

(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  
09. Januar 2020 (09.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/007560 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 7/52 (2006.01) G01S 15/93 (2006.01)  
G01S 7/527 (2006.01) G01S 15/18 (2006.01)  
G01S 15/87 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/064751

(22) Internationales Anmeldedatum:  
06. Juni 2019 (06.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102018116267.7 05. Juli 2018 (05.07.2018) DE

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

(72) Erfinder: ROSTOCKI, Paul David; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). GOTZIG, Heinrich; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). DHEERENDRA JAYA, Akhil; Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). PFITZENMAIER, Patrick; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). LEIDIG, Daniel; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bis-

singen (DE). BREUNINGER, Tobias; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). KORYAKIN, Danil; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). RAFALOWSKI, Marek; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). KARSTEN, Rene; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(74) Anwalt: ENGE, Sebastian; c/o Valeo Schalter und Sensoren GmbH, 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.

(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,

(54) Title: ULTRASONIC SENSOR WITH ADAPTATION OF THE TRANSMISSION/RECEPTION CHARACTERISTIC

(54) Bezeichnung: ULTRASCHALLSENSOR MIT ANPASSUNG DER SENDE-/EMPFANGSCHARAKTERISTIK

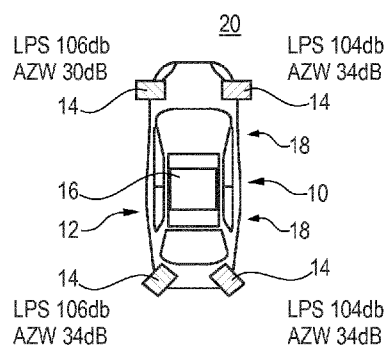


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for adapting an ultrasonic sensor (14) for a driving assistance system (12) of a vehicle (10), comprising the steps of capturing at least one adaptation parameter of operation of the vehicle (10) and adapting a transmission-reception characteristic of the ultrasonic sensor (14) in dependence on the at least one adaptation parameter. The invention further relates to an ultrasonic sensor assembly (18), comprising at least one ultrasonic sensor (14) and comprising a control unit (16), wherein the control unit (16) is designed to adapt the at least one ultrasonic sensor (20) using the method described above. The invention further relates to a driving assistance system (12) having at least one ultrasonic sensor assembly (18) described above.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen eines Ultraschallsensors (14) für ein Fahrerassistenzsystem (12) eines Fahrzeugs (10), umfassend die Schritte Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter eines Betriebs des Fahrzeugs (10), und Anpassen einer Sende-Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) abhängig von dem wenigstens einen Anpassungsparameter. Die Erfindung betrifft außerdem eine Ultraschall-Sensoranordnung (18) mit wenigstens einem Ultraschallsensor (14) und einer Steuereinheit (16), wobei die Steuereinheit (16) ausgeführt ist, eine Anpassung des wenigstens einen Ultraschallsensors (20) mit dem obigen Verfahren durchzuführen. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Fahrerassistenzsystem (12) mit wenigstens einer obigen Ultraschall-Sensoranordnung (18).



WO 2020/007560 A1

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)*

## Ultraschallsensor mit Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen eines Ultraschallsensors für ein Fahrerunterstützungssystem eines Fahrzeugs.

Auch betrifft die vorliegende Erfindung eine Ultraschall-Sensoranordnung mit wenigstens einem Ultraschallsensor und einer Steuereinheit, wobei die Steuereinheit ausgeführt ist, eine Anpassung des wenigstens einen Ultraschallsensors mit dem obigen Verfahren durchzuführen.

Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Fahrerunterstützungssystem mit wenigstens einer Ultraschall-Sensoranordnung.

Ultraschallsensoren werden heutzutage an vielen Fahrzeugen eingesetzt, um Objekte in einer Umgebung des jeweiligen Fahrzeugs zu erfassen. Dabei sind typischerweise eine Mehrzahl Ultraschallsensoren entlang der Seiten des Fahrzeugs angebracht. Neben Ultraschallsensoren an der Vorder- und Rückseite werden zunehmend auch Ultraschallsensoren an den Längsseiten des Fahrzeugs angebracht, beispielsweise um Querverkehr zu überwachen oder um freie Parklücken am Fahrbahnrand bei einer Vorbeifahrt erkennen zu können.

Die Überwachung der Umgebung erfolgt basierend auf Ultraschallsignalen, die von einem der Ultraschallsensoren abgestrahlt werden. Die Ultraschallsignale werden an Objekten reflektiert, und die Echos werden von dem Ultraschallsensor, der das Ultraschallsignal ausgesendet hat, oder auch von anderen Ultraschallsensoren an dem Fahrzeug empfangen. Die ausgesendeten Ultraschallsignale können dabei einen einzelnen Ultraschallpuls enthalten, oder auch eine Pulsfolge. Die Pulsfolge kann dabei individuell für ein Fahrzeug oder sogar jeden Ultraschallsensor sein, um Echos einem Fahrzeug oder einem Ultraschallsensor zuzuordnen zu können.

Aufgrund der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in Luft von etwa 340 Meter pro Sekunde haben Ultraschallsensoren eine begrenzte Reichweite, um zeitnah die Objekte in der Umgebung des Fahrzeugs erfassen zu können. Bei einem Abstand zu dem Objekt von zehn Metern ergibt sich bereits eine Laufzeit des Ultraschallsignals von dem

Ultraschallsensor zu dem Objekt und wieder zurück zu dem Ultraschallsensor von fast 0,06 Sekunden.

Bei heutigen Ultraschallsensoren wird die Erkennung von Objekten durch Vergleich der einer Echosignalspannung mit einer Referenzspannung, die auch als Empfangsschwelle bezeichnet wird, ermittelt. Die Echosignalspannung gibt dabei eine Signalstärke des empfangenen Echos des Ultraschallsignals an dem Objekt an. Nahe Objekte erzeugen dabei typischerweise stärkere Echos. Liegt die Echosignalspannung über der Referenzspannung, wird von dem Ultraschallsensor ein entsprechendes Signal, dass ein Objekt erkannt wurde, an ein Steuergerät (ECU) übertragen.

Das von dem Ultraschallsensor an das Steuergerät übertragenen Signal ist typischerweise ein digitales Signal (0 oder 1). Ein radialer Abstand eines Objektes zum Sensor wird durch die Zeitdauer vom Start des Aussendens des Ultraschallsignals zum einem Zeitpunkt  $t=0$  bis zu einer Änderung des übertragenen Signals beispielsweise von Null auf eins bestimmt.

Die Referenzspannung ist üblicherweise individuell an das jeweilige Fahrzeug angepasst. Die Referenzspannung kann beispielsweise abhängig von einer Sensorhöhe an dem Fahrzeug und einem Erhöhungswinkel sein.

Die Verwendung der Ultraschallsensoren im Stand oder bei niedrigen Geschwindigkeiten ist dabei meist unproblematisch. Allerdings hat sich gezeigt, dass bei höheren Geschwindigkeiten beispielsweise in einem Bereich von 30km/h bis 160km/h die Sensormembranen des Ultraschallsensors, auch Ultraschallmembran genannt, durch Fahrwind anregt werden kann. Durch die Bewegung des Fahrzeugs wird die umgebende Luft in verschiedene Richtungen weggedrückt. Dies kann zu Turbulenzen insbesondere im Bereich der Stoßfänger und damit der dort positionierten Ultraschallsensoren führen. Es bilden sich Bereiche hohen und niedrigen Luftdrucks. Dieser turbulente Luftstrom im Bereich der Ultraschallsensoren kann zu Störungen an der Sensormembran des Ultraschallsensors führen, die als „Klopfeffekt“ bekannt sind. Es können Störungen verursacht werden, die oberhalb der Referenzspannung liegen und somit eine Erkennung eines nicht vorhandenen Objekts bewirken können.

