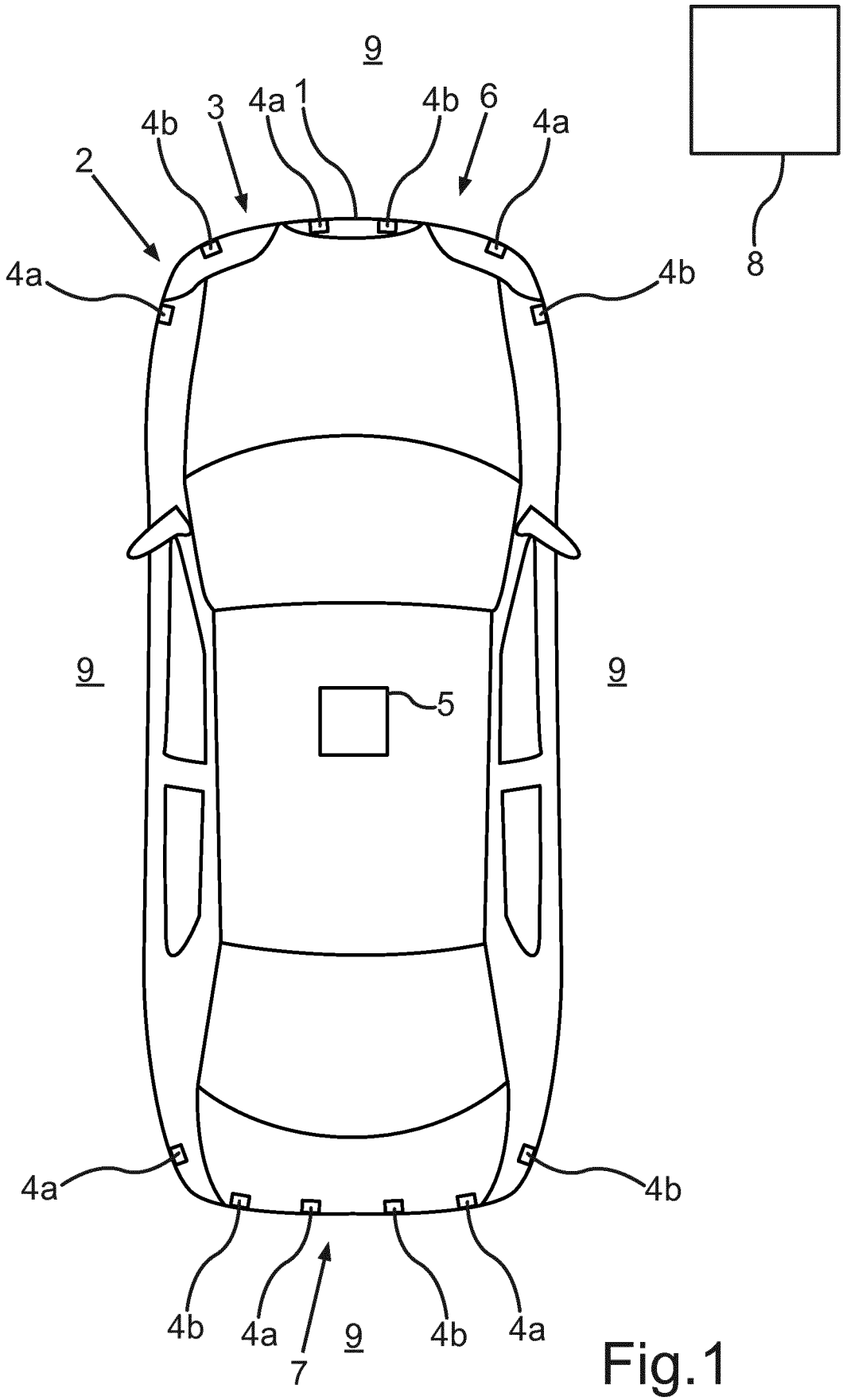

Fig.1

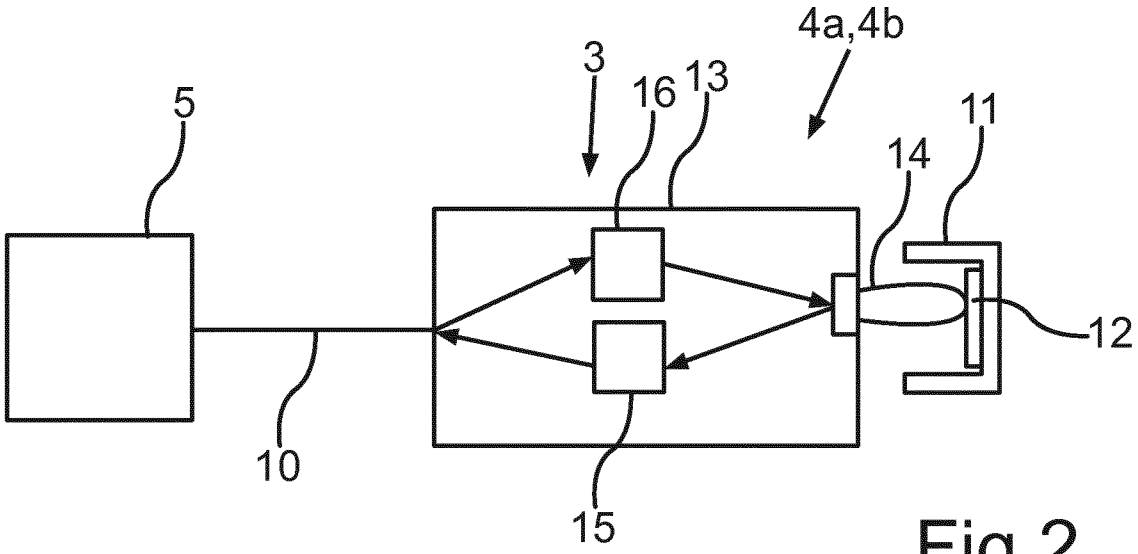

Fig.2

