

(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  
22. August 2019 (22.08.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/158250 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*G01S 7/35* (2006.01)      *G01S 13/87* (2006.01)  
*G01S 13/34* (2006.01)      *G01S 13/93* (2006.01)  
*G01S 13/44* (2006.01)      *G01S 7/295* (2006.01)  
*G01S 13/58* (2006.01)      *G01S 13/46* (2006.01)

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

(72) Erfinder: **SCHOOR, Michael**; Belastr. 26, 70195 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/084881

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. Dezember 2018 (14.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 202 294.1  
15. Februar 2018 (15.02.2018) 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.

(54) Title: ESTIMATION OF CARTESIAN VELOCITY OF EXTENDED RADAR OBJECTS WITH A RADAR SENSOR

(54) Bezeichnung: SCHÄTZUNG VON KARTESISCHEN GESCHWINDIGKEITEN VON AUSGEDEHNTEN RADAROBJEKTEN MIT EINEM RADARSENSOR

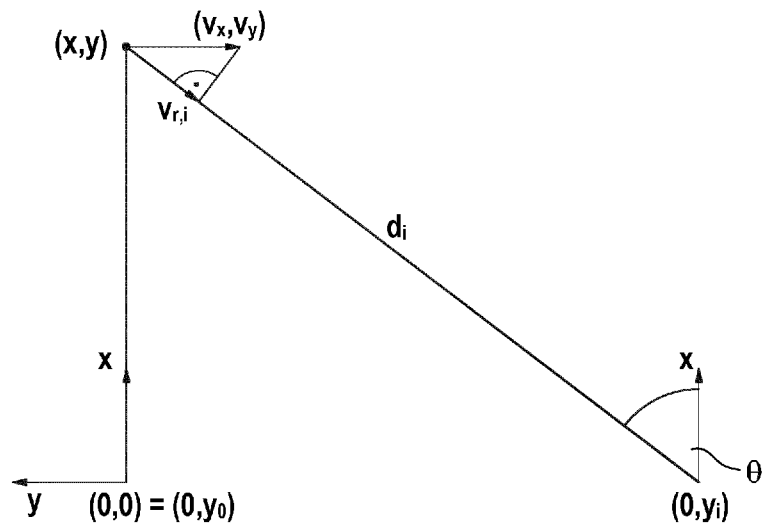


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for a radar sensor, in particular a radar sensor for motor vehicles, comprising the following steps: for respective evaluation channels (i) corresponding to different central antenna positions ((0,y<sub>i</sub>)) of related transmission-end and receiving-end antennas (22, 10, 12) in one direction, and for respective individual radar targets, determining a respective individual radial velocity (v<sub>r,i</sub>) of the respective radar target associated with the respective evaluation channel (i), based on signals obtained in respective evaluation channels (i); estimating a respective velocity ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) of the respective radar target, based on the determined individual radial velocities (v<sub>r,i</sub>) of the radar target, wherein the velocity ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) comprises information relating to a velocity (v<sub>x</sub>) in the forward direction in relation to the radar sensor and a tangential velocity (v<sub>y</sub>); and assigning radar targets as belonging to an extended radar object, depending on the estimated velocities ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) of the radar targets. The invention also relates to a radar sensor for carrying out the method.



WO 2019/158250 A1

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

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

**(57) Zusammenfassung:** Verfahren für einen Radarsensor, insbesondere einen Radarsensor für Kraftfahrzeuge, mit den Schritten: Bestimmen, für jeweilige Auswertungskanäle (i), die unterschiedlichen mittleren Antennenpositionen ((0,y<sub>i</sub>)) betreffender sendender und empfangender Antennen (22, 10, 12) in einer Richtung entsprechen, und für jeweilige einzelne Radarziele, einer dem jeweiligen Auswertungskanal (i) zugeordneten, jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeit (v<sub>r,i</sub>) des jeweiligen Radarziels anhand von Signalen, die in jeweiligen Auswertungskanälen (i) erhalten werden; Schätzen einer jeweiligen Geschwindigkeit ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) des jeweiligen Radarziels, basierend auf den bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten (v<sub>r,i</sub>) des Radarziels, wobei die Geschwindigkeit ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) Information über eine Geschwindigkeit (v<sub>x</sub>) in Vorwärtsrichtung bezogen auf den Radarsensor und eine Tangentialgeschwindigkeit (v<sub>y</sub>) umfasst; und Zuordnen von Radarzielen als zu einem ausgedehnten Radarobjekt gehörend, in Abhängigkeit von den geschätzten Geschwindigkeiten ((v<sub>x</sub>,v<sub>y</sub>)) der Radarziele; sowie Radarsensor zur Ausführung des Verfahrens.

Beschreibung

5

Titel

Schätzung von kartesischen Geschwindigkeiten von ausgedehnten Radarobjekten mit einem Radarsensor

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für einen Radarsensor, insbesondere für einen Radarsensor für Kraftfahrzeuge, sowie einen Radarsensor, insbesondere für Kraftfahrzeuge, wobei der Radarsensor eine Antennenanordnung aufweist mit mehreren Antennen, die in einer Richtung in verschiedenen Positionen angeordnet sind.

15

Stand der Technik

20

Herkömmliche Radarsensoren detektieren Radarziele in Polarkoordinaten. Es wird beispielsweise eine radiale Entfernung gemessen, eine radiale Relativgeschwindigkeit, sowie Winkel im Azimut und/oder in der Elevation. Eine Bestimmung einer Quergeschwindigkeit (bzw. Tangentialgeschwindigkeit) oder Winkelgeschwindigkeit konnte nur über eine beobachtete Änderung des Winkels über die Zeit oder unter Verwendung komplexer Objektmodelle für ausgedehnte Radarobjekte erfolgen.

25

30

Radarsensoren werden in Kraftfahrzeugen beispielsweise zur Messung der Abstände, Relativgeschwindigkeiten und Azimutwinkel von im Vorfeld des eigenen Fahrzeugs georteten Fahrzeugen oder sonstigen Radarzielen eingesetzt. Mehrere Antennen sind dann beispielsweise in Abstand zueinander auf einer Horizontalen angeordnet, so dass unterschiedliche Azimutwinkel der georteten Ra-

- darziele zu Differenzen in den Lauflängen führen, die die Radarsignale vom Radarziel bis zur jeweiligen Antenne zurückzulegen haben. Diese Lauflängendifferenzen führen zu entsprechenden Unterschieden in der Amplitude und Phase der Signale, die von den Antennen empfangen und in den zugehörigen Auswertungskanälen ausgewertet werden. Für eine Winkelschätzung nutzt man den Umstand aus, dass die Amplituden- und Phasenbeziehungen der von den verschiedenen Empfangsantennen erhaltenen Signale in charakteristischer Weise vom Winkel des Radarziels abhängig sind. Durch Abgleich der in den verschiedenen Kanälen empfangenen (komplexen) Amplituden mit entsprechenden Amplituden in einem Antennendiagramm lässt sich dann der Einfallswinkel des Radarsignals und damit der Azimutwinkel des Radarziels bestimmen. Auf entsprechende Weise lässt sich mit vertikal übereinander angeordneten Antennen auch der Elevationswinkel eines Radarziels schätzen.
- 15 Für die Behandlung eines quer fahrenden, ausgedehnten Radarobjekts im Objekttracking wurde es vorgeschlagen, ausgehend von einer Hypothese eines ausgedehnten Radarobjekts und entsprechender Zuordnung von Punktzielen zu dem Radarobjekt die Punktziele gemeinsam zu behandeln und aus unterschiedlichen beobachteten Radialgeschwindigkeiten  $v_1, \dots, v_n$  und jeweiliger gemessener Winkel  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  der dem Objekt zugeordneten  $n$  Punktziele eine Schätzung der tatsächlichen Richtung der Geschwindigkeit  $(v_x, v_y)$  des ausgedehnten Objekts vorzunehmen anhand des überbestimmten Gleichungssystems

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha_1 & \sin \alpha_1 \\ \cos \alpha_2 & \sin \alpha_2 \\ \vdots & \vdots \\ \cos \alpha_n & \sin \alpha_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix},$$

- 25 welches geschrieben wird als  $\underline{v}_M = M \underline{v}$ . Die Lösung wird mittels Quadratmitteltechnik ermittelt als  $\hat{\underline{v}} = (M^T M)^{-1} M^T \underline{v}_M$ .

## Offenbarung der Erfindung

Im Zuge einer weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit der Radarsensoren werden d,v-Schätzungen mit gesteigerter Auflösung erfolgen können.