Durch solche falschen Erkennungen von nicht vorhandenen Objekten können wiederum Assistenz- oder Unterstützungsfunktionen nicht zuverlässig durch das Fahrzeug bereitgestellt werden. Dies Assistenz- oder Unterstützungsfunktionen werden auch als ADAS bezeichnet.

Aktuelle Ansätze zur Lösung dieses Problems gehen dahin, die Referenzspannung bzw. die Referenzspannungskurve anzupassen, um ungewünschte Echos zu filtern. Dies wird jedoch mit zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs schwieriger.

In diesem Zusammenhang ist aus der DE 196 45 339 A1 ein Ultraschall-Parkhilfesystem bekannt. Derartige Systeme geben Warnsignale ab, wenn ein innerhalb eines Hörfensters liegendes Echosignal einen bestimmten Schwellwert überschreitet. Bisher wurden ein Hörfenster oder die Empfindlichkeit des Systems an feststehende Daten des Fahrzeugs und/oder der Fahrbahn einmalig angepasst. Außerdem ist vorgeschlagen, die Empfindlichkeit, das Hörfenster, oder auch den Sendeverlauf in Abhängigkeit von sich ändernden dynamischen Daten des Fahrzeugs bzw. der Fahrbahn anzupassen.

Weiter ist aus der DE 10 2008 041 752 A1 eine Vorrichtung zum Festlegen einer Empfangsschwelle bekannt. Die Vorrichtung beinhaltet einen ersten Komparator und einen ersten Zähler zum Erfassen einer ersten Häufigkeit eines Durchschreitens eines ersten Schwellwertes durch ein Hintergrundsignal und einen zweiten Komparator und einen zweiten Zähler zum Erfassen einer zweiten Häufigkeit eines Durchschreitens eines zweiten Schwellwertes durch das Hintergrundsignal, wobei der zweite Schwellwert größer als der erste Schwellwert ist. Eine Datenverarbeitungseinrichtung dient zum Festlegen der Empfangsschwelle basierend auf der ersten und zweiten Häufigkeit.

Die DE 10 2012 200 230 A1 betrifft eine Erfassung der Umgebung eines Fahrzeugs mittels akustischer Signale. Veränderungen, die ein insbesondere moduliertes, akustisches Signal infolge von Klimaeinflüssen, erfährt, zu detektieren und aus den Veränderungen des Signals ein Modell der momentanen Klimasituation im Umfeld des Fahrzeugs zu erstellen. Dem Modell können Größen wie beispielsweise die Windstärke und/oder Komponenten der Windrichtung und/oder das Auftreten von Änderungen der Ausbreitungseigenschaften des akustischen Signals entnommen werden, wobei die Änderungen der Ausbreitungseigenschaften infolge von klimatischen Unterschieden,

insbesondere von Temperaturunterschieden auftreten. Diese Größen werden bei der Erfassung der Umgebung des Fahrzeugs berücksichtigt und/oder optional für weitere Fahrzeugfunktionen genutzt. Insbesondere wird das Modell der momentanen Klimasituation aus Laufzeitunterschieden von Signalen erstellt, die unterschiedliche Ausbreitungsrichtungen auf ansonsten gleichen Ausbreitungswegen aufweisen.

Ausgehend von dem oben genannten Stand der Technik liegt der Erfindung somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Anpassen eines Ultraschallsensors für ein Fahrerunterstützungssystem eines Fahrzeugs, eine Ultraschall-Sensoranordnung mit wenigstens einem Ultraschallsensor und einer Steuereinheit und ein Fahrerunterstützungssystem mit wenigstens einer solchen Ultraschall-Sensoranordnung jeweils der oben genannten Art anzugeben, die eine verbesserte Erkennung von Objekten in der Umgebung in verschiedenen Fahrsituationen und insbesondere bei verschiedenen Geschwindigkeiten ermöglichen.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß ist somit ein Verfahren zum Anpassen eines Ultraschallsensors für ein Fahrerunterstützungssystem eines Fahrzeugs angegeben, umfassend die Schritte Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter eines Betriebs des Fahrzeugs, und Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors abhängig von dem wenigstens einen Anpassungsparameter.

Erfindungsgemäß ist außerdem eine Ultraschall-Sensoranordnung mit wenigstens einem Ultraschallsensor und einer Steuereinheit angegeben, wobei die Steuereinheit ausgeführt ist, eine Anpassung des wenigstens einen Ultraschallsensors mit dem obigen Verfahren durchzuführen.

Weiter ist erfindungsgemäß ein Fahrerunterstützungssystem mit wenigstens einer Ultraschall-Sensoranordnung angegeben.

Grundidee der vorliegenden Erfindung ist es also, die Erkennung von Objekten mit Ultraschallsensoren dadurch zuverlässiger zu gestalten, dass eine Anpassung der

Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors erfolgt, um bereits vor einer Verarbeitung von mit dem Ultraschallsensor empfangenen Echos die Anpassung vornehmen zu können. Dabei geht es also ausdrücklich nicht um eine Anpassung einer Empfangsschwelle, beispielsweise in der Form einer Referenzspannung, deren Überschreiten eine Erkennung eines Objekts anzeigt. Die Anpassung der Send-/Empfangscharakteristik betrifft eine Anpassung dieser Charakteristik selber, bevor beispielsweise die Empfangsschwelle auf dieses Signal angewendet wird. Der Anpassungsparameter dient dabei dazu, die Art der erforderlichen Anpassung der Send-/Empfangscharakteristik zu ermitteln. Der Anpassungsparameter kann ein Parameter sein, der das Fahrzeug selber betrifft, oder ein Parameter, der eine Umgebung des Fahrzeugs definiert. Die Umgebung des Fahrzeugs bedingt beispielsweise durch ihre Beschaffenheit den ungewollten Empfang von Reflektionen des ausgesendeten Ultraschallsignals.

Bei der Ultraschall-Sensoranordnung führt die Steuereinheit die Anpassung des Ultraschallsensors durch. Dies betrifft eine Einstellung der Send-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors. Die Steuereinheit kann außerdem ein Signal von dem Ultraschallsensor empfangen, welches Reflektionen des Ultraschallsignals an Objekten anzeigt, beispielsweise wenn eine Echosignalspannung über einer Referenzspannung liegt. Das von dem Ultraschallsensor an das Steuergerät übertragene Signal ist typischerweise digital (0 oder 1). Ein radialer Abstand eines Objektes zu dem Ultraschallsensor wird durch die Zeitdauer vom Start des Aussendens des Ultraschallsignals zum Zeitpunkt  $t=0$  bis zu einer Änderung des übertragenen Signals beispielsweise von Null auf eins bestimmt.

Die Ultraschall-Sensoranordnung kann eine Mehrzahl Ultraschallsensoren aufweisen. Die Steuereinheit kann ausgeführt sein, eine Anpassung der Mehrzahl Ultraschallsensoren jeweils individuell durchzuführen. Eine Steuerungseinheit führt also die Anpassung für mehrere Ultraschallsensoren durch. Durch die individuelle Anpassung kann eine optimale Funktion aller Ultraschallsensoren erreicht werden, um unterschiedlichen Anpassungsparametern an den verschiedenen Ultraschallsensoren Rechnung zu tragen. So können beispielsweise die Ultraschallsensoren an Vorder- und Rückseite des Fahrzeugs sehr unterschiedlichen Arten von Störungen ausgesetzt sein, beispielsweise abhängig von einer Fahrtrichtung des Fahrzeugs.

Das Fahrerunterstützungssystem umfasst typischerweise eine Mehrzahl Ultraschallsensoren, die gemeinsam ausgewertet werden. Dabei kann die Steuereinheit der Ultraschallsensoren integral mit einer Steuereinheit des Fahrerunterstützungssystems ausgeführt sein.

