(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
1. Juni 2017 (01.06.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/089149 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
*G01S 15/93* (2006.01) *G01S 13/524* (2006.01)
*G01S 17/93* (2006.01) *G01S 15/52* (2006.01)
*G01S 13/93* (2006.01) *G01S 13/86* (2006.01)
*G01S 17/50* (2006.01) *G01S 7/52* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/077408

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. November 2016 (11.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 120 520.3
26. November 2015 (26.11.2015) DE

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

(72) Erfinder: **AFRASIABI, Hamid Vayghan**; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **KRUEGER, Moritz**; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). **ZIMLAIEV, Aydar**; 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, JP, KE, KG, 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, 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,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: METHOD FOR DETECTING TARGET OBJECTS IN AN AREA SURROUNDING A MOTOR VEHICLE BY MEANS OF A DISTANCE/SPEED MATRIX

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ERFASSEN VON ZIELOBJEKTEN IN EINEM UMGEBUNGSBEREICH EINES KRAFTFAHRZEUGS MITTELS EINER ABSTANDS-GESCHWINDIGKEITS-MATRIX

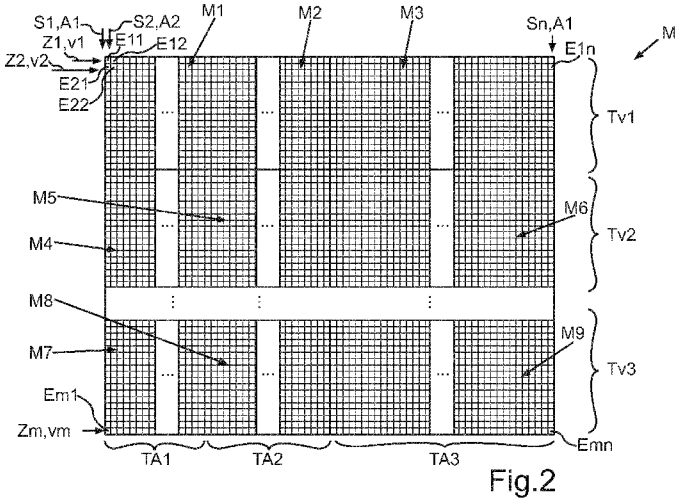



Fig.2

(57) Abstract: The invention relates to a method for classifying echo signals (10) which are captured by a sensor device (4) and characterize a distance (A) between a target object (8) and the sensor device (4) and a speed (v) of the target object (8). In the method, the echo signals (10) received by a computing device (3) are each assigned to a discrete distance value (A1, A2, An) and to a discrete speed value (v1, v2, vm), respective elements (E11 to Emn) are determined for a matrix (M), the columns (S1, S2, Sn) of which are each assigned a discrete distance value (A1, A2, An) and the rows (Z1, Z2, Zm) of which are each assigned a discrete speed value (v1, v2, vm), on the basis of the echo signals (10), and the echo signals (10) are classified on the basis of a comparison of the elements (E11 to Emn) with threshold values which correspond to a predetermined constant false alarm rate. The matrix (M) is subdivided into at least two partial matrices (M1 to M9), each of which is assigned a predetermined subset (TA1, TA2, TA3) of at least two discrete distance values (A1, A2, An) from the matrix (M). A specific threshold value corresponding to the

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

WO 2017/089149 A1

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)*

predetermined constant false alarm rate is determined for each of the partial matrices (M1 to M9) in each case. The invention also relates to a computing device (3), to a driver assistance system (2) and to a motor vehicle (1).

**(57) Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klassifizieren von durch eine Sensoreinrichtung (4) erfassten Echosignalen (10), welche einen Abstand (A) eines Zielobjektes (8) zu der Sensoreinrichtung (4) sowie eine Geschwindigkeit (v) des Zielobjektes (8) charakterisieren. Bei dem Verfahren werden die von einer Recheneinrichtung (3) empfangenen Echosignale (10) jeweils einem diskreten Abstandswert (A1, A2, An) und einem diskreten Geschwindigkeitswert (v1, v2, vm) zugeordnet, anhand der Echosignale (10) jeweilige Elemente (E11 bis Emn) für eine Matrix (M), deren Spalten (S1, S2, Sn) jeweils ein diskreter Abstandswert (A1, A2, An) und deren Zeilen (Z1, Z2, Zm) jeweils ein diskreter Geschwindigkeitswert (v1, v2, vm) zugeordnet ist, bestimmt und die Echosignale (10) anhand eines Vergleiches der Elemente (E11 bis Emn) mit Schwellwerten, welche zu einer vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondieren, klassifiziert. Die Matrix (M) wird in zumindest zwei Teilmatrizen (M1 bis M9) unterteilt, von welchen jeder eine vorbestimmte Teilmenge (TA1, TA2, TA3) von zumindest zwei diskreten Abstandswerten (A1, A2, An) der Matrix (M) zugeordnet wird. Für jede der Teilmatrizen (M1 bis M9) wird jeweils ein spezifischer, zu der vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondierender Schwellwert bestimmt. Die Erfindung betrifft außerdem eine Recheneinrichtung (3), ein Fahrerassistenzsystem (2) sowie ein Kraftfahrzeug (1).

# VERFAHREN ZUM ERFASSEN VON ZIELOBJEKTEN IN EINEM UMGEBUNGSBEREICH EINES KRAFTFAHRZEUGS MITTELS EINER ABSTANDS-GESCHWINDIGKEITS-MATRIX

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klassifizieren von Echosignalanteilen eines durch eine fahrzeugseitige Sensoreinrichtung erfassten Echosignals, welches einen Abstand eines Zielobjektes in einem Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeugs zu der Sensoreinrichtung sowie eine Geschwindigkeit des Zielobjektes charakterisiert, wobei bei dem Verfahren die Echosignalanteile des von einer Recheneinrichtung empfangenen Echosignals jeweils einem diskreten Abstandswert und einem diskreten Geschwindigkeitswert zugeordnet werden, anhand der Echosignalanteile jeweilige Elemente für eine Matrix, deren Spalten jeweils ein diskreter Abstandswert und deren Zeilen jeweils ein diskreter Geschwindigkeitswert zugeordnet ist, bestimmt werden und die Echosignalanteile anhand eines Vergleiches der den jeweiligen Echosignalanteilen zugeordneten Elemente der Matrix mit Schwellwerten, welche zu einer vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondieren, klassifiziert werden. Die Erfindung betrifft außerdem eine Recheneinrichtung, ein Fahrerassistenzsystem sowie ein Kraftfahrzeug.

Das Interesse richtet sich vorliegend auf Sensoreinrichtungen für Kraftfahrzeuge, welche insbesondere einen Radarsensor, einen Ultraschallsensor oder einen Laserscanner umfassen. Diese Sensoreinrichtungen können beispielsweise verteilt am Kraftfahrzeug angeordnet sein und dazu dienen, ein Zielobjekt in einem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs zu erfassen beziehungsweise zu erkennen. Mit den Sensoreinrichtungen können insbesondere ein Abstand zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Zielobjekt sowie eine Geschwindigkeit des Zielobjektes detektiert werden. Dazu arbeiten die Sensoreinrichtungen üblicherweise nach dem Echolotprinzip. Das heißt, die Sensoreinrichtungen senden ein Sendesignal aus, welches von dem Zielobjekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs reflektiert wird. Das reflektierte Sendesignal wird dann als Echosignal wieder von der Sensoreinrichtung empfangen. Anhand einer Laufzeit zwischen dem Aussenden des Sendesignals und dem Empfangen des Echosignals kann der Abstand zwischen der Sensoreinrichtung und dem Zielobjekt ermittelt werden. Anhand einer Doppler-Verschiebung kann die Geschwindigkeit des Zielobjektes bestimmt werden. Das Echosignal wird in seine Echosignalanteile zerlegt. Dazu kann das Echosignal beispielsweise einer zweimaligen Fourier-Transformation, nämlich der 2D FFT (Fast Fourier Transform), unterzogen werden, sodass für jede Frequenz beziehungsweise für jedes Frequenzintervall eines Frequenzspektrums des Echosignals ein Wert, insbesondere ein Leistungswert, bestimmt wird. Außerdem werden den

Echosignalanteilen des Echosignals jeweils ein Abstandswert und ein Geschwindigkeitswert zugeordnet. Die Werte der Echosignalanteile können dann in eine Matrix, eine sogenannte Range-Doppler-Matrix, eingetragen werden, deren Spalten jeweils ein Abstandswert und deren Zeilen jeweils ein Geschwindigkeitswert zugeordnet ist. Eine solche Matrix kann beispielsweise über 30.000 Einträge aufweisen, wobei jeder Eintrag einem Echosignalanteil entspricht, dessen Abstandswert über die Spalte des Eintrags und dessen Geschwindigkeitswert über die Zeile des Eintrags bestimmt ist.

