



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 110 667.9**
(22) Anmeldetag: **29.07.2014**
(43) Offenlegungstag: **04.02.2016**

(51) Int Cl.: **G01S 7/41 (2006.01)**
G01S 13/58 (2006.01)
G01S 13/93 (2006.01)
G08G 1/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Valeo Schalter und Sensoren GmbH, 74321
Bietigheim-Bissingen, DE**

(72) Erfinder:
Malik, Waqas, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 44 299	A1
DE	10 2011 121 560	A1
US	7 652 617	B2
US	8 314 732	B2
US	2012 / 0 119 894	A1

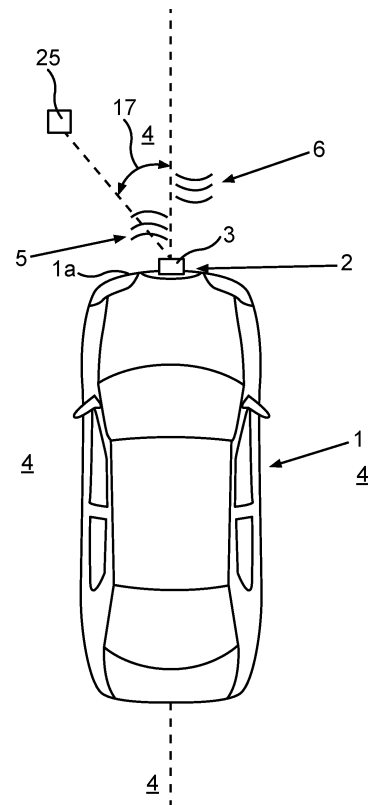
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vefahren zum Klassifizieren eines Objektes in einem Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeuges, Fahrerassistenzsystem und Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klassifizieren eines Objekts (18) in einem Umgebungsbereich (4) eines Kraftfahrzeuges (1) mit den Schritten:

- Aussenden von Radarsignalen (5) in den Umgebungsbereich (4) von zumindest einem kraftfahrzeugseitigen Radarsensor (3) und Empfangen von an dem Objekt (18) reflektierten Radarsignalen (6),
- Bereitstellen der durch die Radarsignale (5, 6) erhaltenen Informationen als Radardaten,
- Erzeugen eines Leistungsspektrums (11) abhängig von zumindest einem als Information in den Radardaten enthaltenen Entfernungswert (13) und/oder Geschwindigkeitswert (14) und/oder Intensitätswert (12),
- Vergleichen von zumindest einem in dem Leistungsspektrum (11) enthaltenen Spektrumbereich (15) mit einem Intensitäts-Schwellwert und Auswählen des Spektrumbereichs (15) als potentiell Objekt (16), falls dessen Intensität (12) größer als der Intensitäts-Schwellwert ist,
- Durchführen eines weiteren Zyklus mit den Schritten a) bis d),
- Erkennen des potentiellen Objekts (16) als tatsächliches Objekt (18) abhängig davon, ob das potentielle Objekt (16) sowohl in einem ersten Zyklus gemäß den Schritten a) bis d) als auch zumindest in dem zweiten Zyklus gemäß Schritt e) ausgewählt wurde,
- Vergleichen von zumindest einem Merkmal (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) des erkannten Objekts (18) mit Referenzmerkmalen (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) eines Referenzobjekts,
- Zuweisen des Objekts (18) zu einer bestimmten Klasse (23, 24, 25) von mehreren verschiedenen Klassen (23, 24, 25) abhängig von dem Vergleich gemäß Schritt g).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klassifizieren eines Objekts in einem Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft außerdem ein Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug, wie auch ein Kraftfahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem.

[0002] Verfahren zum Klassifizieren eines Objekts in einem Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeugs sind aus dem Stand der Technik bekannt. So wird in der US 2012/0119894 A1 der Umgebungsbereich mittels eines Radarsensors und einer Kamera gleichzeitig erfasst. Um Objekte in dem Umgebungsbereich zu klassifizieren, werden Bilder der Kamera mit Referenzbildern verglichen und Daten des Radarsensors mit Referenzdaten verglichen.

[0003] Auch in der US 8314732 B2 werden ein Radarsensor und eine Videokamera angewandt. Die Radardaten des Radarsensors werden genutzt, um den Umgebungsbereich einer Vorbearbeitung zu unterziehen, bei welcher Bereiche mit Zielobjekten extrahiert werden. Die Bereiche mit den Zielobjekten werden anschließend anhand von Bildverarbeitungsverfahren und den Bildern der Kamera weiterverarbeitet.

[0004] Vorliegend gilt das Interesse einem Radarsensor, welcher unabhängig von anderen Sensoren eine Klassifizierung durchführen kann. So wird beispielsweise in der US 7652617 B2 ein FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave)-Radarsensor eingesetzt, welcher fähig ist, Objekte zu verfolgen und zu klassifizieren. Der Radarsensor berechnet eine Fourier-Transformation von dem empfangenen Radarsignal in Range- und Dopplerrichtung, wodurch eine zweidimensionale Fourier-Transformation erhalten wird. Diese kann verwendet werden, um ein zweidimensionales Leistungsspektrum zu berechnen. Diese Leistungsspektren werden zu bestimmten Abständen von dem Objekt berechnet und werden anschließend verwendet, um die Objekte zu klassifizieren.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren, ein Fahrerassistenzsystem sowie ein Kraftfahrzeug bereitzustellen, mit welchem beziehungsweise bei welchem das Objekt in dem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs in seiner Art präziser erkannt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren, durch ein Fahrerassistenzsystem sowie durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

[0007] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Objekt in einen Umgebungsbereich eines Kraftfahrzeugs mit den folgenden Schritten klassifiziert:

- a) Aussenden von Radarsignalen in den Umgebungsbereich von zumindest einem kraftfahrzeugseitigen Radarsensor und Empfangen von an dem Objekt reflektierten Radarsignalen,
- b) Bereitstellen der durch die Radarsignale erhaltenen Informationen als Radardaten,
- c) Erzeugen eines Leistungsspektrums abhängig von zumindest einem als Information in den Radardaten enthaltenen Entfernungswert und/oder Geschwindigkeitswert und/oder Intensitätswert,
- d) Vergleichen von zumindest einem in dem Leistungsspektrum enthaltenen Spektrumbereich mit einem Intensitäts-Schwellwert und Auswählen des Spektrumbereichs als potentielles Objekt, falls dessen Intensität größer als der Intensitätsschwellwert ist,
- e) Durchführen eines weiteren Zyklus mit den Schritten a) bis d),
- f) Erkennen des potentiellen Objektes als tatsächliches Objekt abhängig davon, ob das potentielle Objekt sowohl in einem ersten Zyklus gemäß den Schritten a) bis d) als auch zumindest in dem zweiten Zyklus gemäß Schritt e) ausgewählt wurde,
- g) Vergleichen von zumindest einem Merkmal des erkannten Objektes mit Referenzmerkmalen eines Referenzobjektes,
- h) Zuweisen des Objektes zu einer bestimmten Klasse von mehreren verschiedenen Klassen abhängig von dem Vergleich gemäß Schritt g).

[0008] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es möglich, das Objekt anhand der Radardaten besonders präzise zu klassifizieren beziehungsweise einer bestimmten Klasse zuzuweisen. Die Zuweisung zu einer bestimmten Klasse ist abhängig von dem Vergleich des Merkmals des Objekts mit dem Referenzmerkmal des Referenzobjekts.

[0009] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass in dem ersten Zyklus nach der Auswahl des potentiellen Objekts eine Bestimmung von zumindest einem den Spektrumbereich charakterisierenden Parameterwert durchgeführt und auch in dem zweiten Zyklus nach der Auswahl des potentiellen Objektes eine Bestimmung von dem zumindest einen den Spektrumbereich charakterisierenden Parameterwert durchgeführt wird und das Erkennen des potentiellen Objektes als tatsächliches Objekt gemäß Schritt f) abhängig davon erfolgt, ob die Parameterwerte zumindest innerhalb eines Wertebereich der Parameterwerte definierenden Abweichungsintervals, welches insbesondere gegen Null läuft, in beiden Zyklen aufgetreten sind. Vorteilhaft ist, dass dadurch besonders präzise das potentielle Objekt als tatsächliches Objekt erkannt werden kann. Hierdurch kann auch ein Rauschen der Messungen reduziert

werden. Das Ziel kann beispielsweise sein, das Objekt, insbesondere das bewegte Objekt, über mehrere Zyklen anhand des zumindest einen Parameterwerts zu verfolgen. Es wird beispielsweise davon ausgegangen, dass das tatsächliche Objekt in mindestens zwei Zyklen oder auch mehr detektiert beziehungsweise erkannt werden kann. Das potentielle Objekt wird also dementsprechend zu einem tatsächlichen Objekt beziehungsweise dem Objekt, falls eine Fehldetektion durch das Verfolgen ausgeschlossen werden kann.

[0010] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass als der Parameterwert ein Entfernungswert von dem Radarsensor zum Objekt und/oder eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem Radarsensor und dem Objekt und/oder ein Azimutwinkel von dem Radarsensor zum Objekt berücksichtigt wird. Der Entfernungswert wird auch als Range-Wert bezeichnet und gibt die Entfernung zwischen dem Radarsensor und dem Objekt an. Der Entfernungswert kann mittels einer Laufzeitmessung des Radarsignals ermittelt werden. Die Relativgeschwindigkeit gibt eine radiale Geschwindigkeit des Objekts bezüglich des Radarsensors an. Die Relativgeschwindigkeit kann anhand einer Dopplerverschiebung beziehungsweise einer Frequenzverschiebung des Radarsignals ermittelt werden.

[0011] Der Azimutwinkel bezeichnet einen Horizontalwinkel in der Ebene einer Straße des Kraftfahrzeugs beziehungsweise einer Fahrbahn des Kraftfahrzeugs. Ein Bezugspunkt des Azimutwinkels kann beispielsweise eine Längsachse des Kraftfahrzeugs sein. So kann der Azimutwinkel dermaßen bestimmt werden, dass dieser den Bereich zwischen der Längsachse des Kraftfahrzeugs und einer gedachten Linie von dem Radarsensor zu dem Objekt einschließt. Der Azimutwinkel kann beispielsweise mit zwei unterschiedlichen Empfangskanälen bestimmt werden. Hiervon wird eine Phasendifferenz berechnet, wodurch anhand einer Lookup-Tabelle, welche Referenz-Azimutwinkel enthält, der Azimutwinkel des Objekts bestimmt beziehungsweise geschätzt werden kann.

[0012] Insbesondere ist vorgesehen, dass als das zumindest eine Merkmal eine absolute Geschwindigkeit des Objekts und/oder eine absolute Beschleunigung des Objekts und/oder eine Varianz der Geschwindigkeit des Objekts und/oder eine Varianz der Beschleunigung des Objekts und/oder eine über die Zyklen kumulierte Intensität des Objekts und/oder ein Intensitätsbereich des Objekts von dem Leistungsspektrum berücksichtigt wird. Das Merkmal ist also dazu vorgesehen, das Objekt mit einem Referenzobjekt vergleichen zu können. Je ausgeprägter ein Merkmal einer bestimmten Klasse ist, desto zuverlässiger lässt sich das Objekt anhand dieses Merkmals der vorbestimmten Klasse zuweisen. Die abso-