Vorzugsweise ist das Fahrerunterstützungssystem als System zur Überwachung eines toten Winkels des Fahrzeugs während der Fahrt oder als Parklenkassistent ausgeführt. Prinzipiell sind aber auch andere Ausführungen des Fahrerunterstützungssystems möglich. Auch kann das Fahrerunterstützungssystem kombiniert verschiedene Einzelfunktionen durchführen, beispielsweise eine Einzelfunktion für jeweils unterschiedliche Fahrsituationen. Alternativ können auch Einzelfunktionen parallel ausgeführt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Anpassen einer Sendee-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors ein Anpassen einer Empfangsempfindlichkeit des Ultraschallsensors. Die Empfangsempfindlichkeit des Ultraschallsensors kann beispielsweise durch eine Verstärkungsschaltung eingestellt werden, die ein elektrisches Empfangssignal einer Bewegung einer Ultraschallmembran des Ultraschallsensors verstärkt. Besonders bevorzugt ist die Verstärkungsschaltung in ihrer Verstärkung einstellbar. Beispielsweise kann die Verstärkung niedrig gewählt sein, um starke Reflektionen des ausgesendeten Ultraschallsignals zuverlässig und ohne Übersteuerung empfangen zu können. Störungen können unterdrückt werden. Bei einer großen Verstärkung können auch leichte Echos von Objekten erfasst werden, wie sie beispielsweise an weiter entfernten Objekten erzeugt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Anpassen einer Sendee-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors ein Anpassen einer Sendeleistung des Ultraschallsensors. Die Sendeleistung kann beispielsweise durch eine entsprechende Verstärkerschaltung zur Ansteuerung des Ultraschallsensors zur Auslenkung der Ultraschallmembran angepasst werden. Je größer die Sendeleistung ist, desto größer eine potentielle Reichweite des Ultraschallsensors, und desto größer ein Abstand der Pegel von Echos des ausgesendeten Ultraschallsignals verglichen mit Störsignalen und Rauschen. Um eine Belastung des Ultraschallsensors und Energieverbrauch zu reduzieren sowie um Übersteuerungen zu vermeiden, kann eine geringere Sendeleistung bevorzugt sein. Bei einer großen Sendeleistung können auch Echos von



Objekten erfasst werden, wie sie beispielsweise an weiter entfernten Objekten erzeugt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors ein Anpassen eines Empfangsfensters des Ultraschallsensors. Das Empfangsfenster betrifft einen Bereich, in dem Echos von ausgestrahlten Ultraschallsignalen empfangen werden können. Das Empfangsfenster dient also über eine reine Anpassung des Ultraschallsensors zum prinzipiellen Empfang von Echos ausgesendeter Ultraschallsignale hinaus dazu, den Ultraschallsensor für das Empfangsfenster abzustimmen. Das Anpassen des Empfangsfensters kann durch eine Anpassung der Sendeleistung und/oder der Empfangsempfindlichkeit erfolgen. Vorzugsweise erfolgt das Anpassen des Empfangsfensters durch eine kombinierte und abgestimmte Anpassung sowohl der Sendeleistung wie auch der Empfangsempfindlichkeit.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist relevant beispielsweise in Bezug auf Turbulenzen, die an den Ultraschallsensoren entstehen können und die Membran der Ultraschallsensoren anregen. Dies kann dazu führen, dass der Ultraschallsensor ein nicht vorhandene Objekte detektiert. Außerdem kann ein hohes Niveau an Grundrauschen erzeugt werden, in dem Echos von ausgesendeten Ultraschallsignalen von realen Objekten nicht erkannt werden können. Durch die Anpassung des Ultraschallsensors unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit kann dieses Problem reduziert oder vermieden werden. Die Geschwindigkeit kann von dem Fahrzeug basierend auf Odometrieinformationen ermittelt werden, d.h. Radbewegungen oder ähnlichen, oder basierend auf Satellitennavigationssignalen (GPS, Galileo, oder anderen). Die Geschwindigkeit ist vorzugsweise eine Relativgeschwindigkeit bezogen auf die Umgebungsluft, beispielsweise unter Berücksichtigung von Wind. Untersuchungen insbesondere mit analogen Signalen, die eine Anregung der Ultraschallmembran anzeigen, haben dabei gezeigt, dass eine Amplitude von erkannten Echos, die durch solche Turbulenzen entstehen, proportional zu der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist. Dies würde im Stand der Technik bedeuten, dass ein sehr großer Satz an Referenzspannungen bzw. Referenzspannungskurven bereitgestellt und angewendet werden müsste, um Echos von realen Objekten erkennen zu können. Dies

ist jedoch mit einem großen Aufwand verbunden, der durch die Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors vermieden werden kann. Außerdem kann die Anpassung der Referenzspannungen bzw. Referenzspannungskurven beispielsweise abhängig von der Geschwindigkeit an ihre Grenzen stoßen, bei denen keine zuverlässige Erkennung von Echos ausgesendeter Ultraschallsignale an realen Objekten mehr erfolgt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von wenigstens einer Umgebungsbedingung des Fahrzeugs, insbesondere von Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, und/oder einer Umgebungstemperatur. Niederschlag und Luftfeuchte können selber zur Erzeugung von ungewollten Reflektionen des ausgesendeten Ultraschallsignals führen. Diese Echos haben typischerweise eine geringe Intensität und können beispielsweise durch eine Anpassung der Empfangsempfindlichkeit unterdrückt werden. Die Temperatur hat Einfluss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall, was entsprechend kompensiert werden kann. Ausgehend von Normalbedingungen kann eine Änderung der Temperatur von etwa 5°C bereits eine Änderung der Schallgeschwindigkeit von etwa einem Prozent bewirken. Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, und/oder einer Umgebungstemperatur werden vorzugsweise mit an dem Fahrzeug angebrachten entsprechenden Sensoren ermittelt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von wenigstens einer Fahrbahnbedingung in einer Umgebung des Fahrzeugs. Die Fahrbahnbedingungen können beispielsweise Autobahn, Stadtverkehr, oder Überland sein. Durch unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheiten der Fahrbahn können beispielsweise bei einer geschotterten Fahrbahn oder ähnlichem Echos der ausgesendeten Ultraschallsignale generiert werden, die als Störungen anzusehen sind, da sie keinen Objekten, die eine Bewegung des Fahrzeugs einschränken, zuzuordnen sind. Diese Echos haben typischerweise eine geringe Intensität und können beispielsweise durch eine Anpassung der Empfangsempfindlichkeit unterdrückt werden. Die Fahrbahnbedingung kann beispielsweise basierend auf Karteninformationen und einer aktuellen Position des Fahrzeugs ermittelt werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Fahrbahnbedingung mit Sensoren des Fahrzeugs, beispielsweise einer Kamera, bestimmt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren einen zusätzlichen Schritt zum Auswerten von mit dem Ultraschallsensor empfangenen Sensorsignalen, und das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors umfasst ein adaptives Anpassen der Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors basierend auf den mit dem Ultraschallsensor empfangenen Sensorsignalen. Somit können auch die empfangenen Sensorsignale selber dazu beitragen, die Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors anzupassen. Beispielsweise kann ein hohes Rauschniveau in den empfangenen Sensorsignalen anzeigen, dass die Empfangsempfindlichkeit zu reduzieren und/oder die Sendeleistung des Ultraschallsensors zu erhöhen ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von dem wenigstens einem Anpassungsparameter in einer Mehrzahl Stufen. Die Stufen ermöglichen eine einfache Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik beispielsweise durch einen Zugriff auf eine sogenannte Look-up Tabelle. Über eine solche Tabelle können insbesondere bei einer Vielzahl verwendeter Anpassungsparameter auf einfache Weise Anpassungen der Sende-/Empfangscharakteristik durchgeführt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren einen zusätzlichen Schritt zum Anpassen einer Referenzspannung basierend auf dem wenigstens einen Anpassungsparameter. Die Referenzspannung kann dabei zeitlich variieren. Der Verlauf der Referenzspannung wird auch als Referenzspannungskurve oder Sensorschwellkurve bezeichnet und kann insgesamt oder abschnittsweise angepasst werden. Durch die zusätzliche Anpassung der Referenzspannung kann eine weitere Anpassung des Ultraschallsensors an die Anpassungsparameter erfolgen. Solche Anpassungen können beispielsweise unterstützend durchgeführt werden, wenn die Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik bereits bis zu ihren Grenzen durchgeführt wurde.