Die Sensoreinrichtungen werden insbesondere im Zusammenhang mit Fahrerassistenzsystemen eingesetzt, welche einen Fahrer des Kraftfahrzeugs beim Führen des Kraftfahrzeugs unterstützen. Solche Fahrerassistenzsysteme können beispielsweise Einparkhilfen, Totwinkel-Assistenten, Abstandsregeltempomaten oder automatische Türöffner sein. Um eine Zuverlässigkeit der Sensoreinrichtungen zu gewährleisten, müssen die einzelnen Echosignalanteile im empfangenen Echosignal klassifiziert werden. Anders ausgedrückt soll bewertet werden, ob die Echosignalanteile Zielechos sind, also Echosignalanteile, welche von einer tatsächlichen Reflexion an dem Zielobjekt stammen, oder ob es sich bei den Echosignalanteilen um Störsignalanteile, beispielsweise Rauschanteile, handelt. Zielechos sind in der Regel durch Spitzen im Empfangsspektrum gegenüber dem Rauschen repräsentiert. Durch Vorgeben von Schwellwerten, mit welchen die Leistungswerte der Echosignalanteile verglichen werden, können diese Spitzen extrahiert werden, falls die Leistungswerte den Schwellwert überschreiten. Die zugehörigen Echosignalanteile können als Zielechos klassifiziert werden. Alle Echosignalanteile unterhalb des Schwellwertes werden als Rauschanteile klassifiziert. Dabei kann es jedoch vorkommen, dass Amplituden von Rauschanteilen ebenfalls den Schwellwert überschreiten und daher fälschlicherweise als Zielechos klassifiziert werden. Basierend auf diesen Störsignalanteilen wird ein „falsches Ziel“ detektiert und daraufhin ein Falschalarm ausgelöst. Die durchschnittliche Anzahl an „falschen Zielen“, die in einer bestimmten Zeit durch die Sensoreinrichtung feststellbar sind, wird anhand der Falschalarmrate quantifiziert, welche ein Bewertungsmaß für die Sensoreinrichtung beschreibt.

Da die Echosignalanteile abhängig von Umgebungsbedingungen, beispielweise von dem Abstand des Zielobjektes, sind, werden die Schwellwerte an die Umgebungsbedingungen angepasst, sodass für jedes Element der Matrix, also beispielsweise für jeden Abstandswert und jeden Geschwindigkeitswert, ein eigener Schwellwert vorgegeben wird und sich somit eine konstante Falschalarmrate, in Abkürzung CFAR (constant false alarm rate) einstellt. Dies ist beispielsweise in der US 2007/02119 A1 gezeigt. Daraus ergibt

sich jedoch der Nachteil, dass bei beispielsweise über 30.000 Matrixeinträgen auch über 30.000 Schwellwerte bestimmt und abgespeichert werden müssen. Dadurch weist die Klassifizierung der Echosignale einen hohen Rechenaufwand zum Bestimmen der Schwellwerte und einen hohen Speicherbedarf für die Schwellwerte auf.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Echosignale besonders einfach, aufwandsarm und schnell klassifizieren zu können.

Diese Erfindung wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren, eine Recheneinrichtung, ein Fahrerassistenzsystem sowie ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung und der Figuren.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Klassifizieren von Echosignalanteilen eines durch eine fahrzeugseitige Sensoreinrichtung erfassten Echosignals, welches einen Abstand eines Zielobjektes in einem Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeugs zu der Sensoreinrichtung sowie eine Geschwindigkeit des Zielobjektes charakterisiert. Bei dem Verfahren werden die Echosignalanteile des von einer Recheneinrichtung empfangenen Echosignals jeweils einem diskreten Abstandswert und einem diskreten Geschwindigkeitswert zugeordnet, anhand der Echosignalanteile jeweilige Elemente für eine Matrix, deren Spalten jeweils ein diskreter Abstandswert und deren Zeilen jeweils ein diskreter Geschwindigkeitswert zugeordnet ist, bestimmt und die Echosignalanteile anhand eines Vergleiches der den jeweiligen Echosignalanteilen zugeordneten Elemente der Matrix mit Schwellwerten, welche zu einer vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondieren, klassifiziert. Darüber hinaus wird die Matrix in zumindest zwei Teilmatrizen unterteilt, wobei jeder der Teilmatrizen eine vorbestimmte Abstandswert-Teilmenge von zumindest zwei diskreten Abstandswerten der Matrix zugeordnet wird, und für jede der Teilmatrizen jeweils ein spezifischer, zu der vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondierender Schwellwert bestimmt.

Das Verfahren betrifft den Betrieb einer Sensoreinrichtung eines Kraftfahrzeugs. Die Sensoreinrichtung kann verteilt am Kraftfahrzeug, beispielsweise an einem Stoßfänger des Kraftfahrzeugs, angeordnet sein. Mit der Sensoreinrichtung kann ein Zielobjekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs detektiert werden. Insbesondere können mit der Sensoreinrichtung ein Abstand zwischen der Sensoreinrichtung und dem Zielobjekt sowie eine Geschwindigkeit des Zielobjekts bestimmt werden. Die Sensoreinrichtung kann beispielsweise einen Radarsensor und/oder einen Ultraschallsensor und/oder einen

Laserscanner aufweisen. Die Sensoreinrichtung kann ein Sendesignal aussenden, welches an dem Zielobjekt im Umgebungsbereich reflektiert wird. Das reflektierte Sendesignal wird von der Sensoreinrichtung wieder als Echosignal empfangen. Die Sensoreinrichtung kann auch in mehreren, insbesondere zeitlich aufeinanderfolgenden, Messzyklen betrieben werden. Dabei wird in jedem der Messzyklen jeweils ein Sendesignal ausgesendet, dieses Sendesignal an dem Zielobjekt reflektiert, und das reflektierte Sendesignal wird von der Sensoreinrichtung wieder als Echosignal empfangen. Anhand der Laufzeit zwischen dem Aussenden des Sendesignals und dem Empfang des Echosignals kann der Abstand zwischen der Sensoreinrichtung und dem Objekt bestimmt werden. Außerdem kann anhand einer Doppler-Verschiebung des Echosignals, also anhand einer Frequenzverschiebung, die Geschwindigkeit des Zielobjektes bestimmt werden.

Dazu wird das Echosignal in Echosignalanteile zerlegt, indem das Echosignal beispielsweise der zweidimensionalen Fourier-Transformation, nämlich der 2D FFT (Fast Fourier Transformation), unterzogen wird und für eine Vielzahl von Frequenzwerten (oder von kleinen Frequenzintervallen) Leistungswerte des Echosignal bestimmt werden. Diese Leistungswerte sind auch unter der Bezeichnung „FFT-Bin“ beziehungsweise „Frequenzbin“ bekannt. Die FFT liefert also eine Vielzahl von Frequenzbins, welche jeweils einen Signalwert für einen bestimmten Frequenzbereich beziehungsweise einen bestimmten Frequenzwert repräsentieren. Die einzelnen Echosignalanteile, also die Leistungswerte, werden mittels der Recheneinrichtung einem diskreten Abstandswert, einem sogenannten „Range-Bin“, und einem diskreten Geschwindigkeitswert, einem sogenannten „Doppler-Bin“ zugeordnet. Die Signalwerte jedes Echosignalanteils werden in die Matrix eingetragen. Die Matrix stellt ein sogenanntes Range-Doppler-Spektrum dar, bei welchem entlang einer ersten Richtung die Abstandswerte aufgetragen sind und entlang einer zweiten Richtung die Doppler-Werte aufgetragen sind. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass jeder Spalte der Matrix, der sogenannten Range-Doppler-Matrix, jeweils ein diskreter Abstandswert zugeordnet ist und jeder Zeile jeweils ein diskreter Geschwindigkeitswert zugeordnet ist. Natürlich kann die Matrix auch transponiert werden, sodass jeder Spalte ein Geschwindigkeitswert und jeder Zeile ein Abstandswert zugeordnet wird.