lute Geschwindigkeit des Objekts ist also jene Geschwindigkeit, welche das Objekt in einem erdfesten Koordinatensystem erfährt. Die absolute Geschwindigkeit des Objekts ist also unabhängig von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs. Das Gleiche gilt für die absolute Beschleunigung des Objekts. Die absolute Beschleunigung des Objekts ist ebenfalls in einem erdfesten Koordinatensystem vorgesehen und ist unabhängig von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs. Die Varianz der Geschwindigkeit beziehungsweise die Varianz der absoluten Geschwindigkeit kann gemäß Schritt f) ermittelt werden, welcher die Geschwindigkeit des Objekts über mehrere Zyklen bereitstellt. Das Gleiche gilt für die Varianz der Beschleunigung des Objekts beziehungsweise die Varianz der absoluten Beschleunigung des Objekts, welche ebenfalls gemäß Schritt f) ermittelt werden kann. Die über die Zyklen kumulierte Intensität des Objekts ist abhängig von dem an dem Objekt reflektierten Radarsignal. Es kann beispielsweise als die Höhe der Kurve des Spektrumbereichs beziehungsweise des Bins in dem Leistungsspektrum beschrieben werden. Häufig besteht ein Zusammenhang zwischen der Größe des Objekts und der Intensität des Objekts in dem Leistungsspektrum. So reflektieren große Objekte, wie beispielsweise ein Lastkraftwagen, stärker als kleine Objekte, wie beispielsweise ein Fußgänger. Ebenfalls abhängig von der Intensität der an dem Objekt reflektierten Radarsignale ist der Intensitätsbereich des Objektes von dem Leistungsspektrum. Hierfür ist vorgesehen, dass ein bestimmter Intensitätsbereich des Leistungsspektrums, also beispielsweise mehrere Bins beziehungsweise Spektrumbereiche von dem Leistungsspektrum für das Merkmal des Intensitätsbereichs des Objekts zusammengefasst werden. Dies kann sinnvoll sein, weil sich das Objekt über mehrere Bins beziehungsweise Leistungsspektrumbereiche erstrecken kann. Dies hat zum einen mit Messgenauigkeiten zu tun, zum anderen kann ein Objekt beispielsweise unterschiedliche Relativgeschwindigkeiten aufweisen, wie ein Fußgänger, welcher die Arme bewegt. Weiterhin sind auch in einem gewissen Rahmen unterschiedliche Geschwindigkeiten des Objekts in dem Leistungsspektrum möglich. Dies kann beispielsweise auf Mehrfachreflexionen zurückzuführen sein, welche dadurch eine längere Laufzeit aufweisen.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass für die über die Zyklen kumulierte Intensität des Objektes ein Durchschnittsfilter, welcher die Intensität über die Zyklen mittelt, berücksichtigt wird. Der Durchschnittsfilter berechnet beziehungsweise mittelt die Intensität des Objektes in dem jeweiligen Spektrumbereich mit vorangegangenen Zyklen. Der Vorteil ist nun, dass somit gegen die hohe Varianz der Intensität beziehungsweise des reflektierten Radarsignals vorgegangen werden kann. So ist die Stärke des reflektierten Radarsignals in einem unverarbeiteten beziehungsweise unvorprozessierten Zu-

stand zu stark schwankend, als dass eine Klasse zugewiesen werden könnte. So ist es beispielsweise der Fall, dass ein großes Objekt, welches die Radarsignale stark reflektiert beziehungsweise eine hohe Intensität in dem jeweiligen Spektrumbereich aufweist, von einem anderen großen Objekt verdeckt wird oder auch zeitweise verdeckt wird. Dies würde dazu führen, dass das große Objekt über ein paar Zyklen eine hohe Intensität aufweist und dann plötzlich nur noch eine geringe Intensität aufweist. Das Gleiche ist der Fall für ein kleines Objekt, welches ebenfalls durch ein großes oder in diesem Fall auch kleines Objekt zumindest zeitweise verdeckt werden kann. Um diese variierenden Intensitäten zu mitteln, kann der Durchschnittsfilter angewandt werden.

[0014] Ergänzend oder alternativ ist vorgesehen, dass das Zuweisen zu einer Klasse abhängig von der über die Zyklen kumulierten Intensität des Objektes mit zumindest einer linearen Teilung eines Merkmalsraums der über die Zyklen kumulierte Intensität durchgeführt wird. So kann beispielsweise der Merkmalsraum, welcher die über die Zyklen kumulierte Intensität des Objektes abhängig von der Entfernung darstellt, dermaßen linear, also mit geraden Linien, unterteilt werden, dass dadurch verschiedene Klassen bestimmt werden.

[0015] Weiterhin ist vorgesehen, dass der Intensitätsbereich des Objektes von dem Leistungsspektrum in Abhängigkeit eines rechteckigen Ausschnittes des Leistungsspektrums berücksichtigt wird. Der Intensitätsbereich des Objektes in dem Leistungsspektrum umfasst beispielsweise mehrere Spektrumbereiche. Die reflektierten Radarsignale des Objektes verteilen sich üblicherweise auf mehrere Spektrumbereiche des Leistungsspektrums. So kann dies beispielsweise auf der Entfernungs- beziehungsweise Range-Achse des Leistungsspektrums damit erklärt werden, dass von dem Objekt aufgrund von Mehrfachreflexionen auch Radarsignale reflektiert werden, welche eine höhere Laufzeit aufweisen als jene, welche ohne Umweg reflektiert worden sind. Dies führt dazu, dass das Objekt in dem Leistungsspektrum mehrere Spektrumbereiche auf der Achse des Entfernungswertes belegt. Ergänzend oder alternativ kann es beispielsweise aber auch sein, dass sich die reflektierten Radarsignale des Objektes über mehrere Spektrumbereiche in Richtung der Achse des Geschwindigkeitswertes beziehungsweise der Dopplerachse erstrecken. Dies ist beispielsweise der Fall bei einem Fußgänger, welcher seine Arme bewegt. In diesem Fall hat ein Objekt verschiedene Geschwindigkeiten. Um also möglichst alle Intensitäten des Leistungsspektrums von einem Objekt zu verwenden, kann der rechteckige Ausschnitt berücksichtigt werden. Vorzugsweise erstreckt sich der rechteckige Ausschnitt des Intensitätsbereichs über einen größeren Bereich des Entfernungswertes als über den Geschwindigkeitswert. Der Spektrumbe-

reich ist zumindest ein Matrixelement des Leistungsspektrums, welches in Form einer zweidimensionalen Matrix ausgebildet ist.