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegende Zeichnung anhand bevorzugter Ausführungsformen näher erläutert. Die dargestellten Merkmale können sowohl jeweils einzeln als auch in Kombination einen Aspekt der Erfindung darstellen. Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele sind übertragbar von einem Ausführungsbeispiel auf ein anderes.

Es zeigt

- Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Fahrzeugs mit einem Fahrerunterstützungssystem und einer Mehrzahl Ultraschallsensoren gemäß einer ersten Ausführungsform in einer Draufsicht,
- Fig. 2 einen Zeitverlauf einer Erfassung von Objekten für verschiedene Geschwindigkeiten mit einem kritischen Geschwindigkeitsbereich, der über etwa 130 km/h liegt, für zwei Ultraschallsensoren im direkten Vergleich,
- Fig. 3 eine quantitative Darstellung der Erfassung der Objekte in Übereinstimmung mit der Darstellung in Figur 2 als Balkendiagramm,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung von Stufen für die Umgebungstemperatur als Anpassungsparameter,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung von Stufen für die Geschwindigkeit als Anpassungsparameter,
- Fig. 6 einen Zeitverlauf einer Erfassung von Objekten für verschiedene Geschwindigkeiten mit einem kritischen Geschwindigkeitsbereich, der über etwa 130 km/h liegt, für zwei Ultraschallsensoren im direkten Vergleich,
- Fig. 7 beispielhafte Signalverläufe über die Zeit umfassend eine Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, eine Referenzspannung und ein digitales Signal,
- Fig. 8 Signalverläufe über die Zeit umfassend die Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, die Referenzspannung und das digitale Signal von einem nicht angepassten Ultraschallsensor in einer ersten Konfiguration bei einer Geschwindigkeit von 130 km/h,

- Fig. 9 Signalverläufe über die Zeit umfassend die Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, die Referenzspannung und das digitale Signal von einem angepassten Ultraschallsensor einer ersten Konfiguration bei einer Geschwindigkeit von 130 km/h,
- Fig. 10 Signalverläufe über die Zeit umfassend die Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, die Referenzspannung und das digitale Signal von einem nicht angepassten Ultraschallsensor in einer zweiten Konfiguration im Stillstand,
- Fig. 11 Signalverläufe über die Zeit umfassend die Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, die Referenzspannung und das digitale Signal von einem nicht angepassten Ultraschallsensor in einer zweiten Konfiguration bei einer Geschwindigkeit größer als 35 km/h, und
- Fig. 12 Signalverläufe über die Zeit umfassend die Echosignalspannung von an dem Ultraschallsensor empfangen Schwingungen, die Referenzspannung und das digitale Signal von einem angepassten Ultraschallsensor in einer zweiten Konfiguration bei einer Geschwindigkeit größer als 35 km/h.

Die Figur 1 zeigt ein Fahrzeug 10 gemäß einer ersten, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

Das Fahrzeug 10 weist ein Fahrerunterstützungssystem 12 auf, das hier zur Überwachung eines toten Winkels des Fahrzeugs 10 während der Fahrt und als Parklenkassistent ausgeführt ist. Das Fahrerunterstützungssystem 12 kombiniert die beiden Einzelfunktionen für jeweils unterschiedliche Fahrsituationen. In einem alternativen Ausführungsbeispiel werden die beiden Einzelfunktionen parallel in dem Fahrerunterstützungssystem 12 ausgeführt.

Das Fahrerunterstützungssystem 12 umfasst eine Mehrzahl Ultraschallsensoren 14 und eine Steuereinheit 16. Die Steuereinheit 16 ist ausgeführt, die Ultraschallsensoren 14

gemeinsam anzupassen. Die Steuereinheit 16 bildet somit mit den Ultraschallsensoren 14 Ultraschall-Sensoranordnungen 18. Alternativ bildet die Steuereinheit 16 jeweils mit einem Ultraschallsensor 14 eine Ultraschall-Sensoranordnung 18.

Das Fahrerunterstützungssystem 12 ist ausgeführt, eine Überwachung einer Umgebung 20 des Fahrzeugs 10 durchzuführen. Dazu steuert es die Ultraschallsensoren 14 an, Ultraschallsignale auszusenden und Reflektionen davon zu empfangen, die in der Steuereinheit 16 ausgewertet werden. Dazu wird basierend auf den empfangenen Reflektionen wird von jedem der Ultraschallsensoren 14 ein digitales Signal 26 an die Steuerungseinheit 16 übertragen. Das digitale Signal 26 liegt hier auf einem Pegel, und eine Änderung des Pegels des digitalen Signals 26 zeigt an, dass der entsprechende Ultraschallsensor 14 eine Reflektion von einem Objekt in der Umgebung 20 des Fahrzeugs 10 empfangen hat. Ein radialer Abstand des Objektes zum Ultraschallsensor 14 wird durch eine Zeitdauer vom Start des Aussendens des Ultraschallsignals zum Zeitpunkt  $t=0$  bis zu einer Änderung des übertragenen digitalen Signals beispielsweise von eins auf null bestimmt.

Nachfolgend wird ein Verfahren zum Anpassen der Ultraschallsensoren 14 in Übereinstimmung mit dem Fahrzeug 10 der ersten Ausführungsform beschrieben.

Das Verfahren beginnt mit einem Erfassen von Anpassungsparametern eines Betriebs des Fahrzeugs 10. Die Anpassungsparameter umfassen in diesem Ausführungsbeispiel eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10, Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs 10 und einer Fahrbahnbedingung in der Umgebung 20 des Fahrzeugs 10. Die Anpassungsparameter werden gemäß der ersten Ausführungsform in einer Mehrzahl Stufen erfasst. Figuren 4 und 5 zeigen entsprechende Stufen für die Umgebungstemperatur und die Geschwindigkeit, die entsprechend mit T1 ... T5 bzw. S1, S2 bezeichnet sind.

Die Geschwindigkeit wird vorliegend von dem Fahrzeug 10 basierend auf Odometrieinformationen, d.h. Radbewegungen oder ähnlichen, ermittelt. Alternativ kann die Geschwindigkeit basierend auf Satellitennavigationssignalen (GPS, Galileo, oder anderen) ermittelt werden. In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird bei zusätzlicher Kenntnis von Windrichtung und Windgeschwindigkeit die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10 als Relativgeschwindigkeit bezogen auf die Umgebungsluft ermittelt.

Die Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs 10 umfassen in diesem Ausführungsbeispiel Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, und eine Umgebungstemperatur. Die Umgebungsbedingungen werden in diesem Ausführungsbeispiel mit an dem Fahrzeug 10 angebrachten entsprechenden Sensoren ermittelt.

Die Fahrbahnbedingung umfassen hier beispielhaft Autobahn, Stadtverkehr, oder Überland. Die Fahrbahnbedingung wird basierend auf einer aktuellen Position des Fahrzeugs 10 aus Karteninformationen entnommen. In einer alternativen Ausführungsform wird die Fahrbahnbedingung mit Sensoren des Fahrzeugs 10, beispielsweise einer Kamera, bestimmt.

Die Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik erfolgt durch einen Zugriff auf eine sogenannte Look-up Tabelle.

In einem nachfolgenden Schritt wird eine Sende-/Empfangscharakteristik jedes Ultraschallsensors 14 abhängig von den ermittelten Anpassungsparametern jeweils individuell angepasst. Die Steuereinheit 16 führt die Anpassung der Ultraschallsensoren 14 durch.