Insbesondere sind die Abstandswerte mit zunehmender Spaltennummer beziehungsweise mit zunehmendem Spaltenindex aufsteigend sortiert und die Geschwindigkeitswerte mit zunehmender Zeilennummer beziehungsweise mit zunehmendem Zeilenindex aufsteigend sortiert. Eine Dimensionalität der Matrix entspricht

dabei der Anzahl an Zeilen multipliziert mit der Anzahl an Spalten, also einer Anzahl an Geschwindigkeitswerten multipliziert mit einer Anzahl an Abstandswerten. Die Signalwerte der Echosignalanteile werden dabei in diejenige Spalte der Matrix eingetragen, welcher der diskrete Abstandswert des Echosignalanteils zugeordnet ist, und in die diejenige Zeile eingetragen, welcher der diskrete Geschwindigkeitswert des Echosignalanteils zugeordnet ist. Der zu dem Echosignalanteil gehörige, in die Matrix eingetragene Wert bildet dabei ein Element beziehungsweise einen Eintrag der Matrix aus. Somit kann jeder Eintrag beziehungsweise jedes Element der Matrix und damit jeder Echosignalanteil über die entsprechende Zeile des Eintrages, also den Zeilenindex, sowie die entsprechende Spalte des Eintrages, also den Spaltenindex, dem jeweiligen Geschwindigkeitswert sowie dem jeweiligen Abstandswert zugeordnet werden.

Um nun die Echosignalanteile zu klassifizieren, also um zu bestimmen, ob ein Echosignalanteil einem Zielecho oder einem Störsignal entspricht, wird eine sogenannte CFAR-Detektion (CFAR- constant false alarm rate) durchgeführt. Die Einträge der Matrix werden von der fahrzeugseitigen Recheneinrichtung mit Schwellwerten verglichen, durch welche eine vorbestimme konstante Falschalarmrate, CFAR, eingestellt beziehungsweise vorgegeben wird. Die eingangs beschriebene konstante Falschalarmrate beschreibt die durchschnittliche Anzahl der „falschen Ziele“, die in einer bestimmten Zeit von der Sensoreinrichtung feststellbar sind. Solche falschen Ziele, welche einen Falschalarm auslösen können, können beispielsweise Rauschanteile im Echosignal sein. Falls die Rauschanteile eine Amplitude aufweisen, welche einen vorgegebenen Amplitudenwert überschreiten, so werden diese fälschlicherweise als Ziele, also als Zielobjekte in dem Umgebungsbereich, detektiert. Dieser vorgegebene Amplitudenwert entspricht dem Schwellwert und charakterisiert damit die Falschalarmrate. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass der Leistungswert beziehungsweise der Schwellwert so vorgegeben wird, dass sich die vorbestimmte Falschalarmrate einstellt. Da das Echosignal abhängig von Umgebungsbedingungen ist, werden die Schwellwerte in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen vorgegeben, sodass sich die vorbestimmte konstante Falschalarmrate einstellt.

Um nun den Rechenaufwand zur Bestimmung der Schwellwerte sowie einen Speicherplatzbedarf der Schwellwerte, welche beispielsweise auf einer fahrzeugseitigen Speichereinrichtung abgelegt werden, zu reduzieren, wird die Matrix in die zumindest zwei Teilmatrizen unterteilt und für jede der Teilmatrizen ein teilmatrixspezifischer Schwellwert bestimmt. Das Range-Doppler-Spektrum wird dabei entlang der Abstandsrichtung in die Teilmatrizen unterteilt. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass eine vorbestimmte Anzahl

an Abstandswerten der Matrix gruppiert beziehungsweise zusammengefasst wird und die gruppierten Abstandswerte damit eine Abstandswert-Teilmenge ausbilden. Jede Abstandswert-Teilmenge mit den zumindest zwei Abstandswerten wird einer Teilmatrix zugewiesen, sodass jede Teilmatrix zumindest zwei Spalten aufweist. Dies bedeutet, dass zumindest zwei benachbarte Spalten der Matrix zu einer Teilmatrix zusammengefasst werden. Jeder Teilmatrix ist somit ein vorbestimmter Anteil an Echosignalanteilen, also zumindest zwei Echosignalanteile, zugeordnet. Jede der Teilmatrizen weist dabei zumindest zwei Einträge auf. Jeder Echosignalanteil ist also basierend auf seinem Abstandswert einer der Teilmatrizen zugeordnet. Dies bedeutet, dass in jeder Teilmatrix zumindest zwei Amplitudenwerte eingetragen sind, welche von unterschiedlichen Echosignalanteilen stammen, wobei sich die Echosignalanteile in ihrem zugeordneten Abstandswert unterscheiden. Eine Teilmatrix weist dabei eine gegenüber der Matrix reduzierte Anzahl an Spalten auf. Somit weist jede Teilmatrix eine gegenüber der Range-Doppler-Matrix reduzierte Dimensionalität auf.

Alle Signalwerte der Echosignalanteile einer Teilmatrix werden nun mit dem gleichen, teilmatrixspezifischen Schwellwert verglichen. Es wird also für eine Gruppe von Echosignalanteilen, also für jede Abstandswert-Teilmenge, nur ein Schwellwert vorgegeben. Es wird also nicht mehr für alle Einträge der Range-Doppler-Matrix ein Schwellwert bestimmt und hinterlegt, sondern nur noch für jede Teilmatrix. Die Schwellwerte werden dabei insbesondere so bestimmt, dass tatsächliche Ziele mit einer hohen Wahrscheinlichkeit detektiert, also entdeckt, werden, und die Falschalarmrate dennoch gering ist. Die vorbestimmte konstante Falschalarmrate kann beispielsweise $10^{-3}$ betragen. Wenn der Signalwert eines Echosignalanteils einer Teilmatrix den teilmatrixspezifischen Schwellwert unterschreitet, so wird der Echosignalanteil als Rauschanteil klassifiziert. Wenn der Signalwert eines Echosignalanteils einer Teilmatrix den teilmatrixspezifischen Schwellwert überschreitet, so wird das Echosignal als von einem tatsächlichen Zielobjekt stammend, also als ein Zielecho, klassifiziert. Die Abstandswerte und Geschwindigkeitswerte der als von einem tatsächlichen Zielobjekt stammend klassifizierten Echosignale können einem Fahrerassistenzsystem, beispielsweise einer Einparkhilfe, einem Totwinkel-Assistenten, einem Abstandsregeltempomaten oder einem automatischen Türöffner bereitgestellt werden.

Durch das Vorgegeben der Teilmatrizen reduziert sich eine Anzahl an zu bestimmenden und zu hinterlegenden Schwellwerten in vorteilhafter Weise auf eine Anzahl an Teilmatrizen. Somit kann der Speicherbedarf in vorteilhafter Weise verringert werden.

Außerdem wird ein Rechenaufwand zur Bestimmung der Schwellwerte in vorteilhafter Weise deutlich reduziert.