[0016] Insbesondere ist vorgesehen, dass durch die verschiedenen Klassen verschiedene Verkehrsteilnehmer charakterisiert werden. Dies ist vorteilhaft, weil dadurch die Objekte verschiedenen Verkehrsteilnehmern zugewiesen werden können. Es kann also beispielsweise festgestellt werden, ob das Objekt ein Mensch oder ein Fahrzeug ist. Dies kann besonders vorteilhaft sein für den Fall des autonomen Fahrens. So kann es beispielsweise eine Situation geben, in der ein Ausweichen nach links oder rechts erforderlich ist. Befindet sich nun auf der einen Seite beispielsweise ein ungeschützter Mensch und auf der anderen Seite ein geschütztes Fahrzeug, so kann abhängig davon die Entscheidung für die jeweilige Seite des Ausweichens erfolgen.

[0017] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass als ein Verkehrsteilnehmer ein Motorrad oder ein Personenkraftwagen oder ein Lastkraftwagen oder ein Fußgänger oder ein Fahrrad berücksichtigt ist. Daher wird situationsabhängig zumindest ein derartiger Verkehrsteilnehmer berücksichtigt. Diese Klassen sind die, welche am häufigsten im Verkehr auftreten und sind deshalb vorteilhaft. Falls das Objekt keiner der zuvor genannten Klassen zugeordnet werden kann, kann es auch vorgesehen sein, dass das Objekt der Klasse „unbekannt“ zugeordnet wird. Vorteilhaft daran ist also, dass eine gewisse Unsicherheit bei der Klassifikation beziehungsweise dem Zuweisen hierdurch ausgedrückt werden kann.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass abhängig von Schritt g) ein Konfidenzwert, welcher eine Zuverlässigkeit des Vergleichs beschreibt, berücksichtigt wird. Der Konfidenzwert kann beispielsweise durch ein Ähnlichkeitsmaß, welches bei dem Vergleich verwendet wird, bereitgestellt werden. Vorteilhaft daran ist, dass eine Aussage über die Verlässlichkeit der Zuweisung des Objektes zu der Klasse möglich ist. Der Konfidenzwert sagt also aus, wie sicher die Zuweisung erfolgt ist.

[0019] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das zumindest eine Merkmal gewichtet wird. Es kann beispielsweise sein, dass das Merkmal der über die Zyklen kumulierten Intensität des Objektes zuverlässiger ist als andere Merkmale. Das kann auch bedeuten, dass anhand eines der Merkmale eine qualitativere Klassifikation beziehungsweise ein qualitativ hochwertigeres Zuweisen des Objektes zu der bestimmten Klasse ermöglicht wird, weil die bestimmte Klasse durch dieses Merkmal besser beziehungsweise eindeutiger beschrieben wird. Ist dies beispielsweise im Vorfeld bekannt, also beispielsweise durch eine empirische Feststellung, so kann das entspre-

chenden Merkmal dementsprechend gewichtet werden.

[0020] Insbesondere ist vorgesehen, dass die Berechnung der absoluten Geschwindigkeit des Objekts beziehungsweise der absoluten Beschleunigung des Objektes abhängig von einer Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs beziehungsweise eine Beschleunigung des Kraftfahrzeugs ausgeführt wird. Das bedeutet, die zuvor bekannte Relativgeschwindigkeit des Objektes bezüglich des Kraftfahrzeugs kann mit der bekannten Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs beziehungsweise der bekannten Beschleunigung des Kraftfahrzeugs in die absolute Geschwindigkeit des Objektes beziehungsweise die absolute Beschleunigung des Objektes umgerechnet werden. Die absolute Geschwindigkeit des Objektes beziehungsweise die absolute Beschleunigung des Objektes ist ein eindeutigeres Merkmal als die Relativgeschwindigkeit des Objektes beziehungsweise die Relativbeschleunigung des Objektes und ist somit vorteilhaft bei dem Zuweisen des Objektes zu der bestimmten Klasse.

[0021] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass Schritt f) auf Basis von einem Prädiktionsalgorithmus, insbesondere einem Kalman-Filter, durchgeführt wird. Ein Prädiktionsalgorithmus versucht beispielsweise in Abhängigkeit von den Radardaten der vorangegangenen Zyklen, Schätzungen über die zukünftigen Radardaten abzugeben. Der Kalman-Filter ist eine Möglichkeit, den Prädiktionsalgorithmus umzusetzen. Der Kalman-Filter ist, anders gesagt, ein Satz von Gleichungen, mit denen trotz fehlerbehafteter Messungen und verrauschten Systemzuständen der wahre Zustand eines Systems geschätzt werden kann. Alternativ hierzu lässt sich beispielsweise ein Partikelfilter anwenden. Durch den Prädiktionsalgorithmus lässt sich das potentielle Objekt besonders einfach und vorteilhaft über die einzelnen Zyklen verfolgen und ermöglicht somit das Erkennen des tatsächlichen Objektes besonders vorteilhaft. Weiterhin kann der Kalman-Filter vorteilhaft sein, weil dieser beispielsweise die Merkmale der Varianz der Geschwindigkeit und der Varianz der Beschleunigung des Objektes besonders einfach bereitstellt.

[0022] Ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem für ein Kraftfahrzeug umfasst zumindest einen Radarsensor zum Bereitstellen von Radardaten eines Umgebungsbereichs des Kraftfahrzeugs, welches dazu ausgelegt ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

[0023] Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug, insbesondere ein Personenkraftwagen, umfasst ein erfindungsgemäßes Fahrerassistenzsystem.

[0024] Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten bevorzugten Ausführungs-

formen und deren Vorteile gelten entsprechend für das erfindungsgemäße Fahrerassistenzsystem sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

[0025] 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.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert.