- 5 Auch wird eine Zunahme der nutzbaren Sensorgröße, d.h. der Größe oder Apertur der Antennenanordnung, eine Steigerung der Genauigkeit der Winkelschätzung und eine verbesserte Winkeltrennung ermöglichen. Bei einem FMCW-(frequency modulated continuous wave)-Messverfahren mit linearen Frequenzrampen und einer Auswertung der Empfangssignale mittels diskreter
- 10 Fourier-Transformation, insbesondere einer FFT (Fast Fourier Transformation), entspricht die Breite eines Entfernungsbins der Fourier-Transformation einem Entfernungsunterschied  $\Delta r$  mit  $\Delta r = c/(2F)$ , wobei  $c$  die Lichtgeschwindigkeit ist und  $F$  der Frequenzhub einer linearen Frequenzrampe des FMCW-Sendesignals ist. Dieser Entfernungsunterschied wird hier auch als Entfer-
- 15 nungsauflösung bezeichnet.

- Unter der Entfernungsauflösung ist somit die kleinste Entfernungsdifferenz zu verstehen, bei der (bei gleicher Relativgeschwindigkeit) zwei Messwerte der Entfernung vom Radarsensor in der gegebenen Betriebsweise des Radar-
- 20 sensors noch auf getrennte Bins abgebildet werden können. Bei Durchführung einer FFT entspricht die Entfernungsauflösung dem Abstand zweier Entfernungsbins bei der FFT, d.h. der Breite eines Entfernungsbins. Hier und im folgenden werden die Begriffe Entfernungsauflösung und Breite des Entfernungsbins gleichbedeutend verwendet. Im Unterschied dazu wird unter der Entfer-
- 25 nungstrennfähigkeit das doppelte der Breite des Entfernungsbins verstanden. Wird die Bandbreite eines Radarsensors gesteigert, ist beispielweise bei einem Frequenzhub des Sendesignals von  $F = 2$  GHz eine Entfernungsauflösung von  $\Delta r = 7,5$  cm möglich. Wird zugleich die Apertur oder, im Falle eines MIMO-
- (Multiple Input Multiple Output)-Radarsensors, die virtuelle Apertur gesteigert
- 30 auf Werte ähnlicher Größenordnung, so können je nach Winkel eines Radarzie-

les die Lauflängenunterschiede zwischen Empfangssignalen einzelner Antennen oder Auswertungskanälen bereits so groß sein, dass in den Fourier-Spektren der Auswertungskanäle Information über die Amplitude und/oder Phase der empfangenen Signale je nach Auswertungskanal nicht nur in einem  
5 durch die  $d, v$ -Schätzung eines erfassten Radarzieles bestimmten Frequenzbin enthalten ist, sondern auch in einem oder mehreren benachbarten Frequenzbins. Bei einer Entfernung eines direkt voraus befindlichen Radarziels von 5 m und einem Versatz zwischen einer mittleren und einer äußeren Antennenpositionen von z.B. 40 mm ergibt sich ein Winkelunterschied von ca.  $0,5^\circ$ . Hat das  
10 Radarziel eine Quergeschwindigkeit von z.B. 2,7 m/s (10 km/h), wird an der mittleren Antennenposition keine Relativgeschwindigkeit gesehen, an der äußeren Antennenposition jedoch eine radiale Relativgeschwindigkeit von 0,025 m/s bzw. auf der anderen Seite -0,025 m/s. Bei einer Bingröße der FFT von 0.1 m/s (Geschwindigkeitsauflösung der Messung) entspricht dies einer Frequenzla-  
15 genverschiebung von -1/4 Bin, 0 Bin, oder +1/4 Bin in den entsprechenden drei Auswertungskanälen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und einen Radarsensor zu schaffen, mit denen eine direkte Assoziation von Punktzielen zu einem ausgedehnten Radarobjekt ermöglicht wird.  
20

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und einen Radarsensor zu schaffen, mit denen eine schnelle und einfache Schätzung einer Geschwindigkeit eines ausgedehnten Radarobjekts ermöglicht wird, insbesondere  
25 einer kartesischen Geschwindigkeit.

Zur Lösung wenigstens einer der Aufgaben umfasst ein erfindungsgemäßes Verfahren für einen Radarsensor, insbesondere einen Radarsensor für Kraftfahrzeuge, mit einer Antennenanordnung mit mehreren Antennen die in einer  
30 Richtung in verschiedenen Positionen angeordnet sind, die Schritte: Bestim-

men, für jeweilige Auswertungskanäle, die unterschiedlichen mittleren Antennenpositionen betreffender sendender und empfangender Antennen in einer Richtung entsprechen, und für jeweilige einzelne Radarziele, einer dem jeweiligen Auswertungskanal zugeordneten, jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeit des jeweiligen Radarziels anhand von Signalen, die in jeweiligen Auswertungskanälen erhalten werden; Schätzen, für die jeweiligen Radarziele, einer jeweiligen Geschwindigkeit des jeweiligen Radarziels, basierend auf den bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten des Radarziels, wobei die Geschwindigkeit Information über eine Geschwindigkeit in Vorwärtsrichtung bezogen auf den Radarsensor und eine Tangentialgeschwindigkeit umfasst; und Zuordnen von Radarzielen als zu einem ausgedehnten Radarobjekt gehörend, in Abhängigkeit wenigstens von den geschätzten Geschwindigkeiten der Radarziele. Die geschätzte Geschwindigkeit umfasst Information über eine Geschwindigkeit in Vorwärtsrichtung bezogen auf den Radarsensor und eine Tangentialgeschwindigkeit, umfasst also eine zweidimensionale Geschwindigkeit. Insbesondere kann die Geschwindigkeit eine kartesische Geschwindigkeit sein, d.h. eine Geschwindigkeit, angegeben in einem orthogonalen Koordinatensystem. Bei einem unmittelbar in Vorwärtsrichtung ausgerichteten Radarsensor entspricht die Tangentialgeschwindigkeit der Quergeschwindigkeit.

20

Dies ermöglicht es, auf der Basis einer einzelnen Messung mit einem einzelnen Sendesignal-Modulationszyklus, insbesondere etwa für ein Sendesignal mit einem Frequenz-Modulationsmuster in Form einer Frequenzrampe oder in Form einer Rapid-Chirp-Sequenz, (kartesische) Geschwindigkeiten der jeweiligen Radarziele zu schätzen. Insbesondere können die (kartesischen) Geschwindigkeiten der Radarziele aus jeweiligen Frequenzspektren basierend auf einer einzelnen Messung der Radialgeschwindigkeit in den jeweiligen Auswertungskanälen geschätzt werden.

25

Die Messung der Geschwindigkeiten und die Zuordnung (Assoziation) der Radarziele zu einem ausgedehnten Radarobjekt kann daher sehr schnell erfolgen. Insbesondere kann die Messung der (kartesischen) Geschwindigkeiten direkt für die einzelnen Radarziele erfolgen, und anhand einer Erfassung des Radarziels innerhalb eines einzelnen Modulationszyklus oder einer Frequenzrampe des Sendesignals. Dadurch kann es ermöglicht werden, kartesische Geschwindigkeit zu messen und eine Assoziation zu einem ausgedehnten Objekt auszuführen auch bei Objekten, die nur in einem Zyklus oder in wenigen Zyklen sichtbar sind und die daher schwierig durch ein komplexes Objektmodell zu behandeln sind, wie etwa schnell querbewegte Objekte oder eine Randbebauung einer Straße.

Dies ermöglicht eine deutlich schnellere Reaktion eines Fahrerassistenzsystems oder eines Systems zum automatisierten Fahren, insbesondere bei einem Radarziel in relativ geringer Entfernung. Dies ist besonders vorteilhaft für den Schutz verwundbarer Verkehrsteilnehmer (VRU, vulnerable road users), etwa von Fußgängern.

Unter einem Radarziel wird ein Reflexionszentrum verstanden, dem nur eine einzelne Position zugeordnet wird, im Unterschied zum ausgedehnten Radarobjekt, dem mehrere Reflexionszentren zugeordnet sind. Der Begriff „Radarziel“ wird gleichbedeutend mit „Punktziel“ verwendet.

Bei dem Verfahren wird ein Sendesignal des Radarsensors von wenigstens einer Antenne gesendet, und ein Signal wird von wenigstens einer Antenne empfangen. In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist ein gesendetes Signal rampenförmig frequenzmoduliert. In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist der Radarsensor ein FMCW-Radarsensor.



Das Verfahren kann weiter umfassen den Schritt: Schätzen einer Geschwindigkeit des ausgedehnten Radarobjekts, basierend auf den bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten der zugeordneten Radarziele. Es handelt sich somit um ein Verfahren zum Schätzen einer Geschwindigkeit eines ausgedehnten Radarobjekts. Dies ermöglicht gegenüber herkömmlichen Verfahren eine schnellere und verbesserte Geschwindigkeitsschätzung eines ausgedehnten Objekts. Die Geschwindigkeit kann Information über eine Geschwindigkeit in Vorwärtsrichtung bezogen auf den Radarsensor und eine Tangentialgeschwindigkeit umfassen. Sie kann insbesondere eine kartesische Geschwindigkeit sein.