In einer Ausführungsform werden zumindest drei Abstandswert-Teilmengen mit Abstandswerten, insbesondere vierundzwanzig Abstandswert-Teilmengen, vorgegeben, wobei Spalten einer ersten Teilmatrix die Abstandswerte einer ersten Abstandswert-Teilmenge zugeordnet werden, Spalten einer zweiten Teilmatrix die Abstandswerte einer zweiten Abstandswert-Teilmenge zugeordnet werden und Spalten zumindest einer dritten Teilmatrix die Abstandswerte zumindest einer dritten Abstandswert-Teilmenge zugeordnet werden und wobei die erste Abstandswert-Teilmenge einen Nahbereich im Umgebungsbereich ausgehend von der Sensoreinrichtung charakterisiert, die zweite Abstandswert-Teilmenge einen Zwischenbereich in dem Umgebungsbereich ausgehend von der Sensoreinrichtung charakterisiert und die zumindest eine dritte Abstandswert-Teilmenge einen Fernbereich im Umgebungsbereich ausgehend von der Sensoreinrichtung charakterisiert. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass das Range-Doppler-Spektrum entlang der Abstandsrichtung in zumindest drei Teilspektren unterteilt wird. Den Spalten jeder Teilmatrix ist dabei jeweils eine Abstandswert-Teilmenge mit jeweils zusammenhängenden, insbesondere aufsteigend sortierten Abstandswerten zugeordnet, sodass die Echosignalanteile nach Abstandswerten gruppiert sind. Jeder Teilmatrix, also jeder Abstandswert-Teilmenge ist dabei ein Schwellwert zugeordnet. Dabei erfolgt die Gruppierung derart, dass sich für alle Echosignal der Teilmatrix nach Vergleich des Signalwerts mit dem Schwellwert in etwa die gleiche konstante Falschalarmrate einstellt. Es wird dabei für den Nahbereich ein erster spezifischer Schwellwert bestimmt, für den Zwischenbereich ein zweiter spezifischer Schwellwert bestimmt und für den Fernbereich ein dritter spezifischer Schwellwert bestimmt. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass gerade im Nahbereich der Sensoreinrichtung meist starke Störungen durch Festziele auftreten. Den Signalwerten wird dann zusätzlich noch der Rauschpegel überlagert, sodass bei einem konstanten Schwellwert die Wahrscheinlichkeit für einen Falschalarm im Nahbereich sehr viel höher als in großer Entfernung. Gleichzeitig ist bei diesem konstanten Schwellwert eine Entdeckungswahrscheinlichkeit in großer Entfernung sehr viel schlechter als im Nahbereich. Daher wird ein nahbereichspezifischer Schwellwert vorgegeben, sodass die Falschalarme dort besonders gut unterdrückt werden können. Außerdem wird ein fernbereichspezifischer Schwellwert vorgegeben, welcher beispielsweise niedriger ist als der nahbereichspezifische Schwellwert, sodass sich die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung von Zielobjekten im Fernbereich erhöht. Außerdem wird noch der zwischenbereichspezifische Schwellwert vorgegeben.

Vorzugsweise werden die zumindest drei Abstandswert-Teilmengen mit unterschiedlichen Anzahlen an Abstandswerten bestimmt, wobei der ersten Abstandswert-Teilmenge eine erste Anzahl an Abstandswerten zugeordnet wird, der zweiten Abstandswert-Teilmenge eine im Vergleich zur ersten Anzahl größere zweite Anzahl an Abstandswerten zugeordnet wird und der zumindest einen dritten Abstandswert-Teilmenge eine im Vergleich zur ersten Anzahl und zur zweiten Anzahl größere dritte Anzahl an Abstandswerten zugeordnet wird. Insbesondere werden der ersten Abstandswert-Teilmenge vier Abstandswerte als die erste Anzahl zugeordnet und/oder der zweiten Abstandswert-Teilmenge acht Abstandswerte als die zweite Anzahl zugeordnet und/oder der zumindest einen dritten Abstandswert-Teilmenge sechzehn Abstandswerte als die dritte Zahl zugeordnet. Dies bedeutet, dass die Teilmatrizen unterschiedliche Dimensionalitäten aufweisen. Bei gleicher Anzahl an Geschwindigkeitswerten pro Teilmatrix weist die zweite Teilmatrix eine im Vergleich zur dritten Teilmatrix geringere Dimensionalität auf und die erste Teilmatrix eine im Vergleich zur zweiten und dritten Teilmatrix geringere Dimensionalität auf. Durch die geringere Anzahl an Abstandswerten im Nahbereich können Echosignalanteile in diesem Nahbereich besonders zuverlässig mit einer hohen Präzision klassifiziert werden. In diesem Nahbereich müssen Zielobjekte nämlich besonders zuverlässig erkannt werden, sodass Assistenzfunktionen des Fahrerassistenzsystems korrekt ausgeführt werden können. Dabei kann die erste Abstandswert-Teilmenge Abstandswerte von 0 Meter bis 10 Meter zwischen dem Zielobjekt und der Sensoreinrichtung umfassen und/oder die zweite Abstandswert-Teilmenge Abstandswerte ab 10 Meter bis 60 Meter zwischen dem Zielobjekt und der Sensoreinrichtung umfassen und/oder die zumindest eine dritte Abstandswert-Teilmenge Abstandswerte ab 60 Meter zwischen dem Zielobjekt und der Sensoreinrichtung umfassen.

Vorzugsweise wird jeder Teilmatrix jeweils eine Geschwindigkeitswert-Teilmenge mit zumindest zwei diskreten Geschwindigkeitswerten zugeordnet. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass das Range-Doppler-Sepktrum zusätzlich in Doppler-Richtung beziehungsweise in Geschwindigkeitsrichtung unterteilt wird. Dabei weist jede Teilmatrix zumindest zwei Zeilen auf, wobei jeder Zeile jeweils ein Geschwindigkeitswert der Matrix zugeordnet wird. Die Anzahl an Zeilen einer Teilmatrix ist dabei geringer als die Anzahl an Zeilen der Matrix. Durch die Unterteilung in Abstandsrichtung und in Geschwindigkeitsrichtung weist jede Teilmatrix zumindest vier Einträge auf. Somit werden die Echosignalanteile basierend auf ihrem jeweiligen Geschwindigkeitswert und ihrem jeweiligen Abstandswert einer Teilmatrix zugeordnet. Dadurch ist jeder Schwellwert ein

geschwindigkeitsspezifischer und ein abstandsspezifischer Schwellwert. Damit kann auch eine Abhängigkeit des Echosignals von der Geschwindigkeit des Zielobjektes berücksichtigt werden.

Dabei werden vorzugsweise zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmengen mit Geschwindigkeitswerten, insbesondere acht Geschwindigkeitswert-Teilmengen, vorgegeben und Zeilen einer ersten Teilmatrix die Geschwindigkeitswerte einer ersten Geschwindigkeitswert-Teilmenge zugeordnet und Zeilen zumindest einer zweiten Teilmatrix die Geschwindigkeitswerte einer zweiten Geschwindigkeitswert-Teilmenge zugeordnet. Wenn die Matrix beispielsweise acht Geschwindigkeitswert-Teilmengen und vierundzwanzig Abstandswert-Teilmengen aufweist, so ergeben sich insgesamt 192 Teilmatrizen. Dies bedeutet, dass lediglich 192 Schwellwerte bestimmt und abgespeichert werden müssen. Würde nun für jeden Eintrag beziehungsweise jedes Element der Range-Doppler-Matrix ein Schwellwert bestimmt und abgespeichert, so wie es gemäß dem Stand der Technik der Fall ist, so müssten über 30.000 Schwellwerte bestimmt und abgespeichert werden. Dadurch ergibt sich eine Reduzierung der Anzahl an Schwellwerten um das 170-fache. Ein Speicherbedarf kann von einigen hundert Kilobytes, beispielsweise 128 Kilobytes, auf einige hundert Bytes, beispielsweise 768 Bytes, reduziert werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass die zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmengen jeweils mit der gleichen Anzahl an Geschwindigkeitswerten bestimmt werden. Anders ausgedrückt weisen die Geschwindigkeitswert-Teilmengen jeweils die gleiche Anzahl an Geschwindigkeitswerten auf. Insbesondere werden den zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmengen jeweils sechzehn Geschwindigkeitswerte zuegordnet. Somit kann das Range-Doppler-Spektrum entlang der Geschwindigkeitsrichtung besonders einfach und schnell unterteilt werden. Dabei umfasst die erste Geschwindigkeitswert-Teilmenge diejenigen Geschwindigkeitswerte, welche ein quasistatisches, insbesondere statisches, Zielobjekt charakterisieren. Somit können quasi(-statische) Zielobjekte, insbesondere im Nahbereich des Kraftfahrzeugs, besonders gut und zuverlässig als Hindernisse klassifiziert werden.