Das Anpassen der Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors 14 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein Anpassen einer Empfangsempfindlichkeit des Ultraschallsensors 14 und ein Anpassen einer Sendeleistung des Ultraschallsensors 14.

In Figur 1 ist diesbezüglich für die Ultraschallsensoren 14 jeweils beispielhaft die Sendeleistung (LPS) und die Empfangsempfindlichkeit (AZW) angegeben. Darauf basierend enthalten die Figuren 2 und 3 vergleichende Darstellungen der Erfassung von Objekten mit den vorderen Ultraschallsensoren 14 rechts und links, wobei der Ultraschallsensor 14 vorne links derart angepasst ist, dass er eine höhere Sendeleistung und eine niedrigere Empfangsempfindlichkeit aufweist.

Figur 2 zeigt die Erfassung von Objekten für verschiedene Geschwindigkeiten. In einem kritischen Geschwindigkeitsbereich, der hier über etwa 130 km/h liegt, werden von dem angepassten Ultraschallsensor 14 links vorne deutlich weniger Störsignale empfangen, als von dem nicht angepassten Ultraschallsensor 14 rechts vorne. Dies ist in Figur 3

quantifiziert, in der die Anzahl der Störsignale gezählt ist. Diese ist für den Ultraschallsensor 14 vorne rechts etwa dreimal höher als bei dem angepassten Ultraschallsensor 14 vorne links. Figur 6 zeigt analog zu Figur 2 einen anderen zeitlichen Verlauf der Erfassung von Objekten bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Der angepasste Ultraschallsensor 14 vorne links generiert dabei weniger Störsignale als der Ultraschallsensor 14 vorne rechts. Dies betrifft den Bereich oberhalb von etwa 130 km/h, wie bereits unter Bezug auf Figur 2 erläutert wurde.

Figuren 8 bis 9 und 10 bis 12 betreffen jeweils Signalverläufe für einen Ultraschallsensor 14. Figur 7 dient dabei lediglich beispielhaft als Legende für die verschiedenen Signalverläufe. Die Signalverläufe aus Figur 7 sind also zur Erläuterung bereitgestellt. Die Signalverläufe umfassen jeweils eine Echosignalspannung 22 von an dem Ultraschallsensor 14 empfangen Schwingungen, einen Verlauf einer Referenzspannung 24 oder Empfangsschwelle und ein digitales Signal 26.

Die Signalverläufe in den Figuren 8 bis 9 zeigen die Signalverläufe für eine Geschwindigkeit von 130 km/h. Figur 8 zeigt im Detail die Signalverläufe des Ultraschallsensors 14 in Übereinstimmung mit dem Ultraschallsensor 14 vorne rechts in den Figuren 1 bis 3 oder 6, d.h. der Ultraschallsensor 14 ist nicht angepasst. Die Echosignalspannung 22 überschreitet die Referenzspannung 24 verschiedentlich, so dass das digitale Signal 26 ein Objekt anzeigt, das jedoch nicht vorhanden ist. Figur 9 zeigt entsprechende Signalverläufe für den angepassten Ultraschallsensor 14. Die Echosignalspannung 22 überschreitet die Referenzspannung 24 lediglich an einer Stelle, so dass nur eine falsche Objekterkennung erfolgt.

Die Figuren 10 bis 12 betreffen eine abweichende Konfiguration der Ultraschallsensoren 14. Figur 10 zeigt die Signalverläufe im Stillstand. Ohne ein vorhandenes Objekt überschreitet die Echosignalspannung 22 nicht die Referenzspannung 24. Es werden keine nicht vorhandenen Objekte erkannt. Figur 11 zeigt die Signalverläufe bei einer Geschwindigkeit größer als 35 Km/h. Die Konfiguration des Ultraschallsensors 14 entspricht der des Ultraschallsensors gemäß Figur 10. Die Echosignalspannung 22 zeigt große Turbulenzen an den Ultraschallsensoren 14, so dass die Echosignalspannung 22 häufig über der Referenzspannung 24 liegt und nicht vorhandene Objekte erkannt werden. Figur 12 zeigt die Signalverläufe ebenfalls bei einer Geschwindigkeit größer als 35 Km/h. Der Ultraschallsensor 14 wurde allerdings gegenüber der Konfiguration aus



Figur 11 angepasst. Die Echosignalspannung 22 liegt nur noch selten über der Referenzspannung 24, so dass weniger nicht vorhandene Objekte erkannt werden.

In einem weiteren, optionalen Schritt wird zusätzlich zu der Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors 14 der Verlauf der Referenzspannung 24 basierend auf den Anpassungsparametern angepasst. Die Anpassung der Referenzspannung 24 wird hier lediglich unterstützend durchgeführt, wenn die Anpassung der Sende-/Empfangscharakteristik bereits bis zu ihren Grenzen durchgeführt wurde.

Bezugszeichenliste

10	Fahrzeug
12	Fahrunterstützungssystem
14	Ultraschallsensor
16	Steuereinheit
18	Sensoranordnung
20	Umgebung
22	Echosignalspannung
24	Referenzspannung
26	digitales Signal

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Anpassen eines Ultraschallsensors (14) für ein Fahrunterstützungssystem (12) eines Fahrzeugs (10), umfassend die Schritte Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter eines Betriebs des Fahrzeugs (10), und Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors(14) abhängig von dem wenigstens einen Anpassungsparameter.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) ein Anpassen einer Empfangsempfindlichkeit des Ultraschallsensors (14) umfasst.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) ein Anpassen einer Sendeleistung des Ultraschallsensors (14) umfasst.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) ein Anpassen eines Empfangsfensters des Ultraschallsensors (14) umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs (10) umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von wenigstens einer Umgebungsbedingung des Fahrzeugs (10) umfasst,

- insbesondere von Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, und/oder einer Umgebungstemperatur.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
    - das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von wenigstens einer Fahrbahnbedingung in einer Umgebung (20) des Fahrzeugs (10) umfasst.
  8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
    - das Verfahren einen zusätzlichen Schritt zum Auswerten von mit dem Ultraschallsensor (14) empfangenen Sensorsignalen umfasst, und
    - das Anpassen einer Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) ein adaptives Anpassen der Sende-/Empfangscharakteristik des Ultraschallsensors (14) basierend auf den mit dem Ultraschallsensor (14) empfangenen Sensorsignalen umfasst.
  9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
    - das Erfassen von wenigstens einem Anpassungsparameter ein Erfassen von dem wenigstens einem Anpassungsparameter in einer Mehrzahl Stufen umfasst.
  10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
    - das Verfahren einen zusätzlichen Schritt zum Anpassen einer Referenzspannung (24) basierend auf dem wenigstens einen Anpassungsparameter umfasst.
  11. Ultraschall-Sensoranordnung (18) mit wenigstens einem Ultraschallsensor (14) und einer Steuereinheit (16), wobei die Steuereinheit (16) ausgeführt ist, eine Anpassung des wenigstens einen Ultraschallsensors (20) mit dem Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche durchzuführen.

12. Ultraschall-Sensoranordnung (18) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Ultraschall-Sensoranordnung (18) eine Mehrzahl Ultraschallsensoren(14) aufweist und die Steuereinheit (16) ausgeführt ist, eine Anpassung der Mehrzahl Ultraschallsensoren (14) jeweils individuell durchzuführen.
13. Fahrerunterstützungssystem (12) mit wenigstens einer Ultraschall-Sensoranordnung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 oder 12.
14. Fahrerunterstützungssystem (12) nach dem vorhergehenden Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Fahrerunterstützungssystem (12) als System zur Überwachung eines toten Winkels des Fahrzeugs (10) während der Fahrt oder als Parklenkassistent ausgeführt ist.