Hier und im folgenden werden die sich auf den Radarsensor insgesamt beziehenden Größen, die geschätzt oder bestimmt werden, auch als „globale“ Größen bezeichnet, während sich auf die jeweiligen Auswertungskanäle und die betreffenden mittleren Antennenpositionen von sendenden und empfangenden Antennen beziehende Größen als „individuelle“ Größen bezeichnet werden. So kann beispielsweise die zu schätzende Tangentialgeschwindigkeit als globale Tangentialgeschwindigkeit bezeichnet werden.

Weiter wird die Aufgabe gelöst durch einen Radarsensor, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Antennenanordnung mit mehreren Antennen, die in einer Richtung in verschiedenen Positionen angeordnet sind, und mit einer Steuer- und Auswerteeinrichtung, die dazu ausgelegt ist, das Verfahren auszuführen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform wird in dem Schritt des Schätzens einer Geschwindigkeit des jeweiligen Radarziels eine kartesische Geschwindigkeit des Radarziels geschätzt basierend auf der Beziehung:

$$\begin{pmatrix} v_{r,1} \\ M \\ v_{r,i} \\ M \\ v_{r,l} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_1 & \sin \theta_1 \\ M & M \\ \cos \theta_i & \sin \theta_i \\ M & M \\ \cos \theta_l & \sin \theta_l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix}, \quad (1)$$

- 5 wobei  $i = 1, \dots, l$  jeweilige Auswertungskanäle bezeichnet, wobei  $v_{r,i}$  die bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten des Radarziels sind,  $\theta_i$  individuelle, den jeweiligen Auswertungskanälen zugeordnete Aspektwinkel des Radarziels sind, und  $(v_x, v_y)$  die kartesische Geschwindigkeit des Radarziels ist, wobei  $v_y$  die Tangentialgeschwindigkeit ist und  $v_x$  die Geschwindigkeit eines  
10 Radarziels in Vorwärtsrichtung bezogen auf den Radarsensor ist.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform wird in dem Schritt des Bestimmens der jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeiten des Radarziels für den jeweiligen Auswertungskanal die jeweilige individuelle Radialgeschwindigkeit  
15 bestimmt basierend auf einer jeweiligen Frequenzlage des Signals in dem Auswertungskanal.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform wird in den jeweiligen Auswertungskanälen mittels Fourier-Transformation ein diskretes Frequenzspektrum be-  
20 rechnet, und für das Radarziel wird die jeweilige Frequenzlage des Signals in dem betreffenden Auswertungskanal wird bestimmt mit einer Auflösung, die feiner ist als die Frequenzabstände der Stützstellen des diskreten Frequenzspektrums. Unter der Auflösung der Frequenzlage wird hier eine Größe verstanden, die angibt, wie fein abgestuft die möglichen Werte der Frequenzlage  
25 sind, die bei der Bestimmung erhalten werden können. Die Stützstellen des dis-

kreten Frequenzspektrums können auch als Frequenzpunkte oder Frequenzbins bezeichnet werden.

Die jeweilige Frequenzlage kann beispielsweise bestimmt werden durch Interpolation des Frequenzspektrums, und Suche eines Peak-Maximums des Signals, oder durch Anpassung (Fitting) eines Frequenzparameters einer Modellfunktion an das Signal im Frequenzspektrum.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Radarsensors für Kraftfahrzeuge;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung von Frequenzbins von Fourier-Spektren jeweiliger Auswertungskanäle;
- Fig. 3 eine Beziehung zwischen einer Antennenposition und einem Radarziel;
- Fig. 4 ein Blockdiagramm zur Erläuterung eines ersten Teils eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 5 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines zweiten Teils des Verfahrens; und
- Fig. 6 eine Skizze einer Verkehrssituation.

Der in Fig. 1 gezeigte Radarsensor weist mehrere empfangende Antennen oder Antennenelemente 10, 12 auf einem gemeinsamen Substrat 18 auf. Der Radar-

sensor wird so in ein Kraftfahrzeug eingebaut, dass mehrere der Antennen 10, 12 auf gleicher Höhe nebeneinander an horizontalen Positionen  $y_i$  liegen,  $i=0, \dots, k$ . In Fig. 1 sind symbolisch Radarstrahlen dargestellt, die von den Antennen unter einem jeweiligen Azimutwinkel  $\theta_i$  (Aspektwinkel) empfangen werden.

Ein Hochfrequenzteil 20 zur Ansteuerung einer sendenden Antenne 22 umfasst einen lokalen Oszillator 24, der das zu sendende Radarsignal erzeugt. Die von den Antennen 10, 12 empfangenen Radarechos werden jeweils einem Mischer 28 zugeführt, wo sie mit dem vom Oszillator 24 gelieferten Sendesignal gemischt werden. Auf diese Weise erhält man für jedes der Antennen 10, 12 ein Basisbandsignal oder Zwischenfrequenzsignal  $Z_0, Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_k$ , das einer elektronischen Steuer- und Auswerteeinheit 30 zugeführt wird.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 30 enthält einen Steuerungsteil 32, der die Funktion des Oszillators 24 steuert. Im gezeigten Beispiel handelt es sich bei dem Radarsensor um ein FMCW-Radar, d.h., die Frequenz des vom Oszillator 24 gelieferten Sendesignals wird periodisch in Form einer Folge von steigenden und/oder fallenden Frequenzrampen moduliert.

Weiterhin enthält die Steuer- und Auswerteeinrichtung 30 einen Auswerteteil mit einem Analog/Digital-Wandler 34 mit  $k$  Kanälen, der die von den  $k$  Antennen 10, 12 erhaltenen Zwischenfrequenzsignale  $Z_0 - Z_k$  digitalisiert und jeweils über die Dauer einer einzelnen Frequenzrampe aufzeichnet. Die so erhaltenen Zeitsignale werden dann kanalweise in einer Transformationsstufe 36 durch Schnelle Fouriertransformation (FFT) in entsprechende Frequenzspektren umgewandelt. In diesen Frequenzspektren zeichnet sich jedes Radarziel in der Form eines Peaks ab, dessen Frequenzlage von der Signallaufzeit vom Radarsensor zum Radarziel und zurück zum Radarsensor sowie - aufgrund des Doppler-Effektes - von der Relativgeschwindigkeit des Radarziels abhängig ist.

Aus den Frequenzlagen zweier Peaks, die für dasselbe Radarziel erhalten wurden, jedoch auf Frequenzrampen mit unterschiedlicher Steigung, beispielsweise einer steigenden Rampe und einer fallenden Rampe, lässt sich dann in bekannter Weise der Abstand  $d$  und die Relativgeschwindigkeit  $v$  des betreffenden Radarzieles berechnen. Die geschätzte Entfernung  $d$  kann als globale Entfernung des Radarziels bezeichnet werden, im Unterschied zu individuellen Entfernungen  $d_i$ , die den jeweiligen Auswertungskanälen zugeordnet sind.

Wie in Fig. 1 anhand der Radarstrahlen schematisch dargestellt wird, führen die unterschiedlichen Positionen der Antennen 10, 12 dazu, dass die Radarstrahlen, die von ein und derselben Antenne emittiert wurden, am Radarziel reflektiert wurden und dann von den verschiedenen Antennen empfangen werden, unterschiedliche Lauflängen zurücklegen und deshalb Phasenunterschiede aufweisen, die vom Azimutwinkel  $\theta$  des Radarziels abhängig sind. Auch die zugehörigen Zwischenfrequenzsignale  $Z_0 - Z_k$  weisen entsprechende Phasenunterschiede auf. Auch die Amplituden (Beträge) der empfangenen Signale sind von Antenne zu Antenne unterschiedlich, ebenfalls abhängig vom Azimutwinkel  $\theta$ .

Ein Geschwindigkeitsschätzer 38 schätzt anhand der Signale in den Frequenzspektren der Auswertungskanäle eine kartesische Geschwindigkeit eines jeweiligen Radarziels mit den Komponenten  $v_x$ , der Geschwindigkeit in Vorwärtsrichtung, bezogen auf den Radarsensor, und  $v_y$ , der Tangentialgeschwindigkeit. Dies wird nachfolgend näher erläutert. Weiter schätzt ein Winkelschätzer 40 anhand der Signale einen Azimutwinkel des jeweiligen Radarziels.

Bei einer hohen Bandbreite, entsprechend einem großen Frequenzhub der FMCW-Modulation, und einer großen Ausdehnung der Antennenanordnung sind je nach Azimutwinkel  $\theta$  des Radarziels und je nach seinem Abstand  $d$  die komplexen Amplituden in den einzelnen Empfangskanälen an unterschiedlichen

Frequenzlagen  $f_a(i)$  im Frequenzspektrum des empfangenen Signals enthalten. Fig. 2 illustriert schematisch die Frequenzlagen  $f_a(i)$  der für ein Radarziel in den Auswertungskanälen  $i$  erhaltenen Signale (Peaks des Spektrums), wobei in der Richtung zunehmender Frequenz  $f$  aufeinanderfolgende Frequenzbins des Fourier-Spektrums dargestellt sind.