Eine erfindungsgemäße Recheneinrichtung für ein Fahrerassistenzsystem eines Kraftfahrzeugs ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt. Bei der Recheneinrichtung kann es sich beispielsweise um einen programmierbaren Rechner, wie etwa einen digitalen Signalprozessor, einen Mikrocontroller oder dergleichen handeln. Demgemäß kann ein Computerprogramm vorgesehen sein, das

beispielsweise auf einem Speichermedium abgelegt ist, wobei das Programm zum Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens programmiert ist, wenn es auf dem Rechnern ausgeführt wird. Insbesondere kann das Programm auf der Recheneinrichtung ausgeführt werden. Die Recheneinrichtung kann beispielsweise auch als ein fahrzeugseitiges Steuergerät ausgebildet sein.

Ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug umfasst eine erfindungsgemäße Recheneinrichtung sowie zumindest eine Sensoreinrichtung. Das Fahrerassistenzsystem kann beispielsweise eine Einparkhilfe, ein Totwinkel-Assistent, ein Abstandsregeltempomat oder ein automatischer Türöffner sein. Die zumindest eine Sensoreinrichtung weist bevorzugt einen Radarsensor und/oder einen Ultraschallsensor und/oder einen Laserscanner auf.

Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug umfasst ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere als Personenkraftwagen ausgebildet.

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

Mit Angaben „vorne“, „hinten“, „seitlich“, „rückwärtig“, etc. sind bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und bestimmungsgemäßem Anordnen der Sensoreinrichtung am Kraftfahrzeug und einem dann in eine Fahrzeuglängsrichtung des Kraftfahrzeugs blickenden Beobachter gegebenen Positionen und Orientierungen angegeben.

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 oder in Alleinstellung 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 abweichen.

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

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßes Kraftfahrzeugs; und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Matrix mit Teilmatrizen.

In den Figuren sind gleiche sowie funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Kraftfahrzeug 1 ist insbesondere als ein Personenkraftwagen ausgebildet. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst ferner ein Fahrerassistenzsystem 2, welches beispielsweise als ein Parkhilfesystem, ein Abstandsregeltempomat, ein Totwinkel-Assistent oder dergleichen ausgebildet sein kann. Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst eine Recheneinrichtung 3, welche beispielsweise durch ein fahrzeugseitiges Steuergerät ausgebildet sein kann. Außerdem umfasst das Fahrerassistenzsystem 2 zumindest eine Sensoreinrichtung 4, mittels welcher ein Zielobjekt 8 in einem Umgebungsbereich 7 des Kraftfahrzeugs 1 erfasst werden kann. Die Sensoreinrichtung 4 kann in einem Frontbereich 6 des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet sein und den Umgebungsbereich 7 vor dem Kraftfahrzeug 1 überwachen und/oder in einem Heckbereich 5 des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet sein und den Umgebungsbereich 7 hinter dem Kraftfahrzeug 1 überwachen. Die Sensoreinrichtungen 4 können beispielsweise Radarsensoren und/oder Ultraschallsensoren und/oder Laserscanner umfassen.

Hier weisen die Sensoreinrichtungen 4 Radarsensoren auf und sind in dem Heckbereich 5 des Kraftfahrzeugs 1, beispielsweise verdeckt hinter einem Stoßfänger des

Kraftfahrzeugs 1, angeordnet. So kann das Zielobjekt 8, welches hier in dem Umgebungsbereich 7 hinter dem Kraftfahrzeug 1 angeordnet ist, erfasst werden. Die als Radarsensor ausgebildete Sensoreinrichtung 4 ist dazu ausgelegt, ein Sendesignal 9 in Form von einer elektromagnetischen Welle auszusenden, welches von dem Zielobjekt 8 reflektiert wird. Das reflektierte Sendesignal 9, also die reflektierte elektromagnetische Welle, gelangt als Echosignal 10 wieder zu der Sensoreinrichtung 4. Anhand der Laufzeit des Sendesignals 9 und des Echosignals 10, also anhand der Zeitdauer zwischen Aussenden des Sendesignals 9 und Empfangen des Echosignals 10 kann ein Abstand A zwischen der Sensoreinrichtung 4 und dem Zielobjekt 8 bestimmt werden. Anhand einer Doppler-Verschiebung des Echosignals 10 kann eine Geschwindigkeit v des Zielobjektes 8 bestimmt werden.

Vorliegend soll das Zielobjekt 8 in dem Echosignal 10 identifiziert werden. Anders ausgedrückt sollen alle Echosignalanteile bestimmt werden, welche von Reflexionen des Sendesignals 9 an dem Zielobjekt 8 stammen, um somit den Abstand A und die Geschwindigkeit v des Zielobjektes 8 korrekt bestimmen zu können. Dazu werden die Echosignalanteile des Echosignals 10 klassifiziert. Die Echosignalanteile werden dabei als Zielechos, also von dem Zielobjekt 8 stammend, oder als Störanteile beziehungsweise Rauschanteile klassifiziert. Dabei soll verhindert werden, dass ein Störanteil im Echosignal 10 fälschlicherweise dem Zielobjekt 8, also einem „falschen Ziel“, zugeordnet wird. Dazu wird zunächst jeder Echosignalanteil nach zweidimensionaler Fourier-Transformation des Echosignals 10 einem diskreten Abstandswert A1, A2, An und einem diskreten Geschwindigkeitswert v1, v2, vm zugeordnet. Außerdem wird für jeden Echosignalanteil ein Signalwert, beispielsweise ein Amplitudenwert, bestimmt, welcher in eine Matrix M, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, eingetragen wird. Die Matrix M wird auch als Range-Doppler-Matrix bezeichnet. Die Matrix M weist n Spalten S1, S2, Sn und m Zeilen Z1, Z2, Zm auf. Jeder Spalte S1, S2, Sn ist ein diskreter Abstandswert A1, A2, An zugeordnet. Jeder Zeile Z1, Z2, Zm ist ein diskreter Geschwindigkeitswert v1, v2, vm zugeordnet.

Die Werte der Echosignalanteile werden nun in diejenige Spalte S1, S2, Sn und diejenige Zeile Z1, Z2, Zm eingetragen, welcher der diskrete Abstandswert A1, A2, An und der diskrete Geschwindigkeitswert v1, v2, vm zugeordnet ist. Der Wert jedes Echosignalanteils bildet also einen Eintrag E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn der Matrix M aus. Der Eintrag E11 der Matrix M beschreibt also den Echosignalanteil, welchem ein erster diskreter Abstandswert A1 und ein erster diskreter Geschwindigkeitswert v1 zugeordnet sind. Der Eintrag E12 beschreibt einen

Echosignalanteil, welchem ein zweiter diskreter Abstandswert A2 und der erste diskrete Geschwindigkeitswert v1 zugeordnet sind, usw. Die Matrix M weist eine Dimensionalität mxn aus, welche sich aus dem Produkt der Anzahl an Spalten S1, S2, Sn und der Anzahl an Zeilen Z1, Z2, Zm berechnet. Die Einträge E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn werden nun mit Schwellwerten verglichen, durch welche eine konstante Falschalarmrate, CFAR, vorgegeben ist. Wenn ein Wert eines Eintrages E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn den Schwellwert überschreitet, so wird der zugehörige Echosignalanteil als von dem Zielobjekt 8 stammend klassifiziert. Wenn der Wert eines Eintrages E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn den Schwellwert unterschreitet, so wird der zugehörige Echosignalanteil als Störanteil klassifiziert. Dabei kann es vorkommen, dass manche Werte, welche als von dem Zielobjekt 8 stammend klassifiziert wurden, tatsächlich überhaupt nicht von dem Zielobjekt 8 stammen, also sogenannte „falsche Ziele“ sind, und daher einen Falschalarm auslösen. Die Anzahl an diesen Falschalarm auslösenden Zielen wird durch die Falschalarmrate vorgegeben. Die Schwellwerte werden dabei so bestimmt beziehungsweise vorgegeben, dass die Falschalarmrate unabhängig von dem Abstand A des Zielobjektes 8 und der Geschwindigkeit v des Zielobjektes 8 einen konstanten Wert aufweist.