1/4

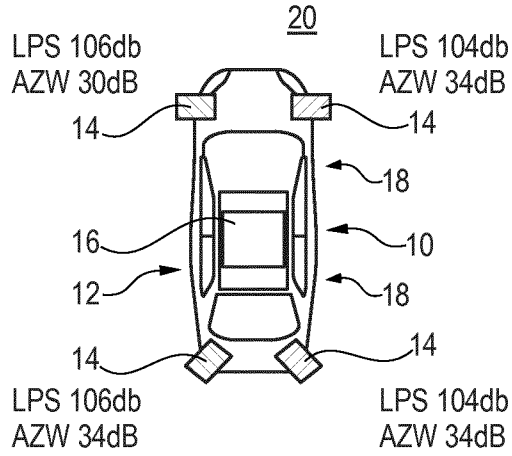


Fig. 1

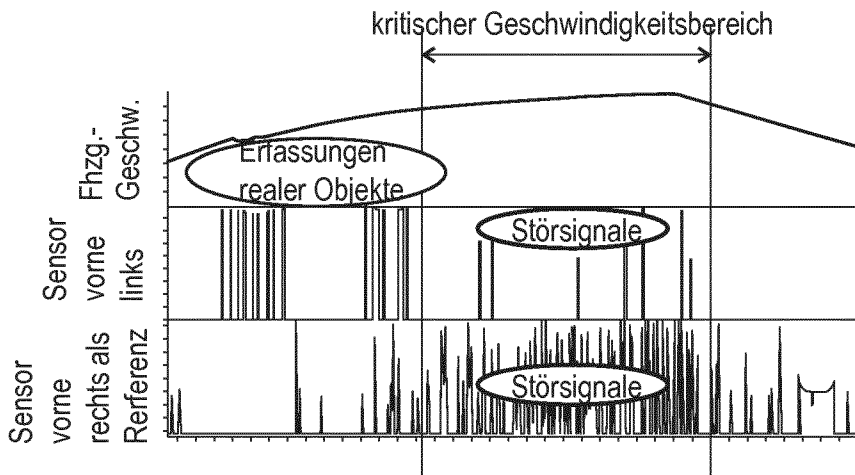


Fig. 2

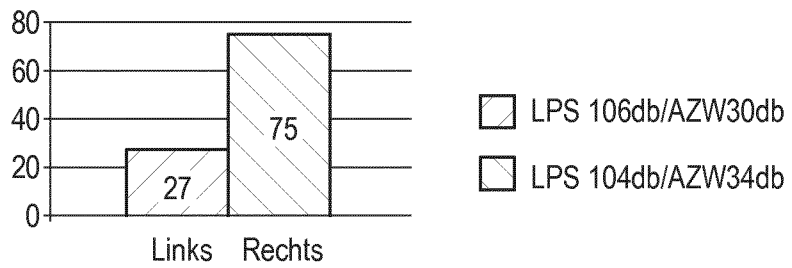


Fig. 3

2/4

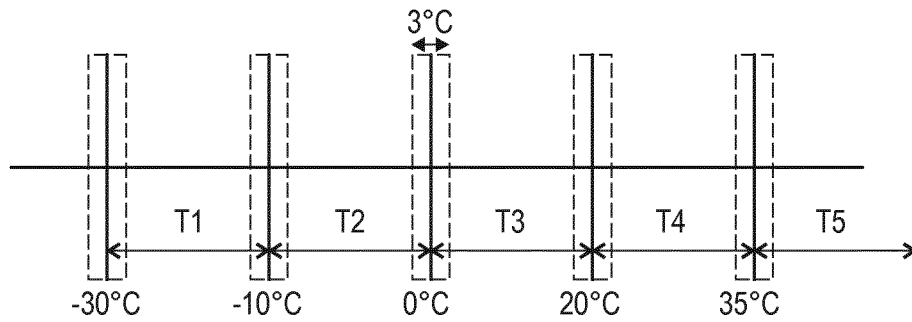


Fig. 4

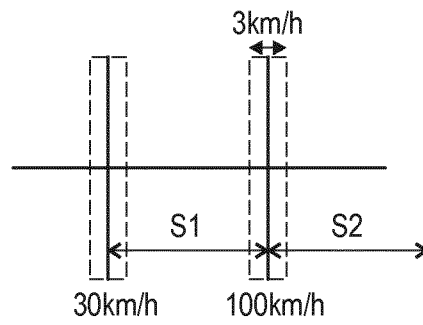


Fig. 5

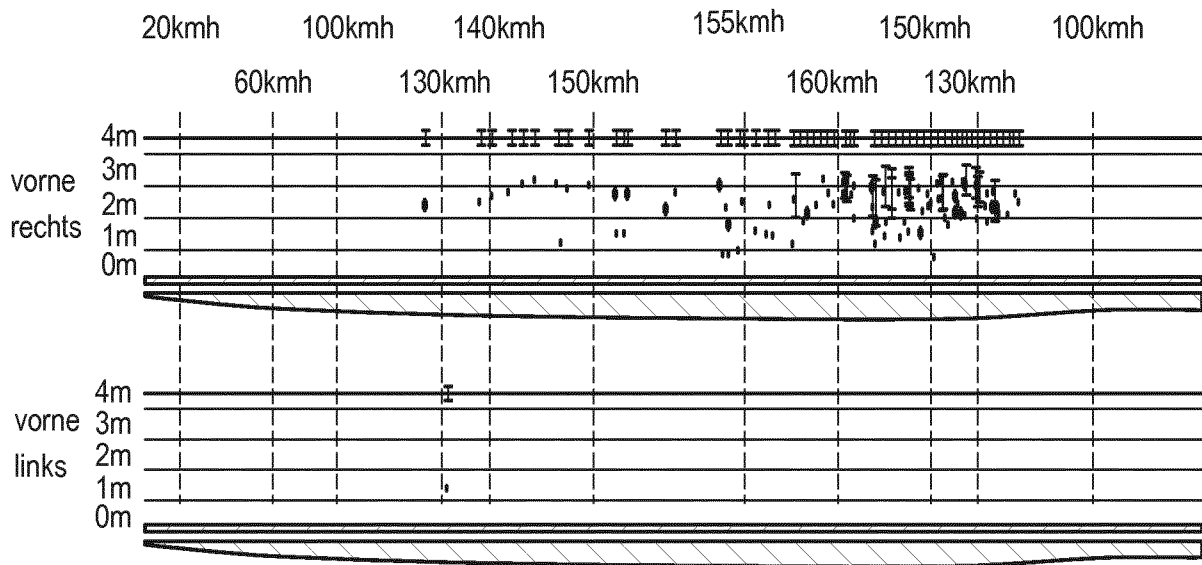


Fig. 6

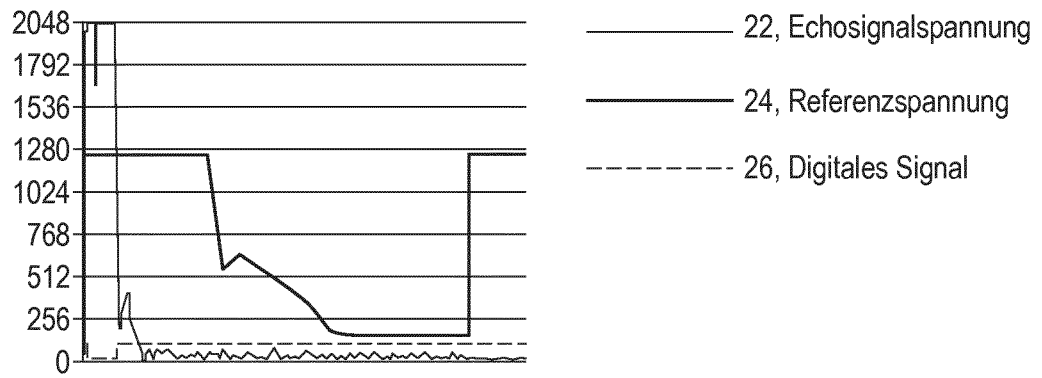


Fig. 7

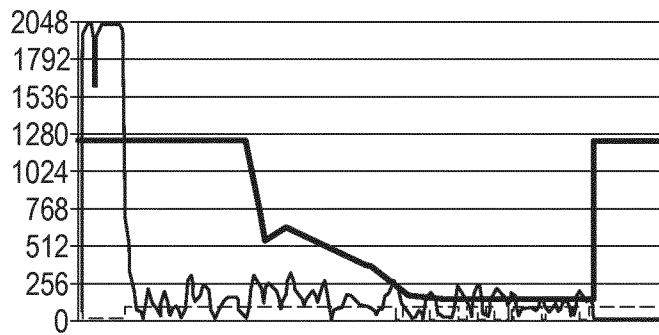


Fig. 8

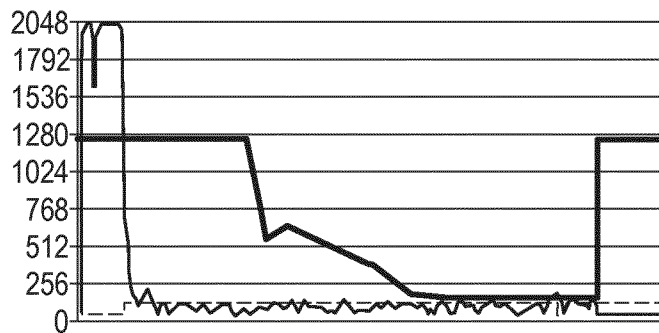


Fig. 9



4/4

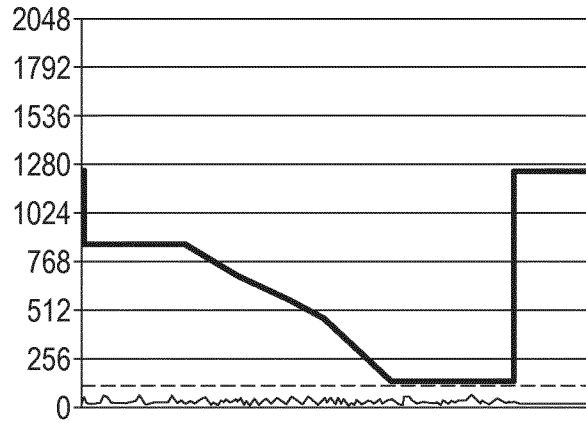


Fig. 10

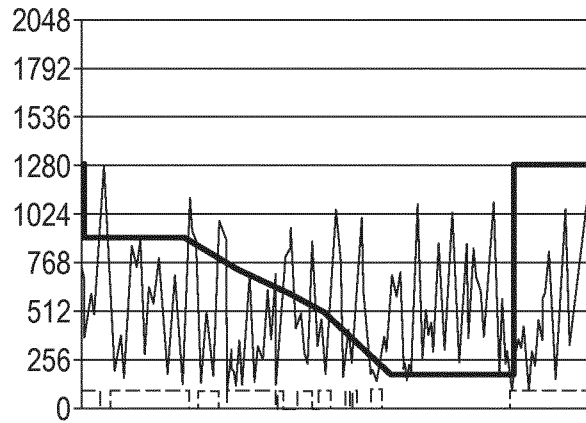


Fig. 11

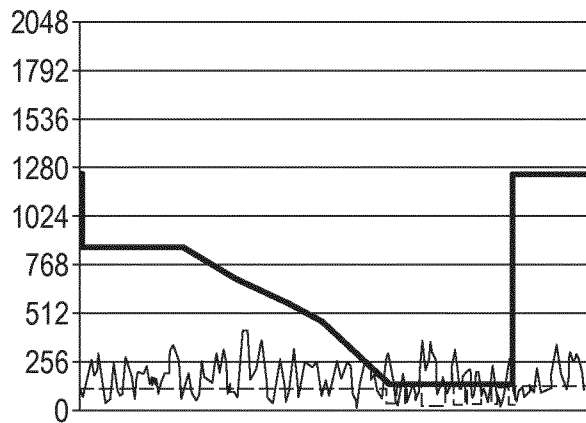


Fig. 12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/064751**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G01S 7/52</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/527</i> (2006.01)i; <i>G01S 15/87</i> (2006.01)i; <i>G01S 15/93</i> (2006.01)i; <i>G01S 15/18</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 19645339 A1 (TEVES GMBH ALFRED [DE]) 07 May 1998 (1998-05-07) cited in the application column 2, lines 2-49 column 3, line 50 - column 4, line 14; figure 2 column 4, line 15 - column 5, line 11; figure 3	1-7,10-14
X	DE 102016121565 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 17 May 2018 (2018-05-17) paragraphs [0003], [0012], [0013], [0032], [0033], [0036] - [0043]; figure 1	1,5,6,11-14
X	EP 3118648 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 18 January 2017 (2017-01-18) paragraphs [0006], [0022] - [0026]; figure 4	1,3,4,6,8,9,11-14
X	DE 102008007667 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25 June 2009 (2009-06-25) paragraphs [0018] - [0022], [0028], [0032] - [0036]; figure 1	1,3-5,11-14
X	DE 102009021284 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0008] - [0015], [0019], [0020]; figure 1	1,3-5,11,13,14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>04 October 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 October 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Schmelz, Christian</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/064751

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 19744185 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 08 April 1999 (1999-04-08) paragraphs [0013], [0017], [0032]; figures 1-3	1,3-5,11-14
X	US 2009009306 A1 (MAGANE FUMIMASA [JP] ET AL) 08 January 2009 (2009-01-08) paragraphs [0044] - [0053], [0084], [0119]; figures 4, 8	1-3,5,9,11-14
X	DE 102013223416 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21 May 2015 (2015-05-21) paragraphs [0002], [0003], [0022], [0023]	1,3,6,11-14
X	DE 102013219680 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 12 June 2014 (2014-06-12) paragraphs [0020], [0021], [0028], [0036], [0037]; figures 1,2,9	1-3,6,10-14
X	DE 102009041557 A1 (DAIMLER AG [DE]) 17 June 2010 (2010-06-17) paragraphs [0025], [0029], [0030]; figures 1-5	1,5,7,11-14