Fig. 3 illustriert in der Draufsicht für eine Antennenposition eines Auswertungskanals, bezeichnet mit den Index  $i$  an den Koordinaten  $(0, y_i)$ , die Beziehung zu einem Punktziel als Radarziel an den Koordinaten  $(x, y)$  mit der kartesischen Geschwindigkeit  $(v_x, v_y)$ . Der Abstand des Punktziels ist mit  $d_i$  bezeichnet, und der Aspektwinkel des empfangenen Radarsignals mit  $\theta_i$ . Zur Vereinfachung der Darstellung wird angenommen, dass der Ursprung  $(0,0)$  den Mittelpunkt des Antennenarrays darstellt und einer mittleren Antennenposition entspricht. Im Beispiel ist  $v_x=0$ , entsprechend einer Situation, in der das Punktziel sich vor dem Radarsensor genau in Querrichtung bewegt. Die Figur zeigt zur Vereinfachung eine Situation, in der die relative und absolute Radialgeschwindigkeit gegenüber dem Ursprung gleich Null sind. An einer im Ursprung befindlichen Antennenposition  $(0, y_0)$  wird eine Radialgeschwindigkeit  $v_{r,0} = 0$  gemessen. An einer Antennenposition  $(0, y_i)$  wird eine Radialgeschwindigkeit  $v_{r,i}$  gemessen. Diese entspricht der Projektion der kartesischen Geschwindigkeit  $(v_x, v_y)$  auf die Radialrichtung der Antennenposition und hängt somit vom Aspektwinkel  $\theta_i$  des Radarziels an der Antennenposition ab.

Der Zusammenhang zwischen den Aspektwinkeln  $\theta_i$  der Auswertungskanäle  $i$ , der kartesischen Geschwindigkeit  $(v_x, v_y)$  des Punktziels und den individuellen Radialgeschwindigkeiten, die in den jeweiligen Auswertungskanälen  $i$  aus dem Spektrum geschätzt werden, ist gegeben durch Gleichung (1). Mit entsprechender Definition der Matrix  $M$  lässt sich diese umschreiben als:

$$\underline{v}_r = M \underline{v}_{xy}$$

Aus den individuellen Radialgeschwindigkeiten  $v_{r,i}$  in den jeweiligen Auswertungskanälen kann dann der Vektor der kartesischen Geschwindigkeiten  $\underline{v}_{xy}$  geschätzt werden gemäß der Methode der kleinsten Quadrate (KQ-Schätzung) zu:

$$5 \quad \hat{\underline{v}}_{xy} = (M^T M)^{-1} M^T \underline{v}_r \quad (2)$$

Je größer die Winkelunterschiede sind, und je genauer die Relativgeschwindigkeiten bestimmt werden können, desto besser wird die entsprechende Schätzung. Die kleinste-Quadrate-Schätzung kann numerisch beispielsweise mittels einer Pseudo-Inversen, Singulärwertzerlegung (SVD, Singular Value Decomposition), oder einer QR-Zerlegung berechnet werden.

Die der aufgrund der Lauflängenunterschiede von dem Radarsensor „gesehene“ Entfernung  $d_i$  der Auswertungskanäle hängt von der Antennenkonfiguration ab. So werden in einem bistatischen System bzw. einem MIMO-System die Effekte (Entfernung bzw. Laufzeit) für den Weg von der Sendeantenne zum Ziel und vom Ziel zur Empfangsantenne addiert und gemittelt. Die Entfernung  $d_i$  ist somit die mittlere Entfernung von Hin- und Rückweg über die mittlere Laufzeit des Signals. Entsprechend wird eine mittlere Antennenposition von Sendeantenne und Empfangsantenne betrachtet.

Die Steuer- und Auswerteeinrichtung 30 ist ausgebildet zur Durchführung eines Verfahrens zur Schätzung der kartesischen Geschwindigkeit des Radarziels, welches beispielhaft anhand von Fig. 4 erläutert wird und in dem Geschwindigkeitsschätzer 38 implementiert ist.

Durch Interpolation der Frequenzspektren werden im Schritt S10 die Frequenzlagen  $f_a(i)$  der Signale (Peakpositionen) der Kanäle  $i$  mit hoher Auflösung bestimmt.

- In einer ersten Winkelschätzung in Schritt S12 werden für jedes geortete Objekt, d.h. jedes Radarziel (jeden Peak im Frequenzspektrum) die in den I Empfangskanälen erhaltenen komplexen Amplituden mit dem Antennendiagramm verglichen, um so den Azimutwinkel  $\theta$  des Radarziels zu schätzen. Dabei wird
- 5 ein Vektor der komplexen Amplituden ausgewertet an einer jeweils gleichen Frequenzlage  $f_{ref}$  in den jeweiligen Spektren der Kanäle. Der geschätzte Aspektwinkel  $\theta$  kann als „globaler“ Aspektwinkel bezeichnet werden, im Unterschied zu den individuellen Aspektwinkeln der jeweiligen Auswertungskanäle.
- 10 Aus dem Azimutwinkel  $\theta$  und den Antennenpositionen  $y_i$  werden in Schritt S14 entfernungsbedingte Binverschiebungen (Verschiebungen  $\Delta f_a(i)$  der Frequenzlage) der Kanäle bestimmt. Die Frequenzlagenverschiebungen können als entfernungsbedingte Frequenzlagenverschiebungen bezeichnet werden. Die Frequenzlagenverschiebungen können auch als Frequenzlagenkorrekturen be-
- 15 zeichnet werden. Sie sind, wie oben erläutert, durch eine hohe Entfernungsauflösung der Messung bedingt. Die Frequenzlagenverschiebung tritt in Abhängigkeit von dem Aspektwinkel auf. Sie kann je nach Aspektwinkel auch Null sein.

- Von den Frequenzlagen  $f_a(i)$  werden in Schritt S16 die Verschiebungen  $\Delta f_a(i)$
- 20 abgezogen, und die verbleibenden Frequenzlagen  $f_a(i) - \Delta f_a(i)$  werden in Schritt S18 ausgewertet, um aus ihnen die individuellen Radialgeschwindigkeiten  $v_{r,i}$  der Kanäle  $i$  zu bestimmen. Dies erfolgt gemäß der FMCW-Gleichung

$$k = \frac{2}{c}(dF + f_0 v_r T). \text{ Dabei ist } k \text{ eine der verbleibenden Frequenzlage entsprechende Binposition, } c \text{ die Lichtgeschwindigkeit, } d \text{ die Entfernung, } F \text{ der Frequenzhub der Rampe, } f_0 \text{ die Mittenfrequenz, } v_r \text{ die Radialgeschwindigkeit und } T \text{ die Dauer der Rampe. Die ausgewertete Frequenzlage ist die unter Berücksichtigung der Frequenzlagenverschiebung verbleibende Frequenzlage.}$$

- 25



In Schritt S20 werden aus der globalen Entfernung  $d$  und dem geschätzten Azimutwinkel  $\theta$  individuelle Aspektwinkel  $\theta_i$  bestimmt, beispielsweise unter Berücksichtigung der Antennenpositionen  $y_i$ , etwa aufgrund geometrischer Zusammenhänge dieser Größen. Die individuellen Aspektwinkel können beispielsweise auch aus kartesischen Koordinaten des Radarziels und den mittleren Antennenpositionen errechnet werden.

In Schritt S22 erfolgt die Schätzung der kartesischen Geschwindigkeit des Radarziels anhand der Gleichungen (1) und (2). Für eine Ausgabe des Radarsensors können diese beispielsweise auf eine Radial- und Tangentialgeschwindigkeit (oder Winkelgeschwindigkeit) bezogen auf den Ursprung transformiert werden.

In einem optionalen Schritt S24 wird von dem Winkelschätzer 40 in einer zweiten, verbesserten Winkelschätzung der Azimutwinkel  $\theta$  geschätzt, wobei ein Vektor der komplexen Amplituden ausgewertet wird an jeweiligen Frequenzlagen in den jeweiligen Spektren der Kanäle unter Berücksichtigung der Frequenzverschiebungen  $\Delta f_a(i)$  und/oder entsprechender, sich aus dem Azimutwinkel  $\theta$  und den Antennenpositionen  $y_i$  ergebenden geschwindigkeitsbedingten Frequenzverschiebungen  $\Delta f_b(i)$ . Insbesondere handelt es sich um einen Schritt des zweiten Schätzens des Aspektwinkels des Radarziels, der zusätzlich zu dem oben beschriebenen (ersten) Schritt S12 des Schätzens des Aspektwinkels ausgeführt wird.

Das Verfahren kann insbesondere ein iteratives Verfahren sein, bei dem basierend auf der zweiten Schätzung des Aspektwinkels die von der Schätzung des Aspektwinkels abhängigen Schritte S14, S16, S18, S20, S22 erneut ausgeführt werden.