Um nun einen Rechenaufwand zur Bestimmung der Schwellwerte und einen Speicherplatz zum Abspeichern der Schwellwerte gering zu halten, wird die Matrix M in zumindest zwei Teilmatrizen M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9 zerlegt beziehungsweise unterteilt und für jede Teilmatrix M1 bis M9 ein spezifischer, die konstante Falschalarmrate einstellender Schwellwert bestimmt. Dabei wird jeder Teilmatrix M1 bis M9 eine Abstandswert-Teilmenge TA1, TA2, TA3 mit zumindest zwei Abstandswerten A1, A2, An zugeordnet. Jede Teilmatrix M1 bis M9 weist also zumindest zwei Spalten S1, S2, Sn auf. Damit weist jede Teilmatrix M1 bis M9 zumindest zwei Einträge E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn und eine gegenüber der Matrix M verringerte Dimensionalität auf. Hier wird jeder Teilmatrix M1 bis M9 außerdem jeweils eine Geschwindigkeitswert-Teilmenge Tv1, Tv2, Tv3 mit zumindest zwei Geschwindigkeitswerten v1, v2, vm zugewiesen. Jede Teilmatrix M1 bis M9 weist also außerdem zumindest zwei Zeilen Z1, Z2, Zm auf. In die jeweiligen Teilmatrizen M1 bis M9 werden diejenigen Echosignalanteile eingetragen, deren Abstandswerte A1, A2, An und Geschwindigkeitswerte v1, v2, vm den Spalten S1, S2, Sn und den Zeilen Z1, Z2, Zm der jeweiligen Teilmatrix M1 bis M9 zugeordnet sind. Hier sind in einer ersten Teilmatrix M1 alle Echosignalanteilen gruppiert, deren Abstandswerte A1, A2, An und Geschwindigkeitswerte v1, v2, vm in einer ersten Abstandswert-Teilmenge TA1 und einer ersten Geschwindigkeitswert-Teilmenge Tv1 liegen. In einer zweiten Teilmatrix M2 sind

alle Echosignalanteile gruppiert, deren Abstandswerte A1, A2, An und Geschwindigkeitswerte v1, v2, vm in einer zweiten Abstandswert-Teilmenge TA2 und der ersten Geschwindigkeitswert-Teilmenge Tv1 liegen. In einer dritten Teilmatrix M3 sind alle Echosignalanteile gruppiert, deren Abstandswerte A1, A2, An und deren Geschwindigkeitswerte v1, v2, vm in einer dritten Abstandswert-Teilmenge TA3 und der ersten Geschwindigkeitswert-Teilmenge Tv1 liegen. In einer vierten Teilmatrix M4 sind alle Echosignalanteile, gruppiert, deren Abstandswerte A1, A2, An und Geschwindigkeitswerte v1, v2, vm in der ersten Abstandswert-Teilmenge TA1 und einer zweiten Geschwindigkeitswert-Teilmenge Tv2 liegen, usw. Für jede dieser Teilmatrizen M1 bis M9 wird nun ein Schwellwert vorgegeben. Jedes Element E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn einer Teilmatrix M1 bis M9 wird nun nur mit dem für die Teilmatrix M1 bis M9 bestimmten Schwellwert verglichen. Jede Teilmatrix M1 bis M9 stellt dabei eine Zone beziehungsweise einen Bereich dar, deren Elemente E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn mit dem gleichen Schwellwert verglichen werden. Somit muss lediglich eine zu der Anzahl an Teilmatrizen M1 bis M9 korrespondierende Anzahl an Schwellwerten bestimmt und abgespeichert werden.

In der ersten Abstandswert-Teilmenge TA1 sind alle Abstandswerte A1, A2, An hinterlegt, durch welche ein Nahbereich in dem Umgebungsbereich 7 des Kraftfahrzeugs 1 charakterisiert ist. Die erste Abstandswert-Teilmenge TA1 kann beispielsweise Abstandswerte A1, A2, An aus einem Wertebereich von 0 m bis 10 m von Kraftfahrzeug 1 aus gesehen aufweisen. In der zweiten Abstandswert-Teilmenge TA2 sind alle Abstandswerte A1, A2, An hinterlegt, welche einen Zwischenbereich in dem Umgebungsbereich 7 charakterisieren. Die zweite Abstandswert-Teilmenge TA2 kann beispielsweise Abstandswerte A1, A2, An aus einem Wertebereich von 10 m bis 60 m von Kraftfahrzeug 1 aus gesehen aufweisen. In der dritten Abstandswert-Teilmenge TA3 sind alle Abstandswerte A1, A2, An hinterlegt, welche einen Fernbereich in dem Umgebungsbereich 7 charakterisieren. Die dritte Abstandswert-Teilmenge TA3 kann beispielsweise Abstandswerte A1, A2, An ab 60 m vom Kraftfahrzeug 1 aus gesehen aufweisen. Hier weisen die Abstandswert-Teilmenge TA1, TA2, TA3 außerdem unterschiedliche Anzahlen an Abstandswerten A1, A2, An auf. Die zu dem Nahbereich gehörige erste Abstandswert-Teilmenge TA1 weist weniger Abstandswerte A1, A2, An auf als die beiden anderen Abstandswert-Teilmengen TA2, TA3. Dadurch dass die erste Abstandswert-Teilmenge TA1 und damit die Teilmatrizen M1, M4, M4 für den Nahbereich, in welchem die Gefahr von Falschalarmen besonders hoch ist, eine geringere Anzahl an Abstandswerten A1, A2, An aufweisen, kann durch Bestimmen von nahbereichspezifischen Schwellwerten gewährleistet werden, dass die Falschalarmrate

im Nahbereich auf dem vorgegebenen, geringen Wert bleibt, sodass das Fahrerassistenzsystem 2 zuverlässig Assistenzfunktionen ausführen kann. Durch die fernbereichspezifischen Schwellwerte können Zielobjekte 8 im Fernbereich, in welchem eine Entdeckungswahrscheinlichkeit für Zielobjekte 8 geringer ist, besonders zuverlässig detektiert werden. Die Geschwindigkeitswert-Teilmengen Tv1, Tv2, Tv3 weisen hier die gleiche Anzahl an Geschwindigkeitswerten v1, v2, vm auf. Der erste Geschwindigkeitswertteilbereich Tv1 weist dabei Geschwindigkeiten v1, v2, vm auf, durch welche ein quasi-statisches beziehungsweise statisches Zielobjekt 8 charakterisiert wird.