X	DE 102016212792 B3 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 22 June 2017 (2017-06-22) paragraphs [0012], [0014], [0015], [0027] - [0031]; claim 1; figures 1,2	1-3,7,8,11-14
X	DE 102016208833 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 01 December 2016 (2016-12-01) paragraphs [0003], [0013], [0028], [0029]; figure 1	1,2,7,11-14
X	DE 102005061396 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 05 July 2007 (2007-07-05) paragraphs [0008] - [0011], [0016], [0020], [0022]	1-3,6,10-14
X	DE 102004038496 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 March 2006 (2006-03-16) paragraphs [0020] - [0023], [0044] - [0046]	1-3,6-8,10-14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/064751**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	19645339	A1	07 May 1998	DE	19645339	A1	07 May 1998
				DE	19655360	B4	09 December 2010
				DE	59702828	D1	01 February 2001
				EP	0935765	A1	18 August 1999
				ES	2153186	T3	16 February 2001
				US	6226226	B1	01 May 2001
				WO	9820364	A1	14 May 1998
DE	102016121565	A1	17 May 2018	NONE			
EP	3118648	A1	18 January 2017	CN	106104299	A	09 November 2016
				EP	3118648	A1	18 January 2017
				JP	2015172503	A	01 October 2015
				US	2016356883	A1	08 December 2016
				WO	2015136858	A1	17 September 2015
DE	102008007667	A1	25 June 2009	CN	101903797	A	01 December 2010
				DE	102008007667	A1	25 June 2009
				EP	2225585	A1	08 September 2010
				US	2010332078	A1	30 December 2010
				WO	2009083288	A1	09 July 2009
DE	102009021284	A1	18 November 2010	DE	102009021284	A1	18 November 2010
				GB	2470265	A	17 November 2010
				US	2010289660	A1	18 November 2010
DE	19744185	A1	08 April 1999	DE	19744185	A1	08 April 1999
				GB	2330201	A	14 April 1999
				US	6166995	A	26 December 2000
US	2009009306	A1	08 January 2009	CN	101339249	A	07 January 2009
				JP	2009014560	A	22 January 2009
				US	2009009306	A1	08 January 2009
DE	102013223416	A1	21 May 2015	CN	105723237	A	29 June 2016
				DE	102013223416	A1	21 May 2015
				EP	3069165	A1	21 September 2016
				WO	2015071021	A1	21 May 2015
DE	102013219680	A1	12 June 2014	CN	103713290	A	09 April 2014
				DE	102013219680	A1	12 June 2014
				RU	145961	U1	27 September 2014
DE	102009041557	A1	17 June 2010	CN	102498413	A	13 June 2012
				DE	102009041557	A1	17 June 2010
				EP	2478388	A1	25 July 2012
				JP	5762416	B2	12 August 2015
				JP	2013504473	A	07 February 2013
				US	2012191298	A1	26 July 2012
				WO	2011032646	A1	24 March 2011
DE	102016212792	B3	22 June 2017	NONE			
DE	102016208833	A1	01 December 2016	DE	102016208833	A1	01 December 2016
				US	2016347365	A1	01 December 2016
DE	102005061396	A1	05 July 2007	CN	101346641	A	14 January 2009
				DE	102005061396	A1	05 July 2007
				EP	1966628	A1	10 September 2008
				US	2009249878	A1	08 October 2009