[0027] Dabei zeigen:

[0028] Fig. 1 in schematischer Draufsicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs mit einem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Fahrerassistenzsystems zum Klassifizieren eines Objekts;

[0029] Fig. 2 ein Diagramm eines ausgesendeten Radarsignals und eines empfangenen Radarsignals abhängig von Frequenz und Zeit;

[0030] Fig. 3 ein Leistungsspektrum, mit der Intensität des empfangenen Radarsignals abhängig von einem Entfernungswert und einem Geschwindigkeitswert;

[0031] Fig. 4 das Leistungsspektrum analog zu Fig. 3 mit Intensitätswerten größer als ein Intensitätsschwellwert;

[0032] Fig. 5 das Leistungsspektrum in Draufsicht mit der Ordinate als Geschwindigkeitswert und der Abszisse als Range- beziehungsweise Entfernungswert;

[0033] Fig. 6 ein teilweises Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0034] Fig. 7 ein weiteres Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0035] Fig. 8 Merkmale des erkannten Objekts mit Gewichten und ein resultierender Merkmalsvektor;

[0036] Fig. 9 ein Diagramm des Merkmals einer über die Zyklen kumulierte Intensität des Objektes; und

[0037] Fig. 10 ein Diagramm des Merkmals „Intensitätsbereich des Objektes“ anhand von Trainingsdaten.

[0038] In Fig. 1 ist schematisch eine Draufsicht auf ein Kraftfahrzeug 1 mit einem Fahrerassistenzsystem 2 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst im Ausführungsbeispiel einen Radarsensor 3. Gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 ist der Radarsensor 3 an einer Front 1a des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet. Die Anordnung des Radarsensors 3 ist jedoch vielfältig möglich, vorzugsweise allerdings so, dass ein Umgebungsbereich 4 des Kraftfahrzeugs 1 erfasst werden kann.

[0039] Der Radarsensor 3 ist dazu ausgelegt, Radarsignale in den Umgebungsbereich 4 auszusenden und vorzugsweise auch die an einem Objekt reflektierten Radarsignale zu empfangen. Der Radarsensor 3 ist vorzugsweise als ein LFM CW-Radar (Linear Frequency Modulation Continuous Wave-Radar) ausgelegt. Hierbei wird ein Chirp in Form einer Rampe auf das Trägersignal aufmoduliert. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch mit einem sonstigen FMCW-Radar beziehungsweise einem Frequenzmodulierten Dauerstrich-Radar ausführbar.

[0040] Vorzugsweise arbeitet das LFM CW-Radar mit einer Trägerfrequenz von 24 Gigahertz und einer Bandbreite von 200 Megahertz. Das Aufmodulieren des Chirps benötigt ungefähr 256 Mikrosekunden und deckt 200 Megahertz ab. Es sind aber auch sämtliche verfügbare andere Trägerfrequenzen und Bandbreiten zur Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich.

[0041] Fig. 2 zeigt ein ausgesendetes Radarsignal 5 und ein empfangenes Radarsignal 6. Beide Radarsignale 5, 6 sind abhängig von einer Frequenz 7 und einer Zeit 8 beschrieben. Weiterhin ist ein Zeitversatz 9 angegeben, welcher eine Laufzeit zwischen Aussenden 5 und Empfangen 6 des Radarsignals angibt und eine Frequenzverschiebung 10 beziehungsweise ein Doppler-Shift, welcher eine Änderung der Frequenz des ausgesandten Radarsignals 5 aufgrund der Reflexion an einem bewegten Objekt, insbesondere ein in radialer Richtung zu dem Radarsensor 3 bewegtes Objekt, angibt.

[0042] Fig. 3 zeigt nun ein Leistungsspektrum 11, welches mittels einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) anhand von mehreren Chirps erstellt werden kann. Vorzugsweise wird das Leistungsspektrum 11 für jeden Zyklus, welcher beispielsweise 70 Millisekunden dauert, erstellt. Das Leistungsspek-

trum 11 visualisiert die Intensität beziehungsweise die Stärke des von dem Objekt reflektierten Radarsignals in Abhängigkeit von einem Entfernungswert 13 beziehungsweise einem Range-Wert und einem Geschwindigkeitswert 14 beziehungsweise einem Dopplerwert. Das Leistungsspektrum 11 ist in Spektrumbereiche 15 unterteilt. Der Spektrumbereich 15 steht somit für ein Element der Matrix, welche das Leistungsspektrum 11 beschreibt. Der Spektrumbereich 15 ist also ein diskreter Intensitätswert 12 mit einem Entfernungswert 13 und einem Geschwindigkeitswert 14.

[0043] Fig. 4 zeigt das Leistungsspektrum 11, bei welchem die Spektrumbereiche 15 jeweils mit einem Intensitätsschwellwert verglichen worden sind und die Spektrumbereiche 15, welche eine Intensität 12 größer als der Intensitätsschwellwert aufweisen, für ein potentielles Objekt 16 stehen.

[0044] Fig. 5 zeigt das Leistungsspektrum 11 in einer zweidimensionalen Ansicht beziehungsweise Draufsicht. Die Ordinate ist der Geschwindigkeitswert 14, während die Abszisse der Entfernungswert 13 ist. In Zusammenschau von Fig. 3 bis Fig. 5 wird somit gezeigt, dass sich ein potentielles Objekt 16 über mehrere der Spektrumbereiche 15 erstreckt beziehungsweise erstrecken kann. Der Grund ist, dass das Objekt verschiedene Geschwindigkeiten beziehungsweise Relativgeschwindigkeiten aufweisen kann oder dass das Objekt nicht eindeutig einer Entfernung beziehungsweise einem der Entfernungswerte 13 zugewiesen werden kann. Das Objekt kann beispielsweise verschiedene Geschwindigkeiten aufweisen, falls das Objekt ein Fußgänger ist, welcher beispielsweise seine Arme bewegt. Die Unschärfe bei der Bestimmung des Entfernungswertes 13 können beispielsweise mit Verzögerungen in der Laufzeit des Radarsignals erklärt werden, welche beispielsweise durch Mehrfachreflexionen des Radarsignals entstehen. Weiterhin kann die Auflösung des Entfernungswertes 13 von dem Radarsensor 3 abhängen.