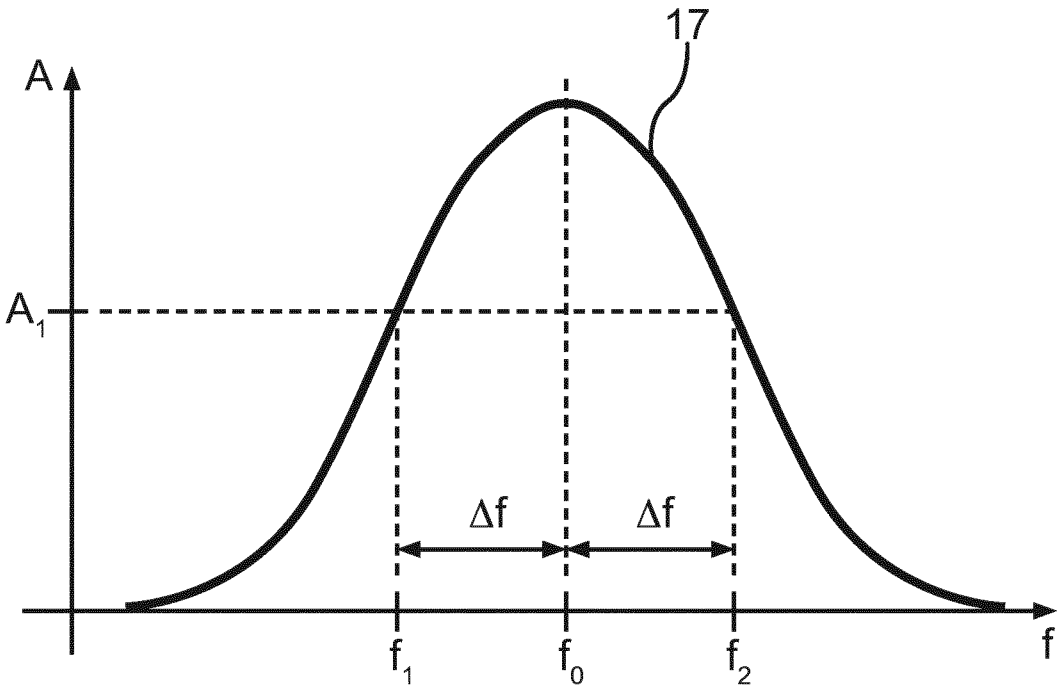

Fig.3

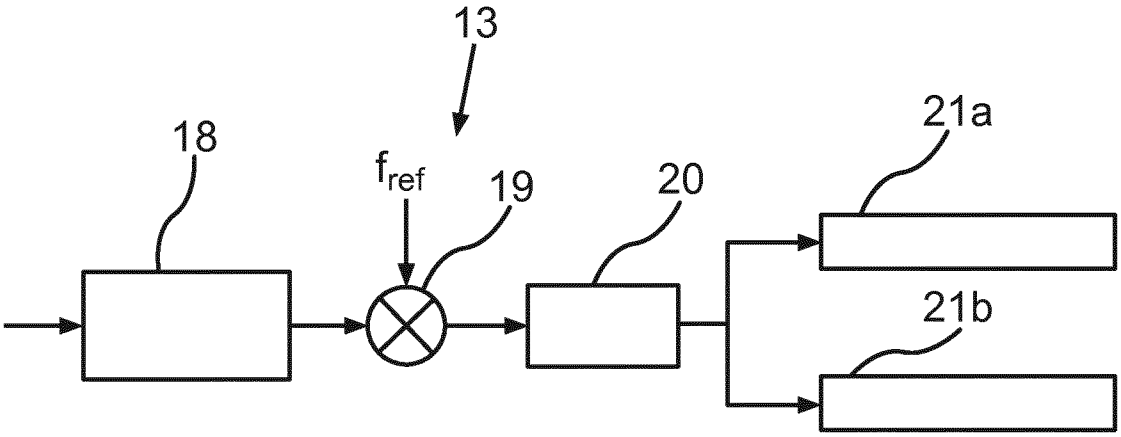
13
18
f_{ref}
19
20