Wie aus dem Diagramm ersichtlich, können Schritte parallel zueinander oder in anderer Reihenfolge ausgeführt werden.

5 In einer zweckmäßigen Ausführungsform werden Unterschiede der individuellen Radialgeschwindigkeiten berücksichtigt, wenn die Entfernung des Radarziels unterhalb eines Entfernungsschwellwerts liegt. Denn bei sehr großen Entfernungen sind die Effekte zu gering, um individuelle Radialgeschwindigkeiten unterscheiden zu können. Der Entfernungsschwellwert kann anhand von Testmessungen oder basierend auf einer theoretischen Geschwindigkeitsauflösung  
10 des Radarsensors gewählt werden.

Fig. 5 illustriert Verfahrensschritte zum Schätzen einer Geschwindigkeit eines ausgedehnten Radarobjekts, basierend auf dem oben beschriebenen Verfahren, welches für jeweilige geortete Radarziele (Punktziele) ausgeführt wird.

15 Ausgehend von den Ergebnissen der jeweiligen Schritte S22, werden in Schritt S30 auf der Basis der geschätzten kartesischen Geschwindigkeiten der Radarziele mehrere Radarziele assoziiert (einander zugeordnet), die zu einem ausgedehnten Radarobjekt gehören. Dabei wird beispielsweise entschieden, ob die kartesischen Geschwindigkeiten innerhalb eines Toleranzbereichs übereinstimmen und ob die Positionen bzw. Entfernungen und Winkel der Radarziele  
20 innerhalb eines Begrenzungsbereichs übereinstimmen. Fig. 6 zeigt schematisch drei geortete Radarziele mit unterschiedlichen Radialgeschwindigkeiten  $v_r$ , für die jedoch dieselbe kartesische Geschwindigkeit  $(v_x, v_y)$  geschätzt wurde. Diese werden zu einem ausgedehnten Objekt 60 assoziiert.

25 Mittels einer Erweiterung der Gleichung (1) um Zeilen der Matrix und des linksseitigen Vektors für die betreffenden weiteren, zu dem gleichen ausgedehnten Objekt gehörenden Radarziele kann dann in entsprechender Weise in Schritt S32 über die Gleichung (2) eine Schätzung der kartesischen Geschwindigkeit  
30 des ausgedehnten Objekts erfolgen.

Bei den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen wird mit einem bistatischen Antennenkonzept gearbeitet. Wahlweise könnte jedoch auch ein monostatisches Antennenkonzept benutzt werden, bei dem dieselben (Gruppen-) Antennen zum Senden und zum Empfang genutzt werden.

Das beschriebene Verfahren kann vorteilhaft insbesondere bei FMCW-Radarsensoren eingesetzt werden, die mit sogenannten Rapid-Chirp-Sequenzen arbeiten. Dabei wird in rascher Folge eine Vielzahl von Frequenzrampen (Chirps) durchfahren, die eine große Steigung und nur eine relativ geringe Dauer haben. Bei der über die einzelnen Rampen sowie über die Folge der Rampen ausgeführten 2D-FFT ergibt sich ein zweidimensionales Frequenzspektrum je Auswertungskanal  $i$ . Dementsprechend sind die Frequenzlagen  $f_a(i)$  sowie die Frequenzverschiebungen  $\Delta f_a(i)$  bzw.  $\Delta f_b(i)$  dann im allgemeinen Fall zweidimensionale Vektoren.

### Ansprüche

1. Verfahren für einen Radarsensor, insbesondere einen Radarsensor für  
5 Kraftfahrzeuge, mit einer Antennenanordnung mit mehreren Antennen (10, 12),  
die in einer Richtung in verschiedenen Positionen angeordnet sind, mit den  
Schritten:
  - Bestimmen, für jeweilige Auswertungskanäle (i), die unterschiedlichen  
mittleren Antennenpositionen  $((0, y_i))$  betreffender sendender und empfangender  
10 Antennen (22, 10, 12) in einer Richtung entsprechen, und für jeweilige einzelne  
Radarziele, einer dem jeweiligen Auswertungskanal (i) zugeordneten, jeweiligen  
individuellen Radialgeschwindigkeit  $(v_{r,i})$  des jeweiligen Radarziels anhand von  
Signalen, die in jeweiligen Auswertungskanälen (i) erhalten werden;
  - Schätzen, für die jeweiligen Radarziele, einer jeweiligen Geschwindigkeit  
15  $((v_x, v_y))$  des jeweiligen Radarziels, basierend auf den bestimmten individuellen  
Radialgeschwindigkeiten  $(v_{r,i})$  des Radarziels, wobei die Geschwindigkeit  
 $((v_x, v_y))$  Information über eine Geschwindigkeit  $(v_x)$  in Vorwärtsrichtung bezogen  
auf den Radarsensor und eine Tangentialgeschwindigkeit  $(v_y)$  umfasst; und
  - Zuordnen von Radarzielen als zu einem ausgedehnten Radarobjekt ge-  
20 hörend, in Abhängigkeit wenigstens von den geschätzten Geschwindigkeiten  
 $((v_x, v_y))$  der Radarziele.
  
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem in dem Schritt des Schätzens, für  
die jeweiligen Radarziele, einer jeweiligen Geschwindigkeit  $((v_x, v_y))$  des jeweili-  
25 gen Radarziels eine jeweilige kartesische Geschwindigkeit  $((v_x, v_y))$  des jeweili-  
gen Radarziels geschätzt wird.
  
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, mit dem Schritt:

- Schätzen einer Geschwindigkeit  $((v_{x,obj}, v_{y,obj}))$  des ausgedehnten Radarobjekts, basierend auf den bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten  $((v_x, v_y))$  der zugeordneten Radarziele.
- 5 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit dem Schritt:
- Bestimmen, für die jeweiligen Auswertungskanäle (i) und die jeweiligen einzelnen Radarziele, eines dem jeweiligen Auswertungskanal zugeordneten, jeweiligen individuellen Aspektwinkels  $(\theta_i)$  des jeweiligen Radarziels;  
wobei in dem Schritt des Schätzens einer jeweiligen Geschwindigkeit
- 10  $((v_x, v_y))$  des jeweiligen Radarziels die Geschwindigkeit  $((v_x, v_y))$  des jeweiligen Radarziels geschätzt wird, basierend auf den bestimmten individuellen Radialgeschwindigkeiten  $(v_{r,i})$  des Radarziels und auf den bestimmten individuellen Aspektwinkeln  $(\theta_i)$  des Radarziels.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem in dem Schritt des Bestimmens der jeweiligen individuellen Aspektwinkel  $(\theta_i)$  des jeweiligen Radarziels die jeweiligen individuellen Aspektwinkel  $(\theta_i)$  des Radarziels bestimmt werden basierend auf einem geschätzten Aspektwinkel  $(\theta)$  des Radarziels und einer geschätzten Entfernung (d) des Radarziels, unter Berücksichtigung der betreffenden mittleren Antennenposition  $(y_i)$  des jeweiligen Auswertungskanals (i).
- 20
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in dem Schritt des Bestimmens der jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeiten  $(v_{r,i})$  des jeweiligen Radarziels für den jeweiligen Auswertungskanal (i) die jeweilige individuelle Radialgeschwindigkeit  $(v_{r,i})$  bestimmt wird basierend auf einer jeweiligen Frequenzlage  $(fa(i))$  des Signals in dem Auswertungskanal (i).
- 25
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in dem Schritt des Bestimmens der jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeiten  $(v_{r,i})$  des jeweiligen Radarziels für den jeweiligen Auswertungskanal (i) die je-
- 30

weilige individuelle Radialgeschwindigkeit ( $v_{r,i}$ ) bestimmt wird aus einer verbleibenden Frequenzlage bei Berücksichtigung einer jeweiligen Frequenzlagenverschiebung ( $\Delta f_a(i)$ ), wobei die jeweiligen Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) für die jeweiligen Auswertungskanäle ( $i$ ) Entfernungsdifferenzen des Radarziels zu den jeweiligen entsprechenden mittleren Antennenpositionen ( $(0, y_i)$ ) entsprechen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, mit den Schritten:

- Schätzen, für das jeweilige Radarziel, eines Aspektwinkels ( $\theta$ ) des jeweiligen Radarziels anhand von Amplituden- und/oder Phasenbeziehungen zwischen Signalen jeweiliger Auswertungskanäle, die unterschiedlichen mittleren Antennenpositionen ( $y_i$ ) der betreffenden sendenden und empfangenden Antennen (22, 10, 12) in der genannten Richtung entsprechen;

- Bestimmen, für das jeweilige Radarziel, jeweiliger Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) der Signale in den jeweiligen Auswertungskanälen ( $i$ ), welche Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) Entfernungsdifferenzen des Radarziels zu den jeweiligen entsprechenden mittleren Antennenpositionen ( $(0, y_i)$ ) entsprechen, in Abhängigkeit des geschätzten Aspektwinkels ( $\theta$ ),

wobei in dem Schritt des Bestimmens der jeweiligen individuellen Radialgeschwindigkeiten ( $v_{r,i}$ ) des jeweiligen Radarziels für den jeweiligen Auswertungskanal ( $i$ ) die jeweilige individuelle Radialgeschwindigkeit ( $v_{r,i}$ ) bestimmt wird aus der verbleibenden Frequenzlage des betreffenden Signals in dem Auswertungskanal ( $i$ ) bei Berücksichtigung der jeweiligen bestimmten Frequenzlagenverschiebung ( $\Delta f_a(i)$ ).