.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klassifizieren von Echosignalanteilen eines durch eine fahrzeugseitige Sensoreinrichtung (4) erfassten Echosignals (10), welches einen Abstand (A) eines Zielobjektes (8) in einem Umgebungsbereich (7) eines Kraftfahrzeugs (1) zu der Sensoreinrichtung (4) sowie eine Geschwindigkeit (v) des Zielobjektes (8) charakterisiert, wobei bei dem Verfahren die Echosignalanteile des von einer Recheneinrichtung (3) empfangenen Echosignals (10) jeweils einem diskreten Abstandswert (A1, A2, An) und einem diskreten Geschwindigkeitswert (v1, v2, vm) zugeordnet werden, anhand der Echosignalanteile jeweilige Elemente (E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn) für eine Matrix (M), deren Spalten (S1, S2, Sn) jeweils ein diskreter Abstandswert (A1, A2, An) und deren Zeilen (Z1, Z2, Zm) jeweils ein diskreter Geschwindigkeitswert (v1, v2, vm) zugeordnet ist, bestimmt werden und die Echosignalanteile anhand eines Vergleiches der den jeweiligen Echosignalanteilen zugeordneten Elemente (E11, E12, E1n, E21, E22, Em1, Emn) der Matrix (M) mit Schwellwerten, welche zu einer vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondieren, klassifiziert werden,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Matrix (M) in zumindest zwei Teilmatrizen (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9) unterteilt wird, wobei jeder der Teilmatrizen (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9) jeweils eine vorbestimmte Abstandswert-Teilmenge (TA1, TA2, TA3) von zumindest zwei diskreten Abstandswerten (A1, A2, An) der Matrix (M) zugeordnet wird, und für jede der Teilmatrizen (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9) jeweils ein spezifischer, zu der vorbestimmten konstanten Falschalarmrate korrespondierender Schwellwert bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest drei Abstandswert-Teilmengen (TA1, TA2, TA3) mit Abstandswerten (A1, A2, An), insbesondere vierundzwanzig Abstandswert-Teilmengen (TA1, TA2, TA3), vorgegeben werden, und Spalten (S1, S2, Sn) einer ersten Teilmatrix (M1) die Abstandswerte (A1, A2, An) einer ersten Abstandswert-Teilmenge (TA1) zugeordnet werden, Spalten (S1, S2, Sn) einer zweiten Teilmatrix (M2) die Abstandswerte (A1, A2, An) einer zweiten Abstandswert-Teilmenge (TA2)

zugeordnet werden und Spalten (S1, S2, Sn) zumindest einer dritten Teilmatrix (M3) die Abstandswerte (A1, A2, An) zumindest einer dritten Abstandswert-Teilmenge (TA3) zugeordnet werden und wobei die erste Abstandswert-Teilmenge (TA1) einen Nahbereich im Umgebungsbereich (7) ausgehend von der Sensoreinrichtung (4) charakterisiert, die zweite Abstandswert-Teilmenge (TA2) einen Zwischenbereich im Umgebungsbereich (7) ausgehend von der Sensoreinrichtung (4) charakterisiert und die zumindest eine dritte Abstandswert-Teilmenge (TA3) einen Fernbereich im Umgebungsbereich (7) ausgehend von der Sensoreinrichtung (4) charakterisiert.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest drei Abstandswert-Teilmengen (TA1, TA2, TA3) mit unterschiedlichen Anzahlen an Abstandswerten (A1, A2, An) bestimmt werden, wobei der ersten Abstandswert-Teilmenge (TA1) eine erste Anzahl an Abstandswerten (A1, A2, An) zugeordnet wird, der zweiten Abstandswert-Teilmenge (TA2) eine im Vergleich zur ersten Anzahl größere zweite Anzahl an Abstandswerten (A1, A2, An) zugeordnet wird und der zumindest einen dritten Abstandswert-Teilmenge (TA3) eine im Vergleich zur ersten Anzahl und zur zweiten Anzahl größere dritte Anzahl an Abstandswerte (A1, A2, An) zugeordnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der ersten Abstandswert-Teilmenge (TA1) vier Abstandswerte (A1, A2, An) als die erste Anzahl zugeordnet werden und/oder der zweiten Abstandswert-Teilmenge (TA2) acht Abstandswerte (A1, A2, An) als die zweite Anzahl zugeordnet werden und/oder der zumindest einen dritten Abstandswert-Teilmenge (TA3) sechzehn Abstandswerte (A1, A2, An) als die dritte Anzahl zugeordnet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der ersten Abstandswert-Teilmenge (TA1) Abstandswerte (A1, A2, An) von 0 m bis 10 m zwischen dem Zielobjekt (8) und der Sensoreinrichtung (4) zugeordnet werden und/oder der zweiten Abstandswert-Teilmenge (TA2) Abstandswerte (A1, A2, An) ab 10 m bis 60 m zwischen dem Zielobjekt (8) und der Sensoreinrichtung (4) zugeordnet werden und/oder der zumindest einen dritten Abstandswert-Teilmenge

(TA3) Abstandswerte (A1, A2, An) ab 60 m zwischen dem Zielobjekt (8) und der Sensoreinrichtung (4) zugeordnet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeder der Teilmatrizen (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9) eine vorbestimmte Geschwindigkeitswert-Teilmenge (Tv1, Tv2, Tv3) von zumindest zwei diskreten Geschwindigkeitswerten (v1, v2, vm) der Matrix (M) zugeordnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmengen (Tv1, Tv2, Tv3) mit Geschwindigkeitswerten (v1, v2, vm), insbesondere acht Geschwindigkeitswert-Teilmengen (Tv1, Tv2, Tv3), vorgegeben werden, und Zeilen (Z1, Z2, Zm) einer ersten Teilmatrix (M1) die Geschwindigkeitswerte (v1, v2, vm) einer ersten Geschwindigkeitswert-Teilmenge (Tv1) zugeordnet werden und Zeilen (Z1, Z2, Zm) zumindest einer zweiten Teilmatrix (M4) die Geschwindigkeitswerte (v1, v2, vm) einer zweiten Geschwindigkeitswert-Teilmenge (Tv2) zugeordnet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmengen (Tv1, Tv2, Tv3) mit der gleichen Anzahl an Geschwindigkeitswerten (v1, v2, vm) bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest zwei Geschwindigkeitswert-Teilmenge (Tv1, Tv2, Tv3) mit jeweils sechzehn Geschwindigkeitswerten (v1, v2, vm) bestimmt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
für die erste Geschwindigkeitswert-Teilmenge (Tv1) Geschwindigkeitswerte (v1, v2, vm) vorgegeben werden, welche ein quasistatisches, insbesondere statisches, Zielobjekt (8) charakterisieren.

11. Recheneinrichtung (3) für ein Fahrerassistenzsystem (2) eines Kraftfahrzeugs (1), welche dazu ausgelegt ist, ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

12. Fahrerassistenzsystem (2) für ein Kraftfahrzeug (1) mit einer Recheneinrichtung (3) nach Anspruch 11 und mit zumindest einer Sensoreinrichtung (4).

13. Fahrerassistenzsystem (2) nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest eine Sensoreinrichtung (4) einen Radarsensor und/oder einen Ultraschallsensor und/oder einen Laserscanner aufweist.

14. Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrerassistenzsystem (2) nach Anspruch 12 oder 13.