21a
21b

Fig.4

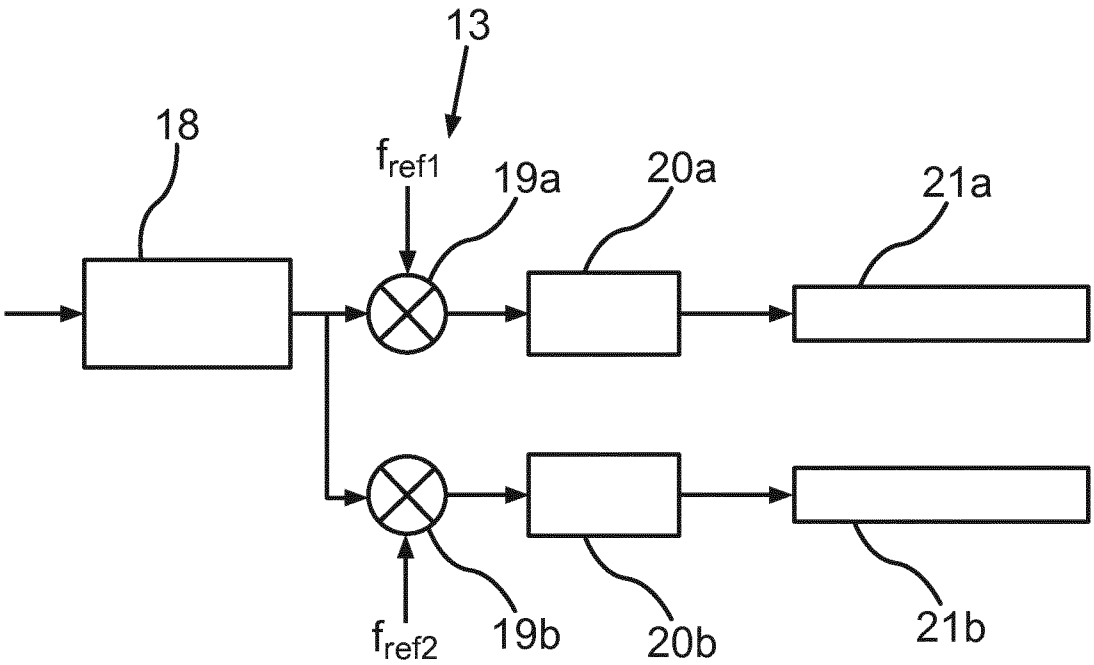
13
18
f_{ref1}
19a
20a
21a
f_{ref2}
19b
20b
21b

Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S15/93 G01S15/87
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, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2013 218571 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 19 March 2015 (2015-03-19) cited in the application	1-5,9, 10,15-17
Y	abstract; figures 1-4d paragraph [0012] - paragraph [0016] paragraph [0044] - paragraph [0057]	6-14
Y	EP 2 557 434 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 13 February 2013 (2013-02-13) abstract; figures 1-2 paragraph [0008] - paragraph [0034]	6-14
Y	EP 1 231 481 A2 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 14 August 2002 (2002-08-14) the whole document	6-14

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
7 May 2018	22/05/2018

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	López de Valle, J

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/053326

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2012 106693 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]; VOLKSWAGEN AG [DE]) 30 January 2014 (2014-01-30) the whole document -----	1-17

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2018/053326

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013218571 A1	19-03-2015	CN 104459702 A	25-03-2015
		DE 102013218571 A1	19-03-2015
		FR 3010800 A1	20-03-2015
		KR 20150032225 A	25-03-2015
		US 2015078130 A1	19-03-2015
EP 2557434 A1	13-02-2013	DE 102011109830 A1	14-02-2013
		EP 2557434 A1	13-02-2013
EP 1231481 A2	14-08-2002	DE 10106142 A1	14-08-2002
		EP 1231481 A2	14-08-2002
DE 102012106693 A1	30-01-2014	CN 104662439 A	27-05-2015
		DE 102012106693 A1	30-01-2014
		EP 2877873 A2	03-06-2015
		JP 6023325 B2	09-11-2016
		JP 2015531058 A	29-10-2015
		US 2015192673 A1	09-07-2015
		WO 2014016291 A2	30-01-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/053326

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S15/93 G01S15/87
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, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2013 218571 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 19. März 2015 (2015-03-19) in der Anmeldung erwähnt	1-5,9, 10,15-17
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 1-4d Absatz [0012] - Absatz [0016] Absatz [0044] - Absatz [0057] -----	6-14
Y	EP 2 557 434 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 13. Februar 2013 (2013-02-13) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 Absatz [0008] - Absatz [0034] -----	6-14
Y	EP 1 231 481 A2 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 14. August 2002 (2002-08-14) das ganze Dokument -----	6-14

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
7. Mai 2018	22/05/2018

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	López de Valle, J

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/053326

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2012 106693 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]; VOLKSWAGEN AG [DE]) 30. Januar 2014 (2014-01-30) das ganze Dokument -----	1-17

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/053326

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013218571 A1	19-03-2015	CN 104459702 A	25-03-2015
		DE 102013218571 A1	19-03-2015
		FR 3010800 A1	20-03-2015
		KR 20150032225 A	25-03-2015
		US 2015078130 A1	19-03-2015
EP 2557434 A1	13-02-2013	DE 102011109830 A1	14-02-2013
		EP 2557434 A1	13-02-2013
EP 1231481 A2	14-08-2002	DE 10106142 A1	14-08-2002
		EP 1231481 A2	14-08-2002
DE 102012106693 A1	30-01-2014	CN 104662439 A	27-05-2015
		DE 102012106693 A1	30-01-2014
		EP 2877873 A2	03-06-2015
		JP 6023325 B2	09-11-2016
		JP 2015531058 A	29-10-2015
		US 2015192673 A1	09-07-2015
		WO 2014016291 A2	30-01-2014