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit dem Schritt:

- Schätzen, für das jeweilige Radarziel, eines Aspektwinkels ( $\theta$ ) des Radarziels anhand von Amplituden- und/oder Phasenbeziehungen zwischen Signalen jeweiliger Auswertungskanäle, die unterschiedlichen mittleren Antennenpositionen ( $(0, y_i)$ ) der betreffenden sendenden und empfangenden Antennen

(22, 10, 12) in der genannten Richtung entsprechen, wobei die Signale der jeweiligen Auswertungskanäle (i) an jeweiligen Frequenzlagen ausgewertet werden unter Berücksichtigung jeweiliger erster Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) der Signale in den jeweiligen Auswertungskanälen (i), welche erste Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) Entfernungsdifferenzen des Radarziels zu den jeweiligen entsprechenden mittleren Antennenpositionen ( $(x_i, y_i)$ ) entsprechen, und/oder unter Berücksichtigung jeweiliger zweiter Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_b(i)$ ) der Signale in den jeweiligen Auswertungskanälen (i), welche zweiten Frequenzlagenverschiebungen ( $\Delta f_a(i)$ ) Unterschieden der individuellen Radialgeschwindigkeiten ( $v_{r,i}$ ) des Radarziels für den jeweiligen Auswertungskanal (i) entsprechen.

10. Radarsensor, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Antennenanordnung mit mehreren Antennen (10, 12), die in einer Richtung in verschiedenen Positionen angeordnet sind, und mit einer Steuer- und Auswerteeinrichtung (30), die dazu ausgelegt ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