[0045] Fig. 6 zeigt ein Ablaufdiagramm, welches das erfindungsgemäße Verfahren in spezifischen Schritten beschreibt. In einem Schritt S1 wird der Chirp auf das Radarsignal aufmoduliert, das Radarsignal wird ausgesendet und in einem weiteren Schritt S2 empfangen. In dem Schritt S2 werden die Komponenten der Frequenzverschiebung 10 und des Zeitversatzes 9 bestimmt, womit unter Beteiligung der Intensität 12 das Leistungsspektrum 11 bereitgestellt werden kann. Das Leistungsspektrum 11 wird für jeden Zyklus bereitgestellt. Anschließend wird in einem Schritt S3 für jedes potentielle Objekt 16 in dem Leistungsspektrum 11 der Entfernungswert 13, der Geschwindigkeitswert 14 und ein Azimutwinkel 17 bestimmt. Der Entfernungswert 13, der Geschwindigkeitswert 14 und der Azimutwinkel 17 sind in die-

sem Fall die Parameterwerte. Anhand der Parameterwerte **13**, **14**, **17** wird das potentielle Objekt **16** über mehrere Zyklen, also mehrere Leistungsspektren **11**, in einem Schritt S4 verfolgt. Ist das potentielle Objekt **16** in dem Schritt S4 verfolgbar gewesen, so kann davon ausgegangen werden, dass es sich um ein tatsächliches Objekt **18** handelt. Das tatsächliche Objekt **18** wird in einem weiteren Schritt S5 anhand von Merkmalen V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC mit Referenzmerkmalen V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC eines Referenzobjektes verglichen. Abhängig von dem Vergleich kann das Objekt einer vorbestimmten Klasse zugewiesen werden. Abschließend kann dann auf Basis dieser Information ein Warnsignal, beispielsweise für ein RPC(Rear Pre-Crash)-System ausgegeben werden. Durch das Verfahren kann insbesondere durch Schritt S4 sichergestellt werden, dass die Klassifikation nur für das tatsächliche Objekt **18** und nicht das potentielle Objekt **16** ausgeführt wird.

[0046] Fig. 7 zeigt ein weiteres Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Schritte S2, S3, S4 analog zu Fig. 5 ablaufen. Ein Schritt S6 ist zur Veranschaulichung der Klassifikation beziehungsweise der Zuordnung eingefügt. Wie zuvor in Fig. 5 werden hier die Merkmale V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC des erkannten Objektes **18** mit den Referenzmerkmalen V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC des Referenzobjektes verglichen. Die Merkmale V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC sind beispielsweise eine absolute Geschwindigkeit V_{abs} des Objektes **18**, eine absolute Beschleunigung A_{abs} des Objektes **18**, eine Varianz der Geschwindigkeit σ^2V des Objektes **18**, eine Varianz der Beschleunigung σ^2A des Objektes **18**, eine über die Zyklen kumulierte Intensität y des Objektes **18** und ein Intensitätsbereich RC des Objektes **18** von dem Leistungsspektrum **11**. Die absolute Geschwindigkeit V_{abs} des Objektes **18** und die absolute Beschleunigung A_{abs} des Objektes **18** können beispielsweise mit der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs **1** und der Beschleunigung des Kraftfahrzeugs **1**, welche in Schritt S7 bereitgestellt werden, ermittelt werden. Die Varianz der Geschwindigkeit σ^2V und die Varianz der Beschleunigung σ^2A können beispielsweise von einem für das Verfolgen in dem Schritt S4 verwendeten Prädiktionsalgorithmus, beispielsweise einem Kalman-Filter, bereitgestellt werden. Die verbleibenden Merkmale y , RC werden anschließend anhand von Grafiken beschrieben. Fig. 7 zeigt nach dem Schritt S6 ebenfalls den Schritt S5, welcher das Warnsignal nach der erfolgten Klassifikation ausgibt. Das Warnsignal kann an einen Fahrer des Kraftfahrzeugs ausgegeben werden, und zwar visuell und/oder akustisch und/oder haptisch, es kann aber ergänzend oder alternativ auch als Steuersignal an das Kraftfahrzeug **1** ausgegeben werden.

[0047] Die Klassifikation, wie sie in dem Schritt S6 durchgeführt wird, weist das Objekt **18** zu einer bestimmten Klasse von mehreren verschiedenen Klas-

sen zu. Die verschiedenen Klassen charakterisieren vorzugsweise verschiedene Verkehrsteilnehmer. Diese Verkehrsteilnehmer können beispielsweise ein Motorrad und/oder ein Personenkraftwagen und/oder ein Lastkraftwagen und/oder ein Fußgänger und/oder ein Fahrrad sein. Ergänzend oder alternativ kann auch ein unbekanntes Objekt als eine der vorbestimmten Klassen vorgesehen sein. Das unbekanntes Objekt kann in unsicheren beziehungsweise unklaren Fällen als die Klasse gewählt werden. In einer besonderen Ausführungsform kann es auch vorgesehen sein, dass Verkehrszeichen oder Brücken klassifiziert werden.

[0048] Für die Klassifikation kann beispielsweise die absolute Geschwindigkeit V_{abs} verwendet werden, weil größere Objekte **18**, wie beispielsweise Lastkraftwagen, üblicherweise nicht mit hohen Geschwindigkeiten fahren. Die Objekte **18** können also beispielsweise mit dem Merkmal der absoluten Geschwindigkeit V_{abs} zu einer Klasse zugewiesen werden. Die absolute Geschwindigkeit V_{abs} berechnet sich wie folgt:

$$V_{abs} = V_{\text{Kraftfahrzeug}} - V_{\text{Objekt}}$$

falls ($V_{abs} > \text{Grenzwert}$) dann folgt Objekt **18** ≠ Lastkraftwagen

$V_{\text{Kraftfahrzeug}}$ ist die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs **1** und V_{Objekt} ist die Geschwindigkeit des Objektes **18** relativ zum Kraftfahrzeug **1**.