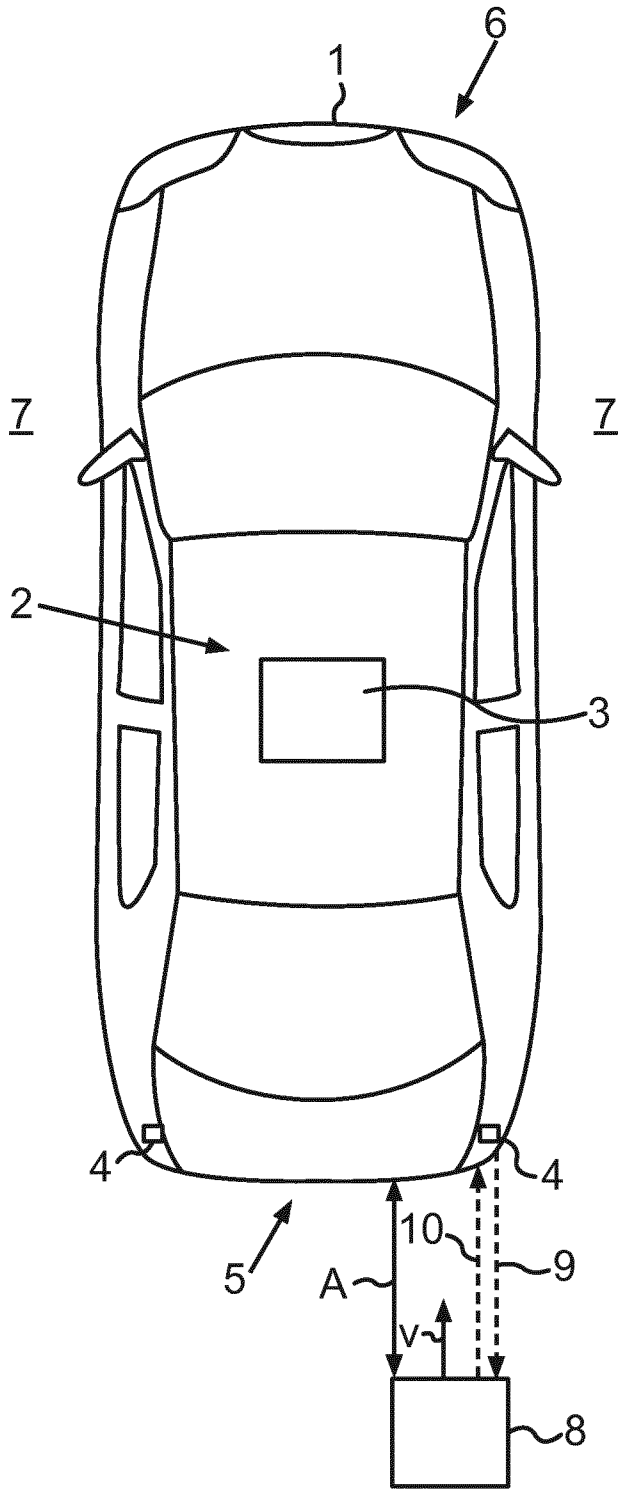



Fig.1

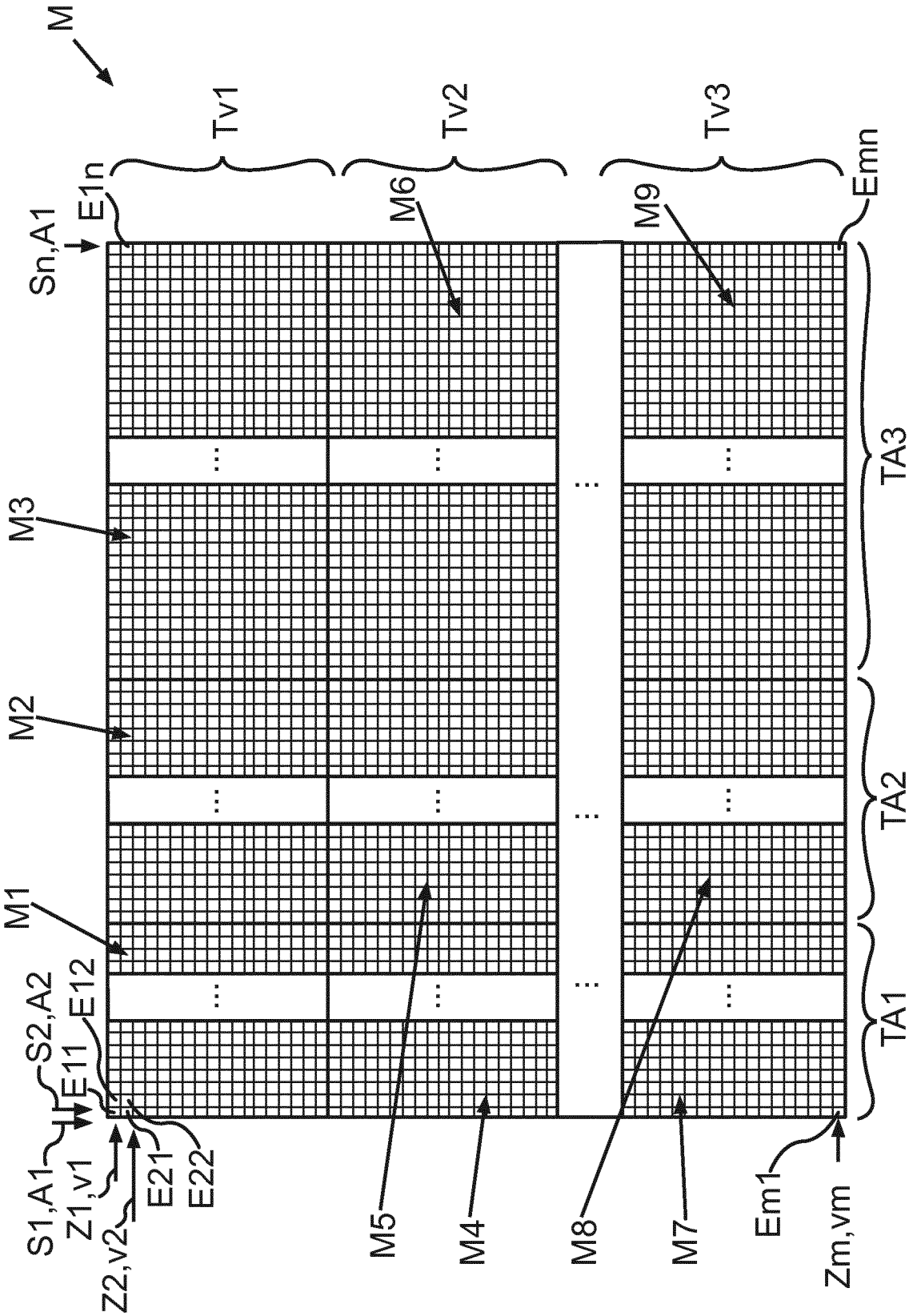

M
Tv1
Tv2
Tv3
E1n
Emn
Sn,A1
M6
M9
M3
M2
M1
TA3
TA2
TA1
S2,A2
E12
E11
S1,A1
Z1,v1
Z2,v2
E21
E22
M5
M4
M8
M7
Em1
Zm,vm

Fig.2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S15/93 G01S17/93 G01S13/93 G01S17/50 G01S13/524
G01S15/52
ADD. G01S13/86 G01S7/52
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | DE 10 2012 024999 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE])<br>26 June 2014 (2014-06-26)<br>paragraphs [0001] - [0004], [0008] - [0017], [0036] - [0051]; claim 1; figures 2-5 | 1-14 |
| X | US 5 465 095 A (BRYANT STEVE M [US])<br>7 November 1995 (1995-11-07)<br>column 2, lines 3-57<br>column 4, lines 52-64; figures 1-2 | 1-14 |

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 13 February 2017 | 21/02/2017 |

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

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/077408

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| DE 102012024999 A1 | 26-06-2014 | DE 102012024999 A1 | 26-06-2014 |
| | | EP 2936196 A1 | 28-10-2015 |
| | | US 2015331098 A1 | 19-11-2015 |
| | | WO 2014095965 A1 | 26-06-2014 |
| US 5465095 A | 07-11-1995 | NONE | |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/077408

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S15/93 G01S17/93 G01S13/93 G01S17/50 G01S13/524
G01S15/52
ADD. G01S13/86 G01S7/52
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )
G01S

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|---|---|---|
| X | DE 10 2012 024999 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE])<br>26. Juni 2014 (2014-06-26)<br>Absätze [0001] - [0004], [0008] - [0017], [0036] - [0051]; Anspruch 1; Abbildungen 2-5 | 1-14 |
| X | US 5 465 095 A (BRYANT STEVE M [US])<br>7. November 1995 (1995-11-07)<br>Spalte 2, Zeilen 3-57<br>Spalte 4, Zeilen 52-64; Abbildungen 1-2 | 1-14 |

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

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

| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts |
|---|---|
| 13. Februar 2017 | 21/02/2017 |

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

1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/077408

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|---|---|
| DE 102012024999 A1 | 26-06-2014 | DE 102012024999 A1 | 26-06-2014 |
| | | EP 2936196 A1 | 28-10-2015 |
| | | US 2015331098 A1 | 19-11-2015 |
| | | WO 2014095965 A1 | 26-06-2014 |
| US 5465095 A | 07-11-1995 | KEINE | |