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/064751**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
				WO	2007073990	A1	05 July 2007
DE	102004038496	A1	16 March 2006	DE	102004038496	A1	16 March 2006
				EP	1624319	A1	08 February 2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01S7/52 G01S7/527 G01S15/87 G01S15/93 G01S15/18 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, 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 196 45 339 A1 (TEVES GMBH ALFRED [DE]) 7. Mai 1998 (1998-05-07) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeilen 2-49 Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 14; Abbildung 2 Spalte 4, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 11; Abbildung 3 -----	1-7, 10-14
X	DE 10 2016 121565 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 17. Mai 2018 (2018-05-17) Absätze [0003], [0012], [0013], [0032], [0033], [0036] - [0043]; Abbildung 1 ----- -/--	1,5,6, 11-14
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	
4. Oktober 2019	16/10/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Schmelz, Christian	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 118 648 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 18. Januar 2017 (2017-01-18)  Absätze [0006], [0022] - [0026]; Abbildung 4  -----	1,3,4,6, 8,9, 11-14
X	DE 10 2008 007667 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25. Juni 2009 (2009-06-25) Absätze [0018] - [0022], [0028], [0032] - [0036]; Abbildung 1  -----	1,3-5, 11-14
X	DE 10 2009 021284 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 18. November 2010 (2010-11-18) Absätze [0008] - [0015], [0019], [0020]; Abbildung 1  -----	1,3-5, 11,13,14
X	DE 197 44 185 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8. April 1999 (1999-04-08) Absätze [0013], [0017], [0032]; Abbildungen 1-3  -----	1,3-5, 11-14
X	US 2009/009306 A1 (MAGANE FUMIMASA [JP] ET AL) 8. Januar 2009 (2009-01-08) Absätze [0044] - [0053], [0084], [0119]; Abbildungen 4, 8  -----	1-3,5,9, 11-14
X	DE 10 2013 223416 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Mai 2015 (2015-05-21) Absätze [0002], [0003], [0022], [0023]  -----	1,3,6, 11-14
X	DE 10 2013 219680 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 12. Juni 2014 (2014-06-12) Absätze [0020], [0021], [0028], [0036], [0037]; Abbildungen 1,2,9  -----	1-3,6, 10-14
X	DE 10 2009 041557 A1 (DAIMLER AG [DE]) 17. Juni 2010 (2010-06-17) Absätze [0025], [0029], [0030]; Abbildungen 1-5  -----	1,5,7, 11-14
X	DE 10 2016 212792 B3 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 22. Juni 2017 (2017-06-22) Absätze [0012], [0014], [0015], [0027] - [0031]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2  -----	1-3,7,8, 11-14
X	DE 10 2016 208833 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 1. Dezember 2016 (2016-12-01) Absätze [0003], [0013], [0028], [0029]; Abbildung 1  -----	1,2,7, 11-14
X	DE 10 2005 061396 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) Absätze [0008] - [0011], [0016], [0020], [0022]  -----	1-3,6, 10-14
	----- -/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2004 038496 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16. März 2006 (2006-03-16) Absätze [0020] - [0023], [0044] - [0046] -----	1-3,6-8, 10-14



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/064751

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19645339	A1	07-05-1998	DE 19645339 A1 07-05-1998
			DE 19655360 B4 09-12-2010
			DE 59702828 D1 01-02-2001
			EP 0935765 A1 18-08-1999
			ES 2153186 T3 16-02-2001
			US 6226226 B1 01-05-2001
			WO 9820364 A1 14-05-1998
-----			
DE 102016121565	A1	17-05-2018	KEINE
-----			
EP 3118648	A1	18-01-2017	CN 106104299 A 09-11-2016
			EP 3118648 A1 18-01-2017
			JP 2015172503 A 01-10-2015
			US 2016356883 A1 08-12-2016
			WO 2015136858 A1 17-09-2015
-----			
DE 102008007667	A1	25-06-2009	CN 101903797 A 01-12-2010
			DE 102008007667 A1 25-06-2009
			EP 2225585 A1 08-09-2010
			US 2010332078 A1 30-12-2010
			WO 2009083288 A1 09-07-2009
-----			
DE 102009021284	A1	18-11-2010	DE 102009021284 A1 18-11-2010
			GB 2470265 A 17-11-2010
			US 2010289660 A1 18-11-2010
-----			
DE 19744185	A1	08-04-1999	DE 19744185 A1 08-04-1999
			GB 2330201 A 14-04-1999
			US 6166995 A 26-12-2000
-----			
US 2009009306	A1	08-01-2009	CN 101339249 A 07-01-2009
			JP 2009014560 A 22-01-2009
			US 2009009306 A1 08-01-2009
-----			
DE 102013223416	A1	21-05-2015	CN 105723237 A 29-06-2016
			DE 102013223416 A1 21-05-2015
			EP 3069165 A1 21-09-2016
			WO 2015071021 A1 21-05-2015
-----			
DE 102013219680	A1	12-06-2014	CN 103713290 A 09-04-2014
			DE 102013219680 A1 12-06-2014
			RU 145961 U1 27-09-2014
-----			
DE 102009041557	A1	17-06-2010	CN 102498413 A 13-06-2012
			DE 102009041557 A1 17-06-2010
			EP 2478388 A1 25-07-2012
			JP 5762416 B2 12-08-2015
			JP 2013504473 A 07-02-2013
			US 2012191298 A1 26-07-2012
			WO 2011032646 A1 24-03-2011
-----			
DE 102016212792	B3	22-06-2017	KEINE
-----			
DE 102016208833	A1	01-12-2016	DE 102016208833 A1 01-12-2016
			US 2016347365 A1 01-12-2016
-----			
DE 102005061396	A1	05-07-2007	CN 101346641 A 14-01-2009
			DE 102005061396 A1 05-07-2007

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/064751

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		EP 1966628 A1	10-09-2008
		US 2009249878 A1	08-10-2009
		WO 2007073990 A1	05-07-2007
-----			
DE 102004038496 A1	16-03-2006	DE 102004038496 A1	16-03-2006
		EP 1624319 A1	08-02-2006
-----			