[0049] Analog dazu kann die absolute Beschleunigung A_{abs} verwendet werden als Merkmal, um das Objekt **18** zu einer bestimmten Klasse zuzuweisen. Die absolute Beschleunigung A_{abs} berechnet sich wie folgt:

$$A_{abs} = A_{\text{Kraftfahrzeug}} - A_{\text{Objekt}}$$

falls ($A_{abs} > \text{Grenzwert}$) dann folgt Objekt **18** ≠ Lastkraftwagen

[0050] Der jeweilige Grenzwert kann anhand von Trainingsdaten in einem Trainingsprozess bestimmt werden.

[0051] Für die Schätzung der Varianz der Geschwindigkeit σ^2V und der Varianz der Beschleunigung σ^2A werden folgende mathematische Zusammenhänge beispielsweise angenommen:

$$\sigma^2V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_{abs,i} - V_{mean})^2,$$

wobei V_{abs} die absolute Geschwindigkeit V_{abs} ist. i bezeichnet den jeweiligen Zyklus, und n bezeichnet die maximale Anzahl der Zyklen. V_{mean} ist das arithmetische Mittel von allen absoluten Geschwindigkeiten V_{abs} über alle Zyklen.

$$\sigma^2 A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_{abs,i} - A_{mean})^2,$$

wobei A_{abs} für die absolute Beschleunigung A_{abs} steht und A_{mean} für die Durchschnittsbeschleunigung über alle Zyklen. Auch für die Varianz der Geschwindigkeit $\sigma^2 V$ und die Varianz der Beschleunigung σ^{2A} gibt es jeweils einen Grenzwert.

[0052] Falls ($\sigma^2 V > \text{Grenzwert}$) dann folgt Objekt **18** ≠ Lastkraftwagen

oder

Falls ($\sigma^2 A > \text{Grenzwert}$) dann folgt Objekt **18** ≠ Lastkraftwagen

[0053] In diesen Fällen wird also immer davon ausgegangen, dass das Objekt **18** eine andere Klasse als Lastkraftwagen ist, weil die absolute Geschwindigkeit V_{abs} und/oder die absolute Beschleunigung A_{abs} und/oder die Varianz der Geschwindigkeit $\sigma^2 V$ und/oder die Varianz der Beschleunigung $\sigma^2 A$ über einem aus Trainingsdaten bekannten üblichen Wert, dem Grenzwert, für Lastkraftwagen liegt.

[0054] Fig. 8 zeigt, wie der Merkmalsvektor **19** anhand von der absoluten Geschwindigkeit V_{abs} , der absoluten Beschleunigung A_{abs} , der Varianz der Geschwindigkeit $\sigma^2 V$, der Varianz der Beschleunigung $\sigma^2 A$ der über die Zyklen kumulierten Intensität y des Objektes **18** und des Intensitätsbereichs RC bestimmt wird. Jedes dieser Merkmale V_{abs} , A_{abs} , $\sigma^2 V$, $\sigma^2 A$, y , RC kann zusätzlich mit einem Gewicht G_1 bis G_6 gewichtet werden.

[0055] Fig. 9 beschreibt das Merkmal der über die Zyklen kumulierten Intensität y . Die kumulierte, mit dem Durchschnittsfilter berechnete Intensität eines Objektes **18** beziehungsweise eines Spektrumbereichs **15** ist auf der Ordinate eingetragen, während der Entfernungswert **13** des korrespondierenden Spektrumbereichs **15** auf der Abszisse eingetragen ist. Unterschieden wird vorliegend zwischen drei Klassen, zu welchen das Objekt **18** zugewiesen wird. Diese Klassen können beispielsweise linear, also mit geraden Linien, voneinander separiert werden. Die Klasse mit dem höchsten y -Wert ist beispielsweise vorliegend ein Lastkraftwagen, die Klasse mit dem kleinsten y -Wert ist ein Motorrad, und die Klasse zwischen den beiden anderen Klassen ist ein Kraftwagen.

[0056] Die über die Zyklen kumulierte Intensität y berechnet sich folgendermaßen. Zusätzlich ist in der Berechnung der Durchschnittsfilter enthalten, welcher die Intensität aus den vorherigen Zyklen berücksichtigt.

$$y(n) = \alpha x(n) + \beta y(n-1),$$

[0057] n ist der jeweilige Zyklus, und x ist die Intensität **12** beziehungsweise die Stärke des an dem Objekt **18** reflektierten Radarsignals. Mit $\alpha = 1/m$ und $\beta = 1 - 1/m$. Wobei m die Anzahl der Zyklen für den ersten Zyklus ist. Für die Berechnung von y wird m auf 1 gesetzt. m erhöht sich dann mit jedem weiteren Zyklus um 1.

[0058] Das Merkmal des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** wird abhängig von dem Leistungsspektrum **11** erzeugt. Hierzu wird über das Leistungsspektrum **11** ein rechteckiges Fenster beziehungsweise ein rechteckiger Intensitätsbereich ausgewählt.

[0059] Generell, kann der ausgewählte Intensitätsbereich jedoch eine beliebig andere Form oder Größe aufweisen. Weiterhin werden nun alle Spektrumbereiche **15** beziehungsweise Bins innerhalb des rechteckigen Ausschnitts **20** gezählt, welche über einem vorbestimmten Intensitätsschwellwert liegen. Der Intensitätsschwellwert kann beispielsweise 20 dB betragen. Das Merkmal des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** ist also somit eine ganze Zahl beziehungsweise ein Integer-Wert für jedes Objekt **18** in dem Leistungsspektrum **11**. Für das Leistungsspektrum **11** des nächsten Zyklus wird ein neuer Wert für das Merkmal des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** bestimmt. Das Merkmal des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** kann auch als Range-Counter bezeichnet werden.