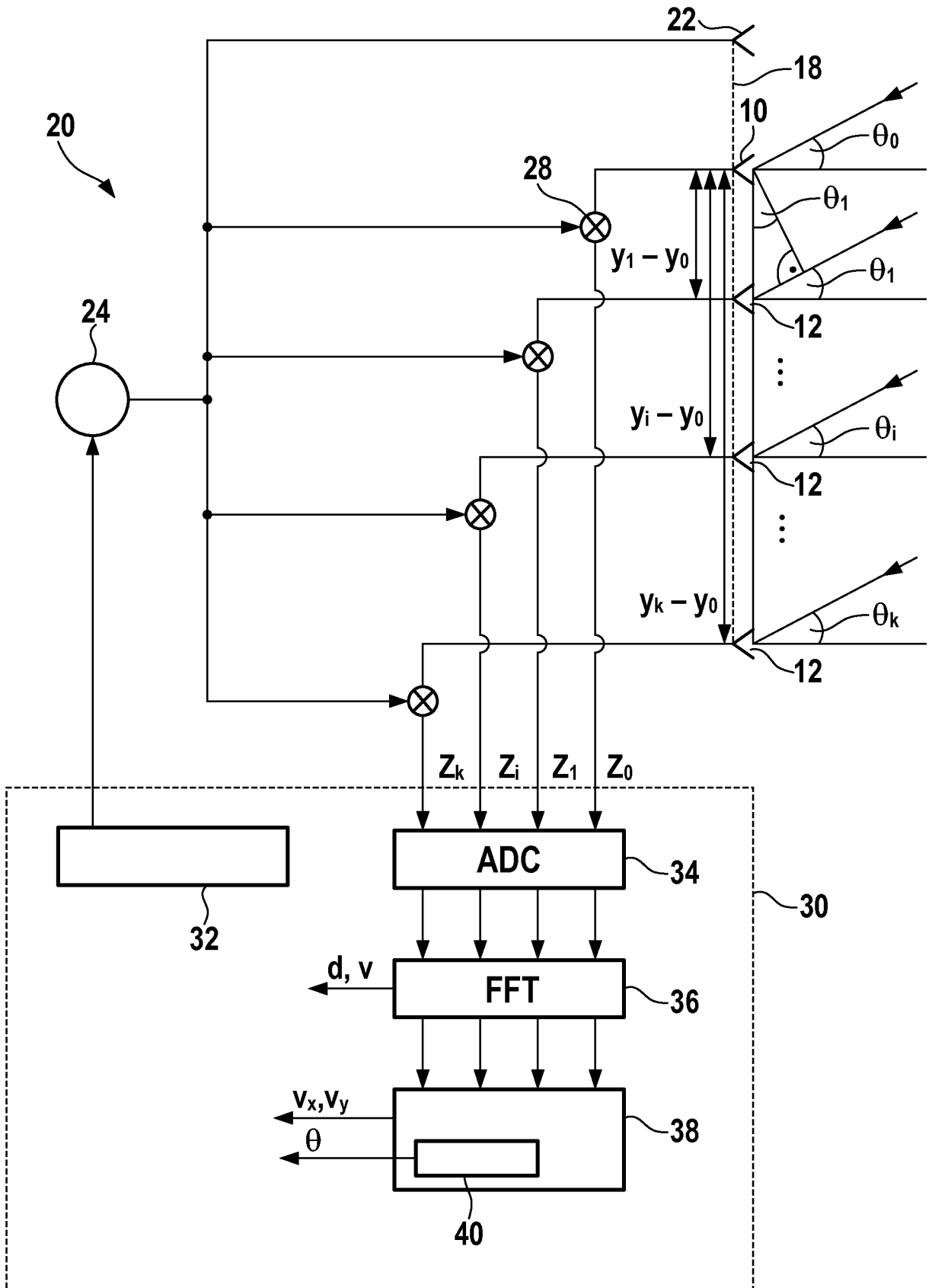


Fig. 1



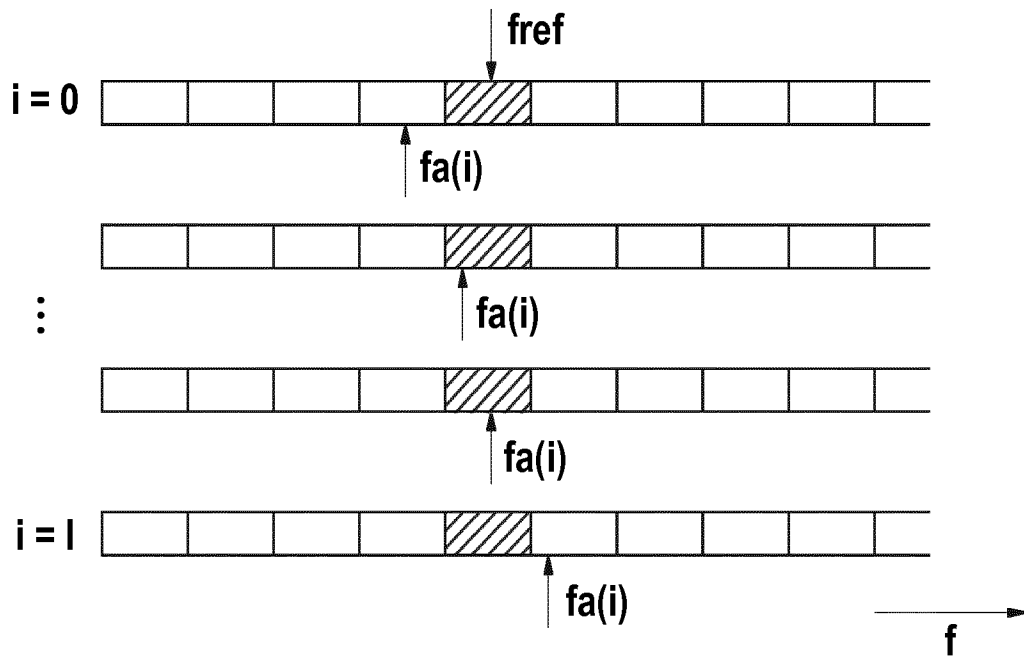


Fig. 2

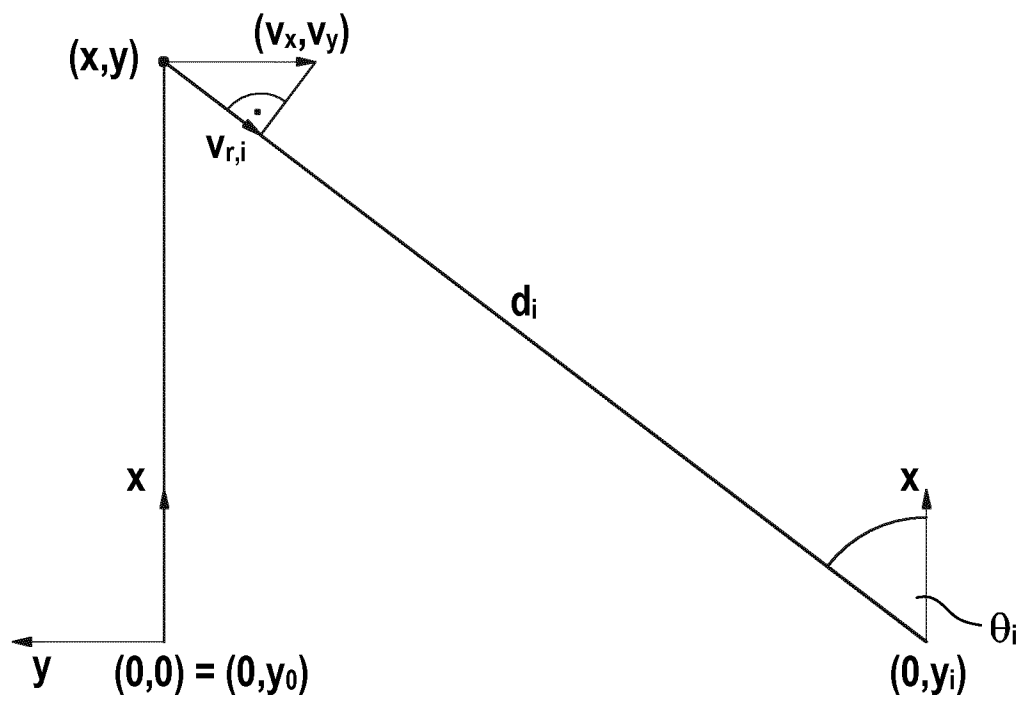


Fig. 3

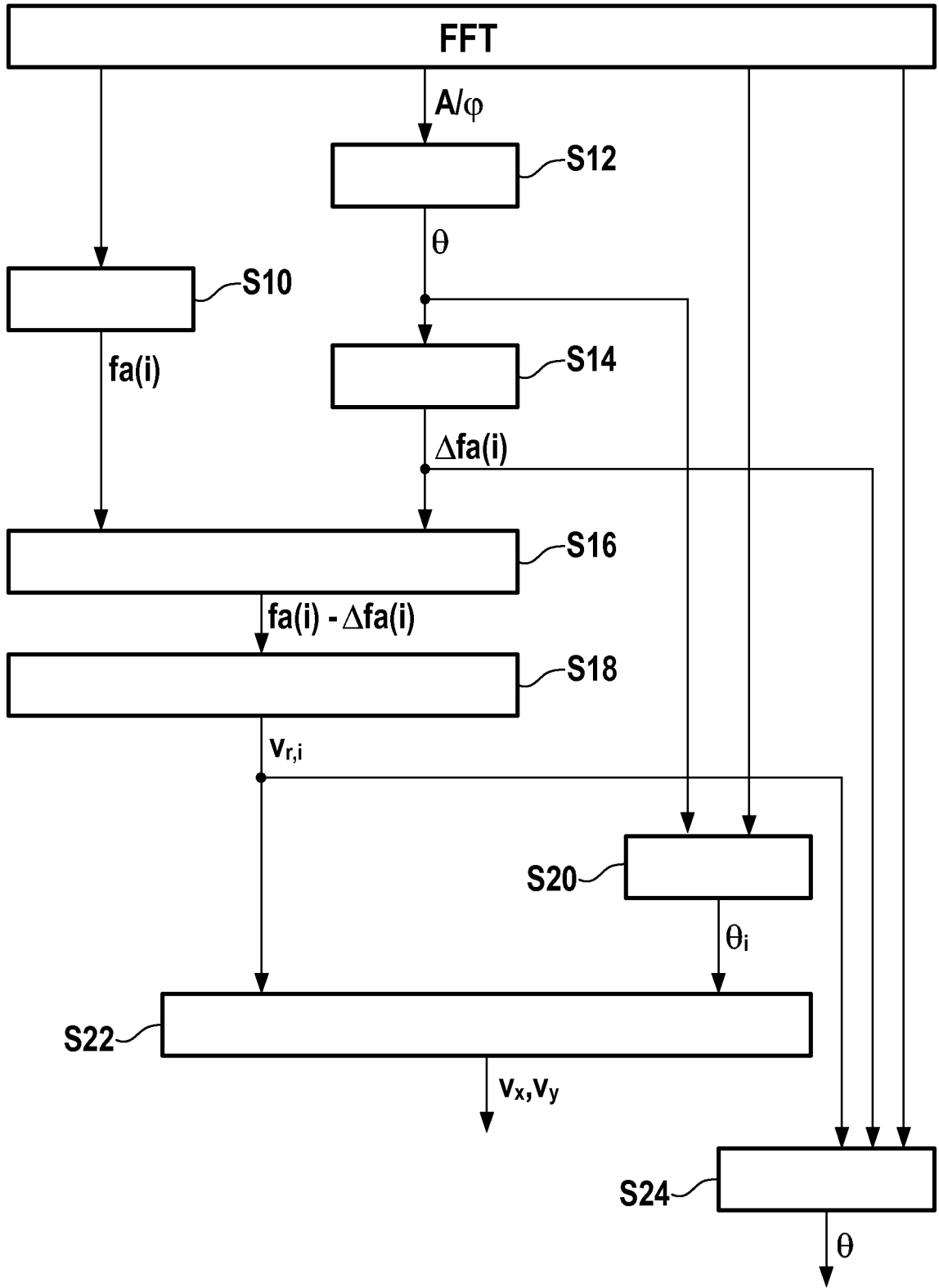


Fig. 4

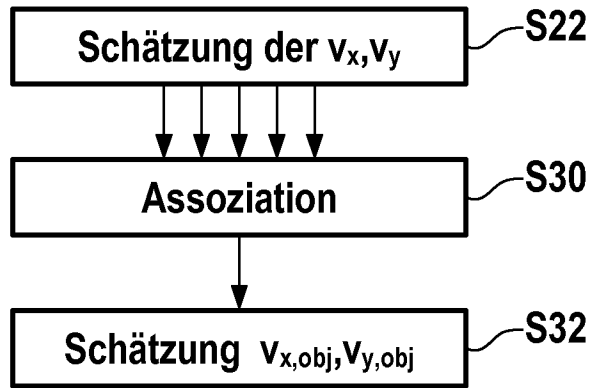


Fig. 5

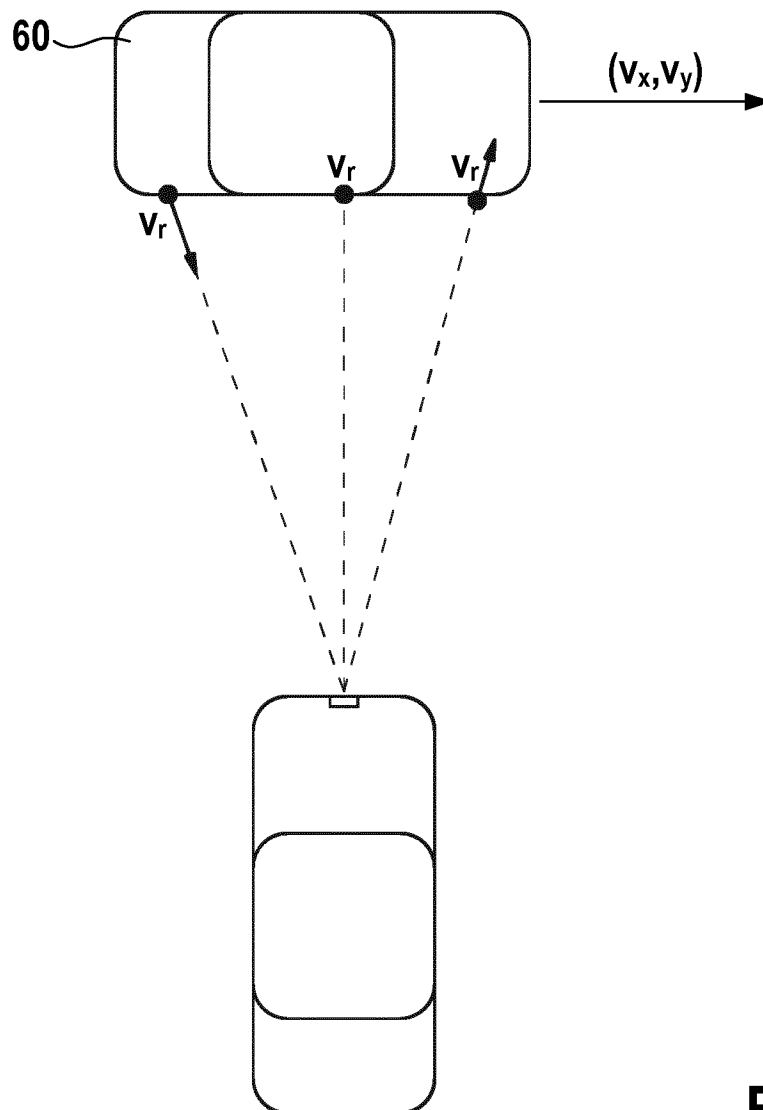


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/084881

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G01S 7/35</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/34</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/44</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/58</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/87</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/93</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/295</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/46</i> (2006.01)n		
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 102012024998 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 26 June 2014 (2014-06-26)	1-4, 6, 10
Y	paragraphs [0004], [0009], [0014] - [0019], [0023] - [0027], [0037] - [0043], [0045], [0049] - [0053]; figures 1, 2	1-10
X	EP 2068173 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 June 2009 (2009-06-10)	1-4, 6, 10
Y	paragraphs [0005] - [0006], [0009], [0015], [0041]; figures 1-3	1-10
X	DE 102013019804 A1 (DAIMLER AG [DE]) 28 May 2015 (2015-05-28)	1-4, 6, 10
Y	paragraphs [0004] - [0008], [0009], [0018], [0019], [0023] - [0029]; figures 1-3	1-10
X	DE 102013011239 A1 (DAIMLER AG [DE]) 08 January 2015 (2015-01-08)	1-4, 6, 10
Y	paragraphs [0010], [0011], [0037], [0038], [0043], [0045], [0046], [0052], [0082], [0086]; figure 1 paragraph [0045]	1-10
Y	US 2015198711 A1 (ZENG SHUQING [US] ET AL) 16 July 2015 (2015-07-16) paragraphs [0027], [0028]; claim 7; figure 2	1-10
<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>22 May 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>31 May 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/EP2018/084881**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 201000252 A2 (ADC AUTOMOTIVE DIST CONTROL [DE]; WINTERMANTEL MARKUS [DE]) 07 January 2010 (2010-01-07) page 12, line 3 - page 16, line 11; figures 1, 2, 6-9	5, 7-9

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-4, 6, 10

Method for estimating object point velocities and assignment of object points to an expansive radar object on the basis of the estimated object point velocities. Problem(s) solved: 1) quick estimation of object point velocities (in a single measurement); 2) rapid assignment to an object (clustering)

2. claims: 5, 7-9

Method for frequency correction in adjacent bins. Problem solved: exclude ambiguities caused by broadband rapid FMCW chirps for MIMO antennae.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

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

International application No.

**PCT/EP2018/084881**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102012024998	A1	26 June 2014	NONE	
EP	2068173	A1	10 June 2009	DE 102007058242	A1 10 June 2009
				EP 2068173	A1 10 June 2009
				US 2009157314	A1 18 June 2009
DE	102013019804	A1	28 May 2015	NONE	
DE	102013011239	A1	08 January 2015	NONE	
US	2015198711	A1	16 July 2015	CN 104793202	A 22 July 2015
				DE 102015100134	A1 16 July 2015
				US 2015198711	A1 16 July 2015
WO	2010000252	A2	07 January 2010	CN 102066970	A 18 May 2011
				DE 102008038365	A1 07 January 2010
				DE 102009032114	A1 07 January 2010
				DE 102009032115	A1 07 January 2010
				DE 112009001041	A5 03 February 2011
				DE 112009001052	A5 27 January 2011
				DE 112009001064	A5 27 January 2011
				DE 112009001074	A5 03 February 2011
				DE 112009002141	A5 01 June 2011
				EP 2294445	A2 16 March 2011
				EP 2294446	A2 16 March 2011
				EP 2294450	A2 16 March 2011
				EP 2294451	A2 16 March 2011
				JP 2011526370	A 06 October 2011
				JP 2011526371	A 06 October 2011
				JP 2011526372	A 06 October 2011
				JP 2011526373	A 06 October 2011
				KR 20110040877	A 20 April 2011
				US 2011074620	A1 31 March 2011
				US 2011074621	A1 31 March 2011
				US 2011080313	A1 07 April 2011
				US 2011080314	A1 07 April 2011
				WO 2010000216	A1 07 January 2010
				WO 2010000251	A2 07 January 2010
				WO 2010000252	A2 07 January 2010
				WO 2010000253	A2 07 January 2010
				WO 2010000254	A2 07 January 2010

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2018/084881

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	G01S7/35	G01S13/34	G01S13/44	G01S13/58	G01S13/87
	G01S13/93	G01S7/295			
ADD.	G01S13/46				

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 10 2012 024998 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 26. Juni 2014 (2014-06-26)	1-4,6,10
Y	Absätze [0004], [0009], [0014] - [0019], [0023] - [0027], [0037] - [0043], [0045], [0049] - [0053]; Abbildungen 1,2 -----	1-10
X	EP 2 068 173 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. Juni 2009 (2009-06-10)	1-4,6,10
Y	Absätze [0005] - [0006], [0009], [0015], [0041]; Abbildungen 1-3 -----	1-10
X	DE 10 2013 019804 A1 (DAIMLER AG [DE]) 28. Mai 2015 (2015-05-28)	1-4,6,10
Y	Absätze [0004] - [0008], [0009], [0018], [0019], [0023] - [0029]; Abbildungen 1-3 -----	1-10
	-/--	

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

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
22. Mai 2019	31/05/2019

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	DE 10 2013 011239 A1 (DAIMLER AG [DE]) 8. Januar 2015 (2015-01-08)	1-4,6,10
Y	Absätze [0010], [0011], [0037], [0038], [0043], [0045], [0046], [0052], [0082], [0086]; Abbildung 1 Absatz [0045]	1-10
Y	----- US 2015/198711 A1 (ZENG SHUQING [US] ET AL) 16. Juli 2015 (2015-07-16) Absätze [0027], [0028]; Anspruch 7; Abbildung 2	1-10
Y	----- WO 2010/000252 A2 (ADC AUTOMOTIVE DIST CONTROL [DE]; WINTERMANTEL MARKUS [DE]) 7. Januar 2010 (2010-01-07) Seite 12, Zeile 3 - Seite 16, Zeile 11; Abbildungen 1,2,6-9 -----	5,7-9

**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2.  Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3.  Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1.  Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2.  Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3.  Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4.  Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

## 1. Ansprüche: 1-4, 6, 10

Verfahren zur Schätzung von Objektpunktgeschwindigkeiten und Zuordnung von Objektpunkten zu einem ausgedehnten Radarobjekt basierend auf den geschätzten Objektpunktgeschwindigkeiten  
Gelöste Aufgabe(n): 1) Schnelle Schätzung der Objektpunktgeschwindigkeiten (in einer einzigen Messung); 2) schnelle Zuordnung zu einem Objekt (Clustering)  
---

## 2. Ansprüche: 5, 7-9

Verfahren zur Frequenzkorrektur benachbarter Bins  
Gelöste Aufgabe: Ausschluss von Mehrdeutigkeiten verursacht durch die breitbandigen schnellen FMCW-Chirps für die MIMO-Antennen.  
---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/084881

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012024998 A1	26-06-2014	KEINE	
EP 2068173 A1	10-06-2009	DE 102007058242 A1	10-06-2009
		EP 2068173 A1	10-06-2009
		US 2009157314 A1	18-06-2009
DE 102013019804 A1	28-05-2015	KEINE	
DE 102013011239 A1	08-01-2015	KEINE	
US 2015198711 A1	16-07-2015	CN 104793202 A	22-07-2015
		DE 102015100134 A1	16-07-2015
		US 2015198711 A1	16-07-2015
WO 2010000252 A2	07-01-2010	CN 102066970 A	18-05-2011
		DE 102008038365 A1	07-01-2010
		DE 102009032114 A1	07-01-2010
		DE 102009032115 A1	07-01-2010
		DE 112009001041 A5	03-02-2011
		DE 112009001052 A5	27-01-2011
		DE 112009001064 A5	27-01-2011
		DE 112009001074 A5	03-02-2011
		DE 112009002141 A5	01-06-2011
		EP 2294445 A2	16-03-2011
		EP 2294446 A2	16-03-2011
		EP 2294450 A2	16-03-2011
		EP 2294451 A2	16-03-2011
		JP 2011526370 A	06-10-2011
		JP 2011526371 A	06-10-2011
		JP 2011526372 A	06-10-2011
		JP 2011526373 A	06-10-2011
		KR 20110040877 A	20-04-2011
		US 2011074620 A1	31-03-2011
		US 2011074621 A1	31-03-2011
		US 2011080313 A1	07-04-2011
		US 2011080314 A1	07-04-2011
		WO 2010000216 A1	07-01-2010
		WO 2010000251 A2	07-01-2010
		WO 2010000252 A2	07-01-2010
		WO 2010000253 A2	07-01-2010
		WO 2010000254 A2	07-01-2010