[0060] Fig. 10 zeigt eine Darstellung von dem Merkmal des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** anhand von einer Mehrzahl von Referenzobjekten. So ist schematisch gezeigt, wie beispielsweise die Klasse Motorrad **25** im unteren Bereich des Diagramms, welche sich im Wesentlichen von 0 bis 10 auf der Ordinate beziehungsweise des Wertes des Intensitätsbereichs RC des Objektes **18** erstreckt, von der darüberliegenden Klasse, welche vorliegend Personenkraftwagen beschreibt, trennt. Die Trennung zwischen der Klasse Motorrad **25** und der Klasse Personenkraftwagen **23** ist mittels einer Trennlinie **21** visualisiert. Weiterhin ist die Trennung von der Klasse Personenkraftwagen **23** und der Klasse Lastkraftwagen **24** mittels einer zweiten Trennlinie **22** beschrieben. Die Abszisse in Fig. 10 beschreibt den Entfernungswert **13**.

[0061] Die Abmessungen des rechteckigen Ausschnitts **20** können beispielsweise drei der Spektrumbereiche **15** und **20** der Entfernungswerte **13** betragen. Es ist jedoch auch eine andere Abmessung des rechteckigen Ausschnitts **20** möglich.

[0062] Weiterhin ist vorgesehen, dass abhängig von dem Merkmalsvektor **19** ein Konfidenzwert, welcher eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Klassifikation zulässt, bereitgestellt werden kann. So kann die Klasse beispielsweise abhängig von dem höchsten

Wert des jeweiligen Merkmals V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC in dem Merkmalsvektor **19** zugewiesen werden. Falls ein Merkmal V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC des Merkmalsvektors **19** beispielsweise signifikant höher ist als die anderen Merkmale V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC des Merkmalsvektors **19**, so kann beispielsweise von einer sehr zuverlässigen Klassifikation ausgegangen werden. Andererseits, falls die Ergebnisse von dem Vergleich der Merkmale V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC mit den Referenzmerkmalen V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC für alle Merkmale V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC des Merkmalsvektors **19** nahe beisammen liegen, so kann beispielsweise von einer niedrigen Zuverlässigkeit der Klassifikation ausgegangen werden.

kraftwagen beziehungsweise die Klasse Lastkraftwagen **24** bei 70 Prozent liegt, während die Wahrscheinlichkeit für die Klasse Personenkraftwagen **23** bei 20 Prozent liegt und die Klasse Motorrad **25** nur mit 10 Prozent in Frage kommt.

[0063] Der Merkmalsvektor **19** kann beispielsweise als Array realisiert werden, wobei jeder Index beziehungsweise jedes Element des Merkmalsvektors **19** für eine bestimmte Klasse gedacht ist. Der Wert, welcher in diesem Index hinterlegt ist, beschreibt, wie oft das Ergebnis des Merkmals V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC diese Klasse beschrieben hat. Das bedeutet, jedes Mal, wenn ein Merkmal V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC eine bestimmte Klasse beschrieben hat, wird der Zähler dementsprechend erhöht. In einer besonderen Ausführungsform wird der Zähler abhängig von dem Gewicht G erhöht. So kann ein Ergebnis, welches durch den Merkmalsvektor **19** beschrieben wird, beispielsweise wie folgt aussehen.

$$\text{Vektor} = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \textit{Lastkraftwagen} \\ \textit{Personenkraftwagen} \\ \textit{Motorrad} \\ \textit{Fußgänger} \end{array}$$

[0064] Vorliegend wurde also viermal für Lastkraftwagen, also Klasse Lastkraftwagen **24** gestimmt. In einer weiteren Ausführungsform kann beispielsweise eine Mindestanzahl von Zyklen erforderlich sein, um eine zuverlässige Zuweisung zu einer Klasse zu erhalten. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass mindestens fünf Zyklen notwendig sind, um eine zuverlässige Aussage über die Zuweisung zu der bestimmten Klasse treffen zu können. So kann ein weiterer Merkmalsvektor **19** beispielsweise folgendermaßen aussehen.

$$\text{Vektor} = \begin{bmatrix} 7 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \textit{Lastkraftwagen} \\ \textit{Personenkraftwagen} \\ \textit{Motorrad} \\ \textit{Fußgänger} \end{array}$$

[0065] In diesem Fall liegen mehr als fünf Zyklen vor, und das Ergebnis kann als zuverlässig angenommen werden. Hier kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass die Wahrscheinlichkeit für Last-

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2012/0119894 A1 [0002]
- US 8314732 B2 [0003]
- US 7652617 B2 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klassifizieren eines Objektes (18) in einem Umgebungsbereich (4) eines Kraftfahrzeuges (1) mit den Schritten:

- a) Aussenden von Radarsignalen (5) in den Umgebungsbereich (4) von zumindest einem kraftfahrzeugseitigen Radarsensor (3) und Empfangen von an dem Objekt (18) reflektierten Radarsignalen (6),
- b) Bereitstellen der durch die Radarsignale (5, 6) erhaltenen Informationen als Radardaten,
- c) Erzeugen eines Leistungsspektrums (11) abhängig von zumindest einem als Information in den Radardaten enthaltenen Entfernungswert (13) und/oder Geschwindigkeitswert (14) und/oder Intensitätswert (12),
- d) Vergleichen von zumindest einem in dem Leistungsspektrum (11) enthaltenen Spektrumbereich (15) mit einem Intensitäts-Schwellwert und auswählen des Spektrumbereichs (15) als potentiell Objekt (16), falls dessen Intensität (12) größer als der Intensitäts-Schwellwert ist,
- e) Durchführen eines weiteren Zyklus mit den Schritten a) bis d),
- f) Erkennen des potentiellen Objektes (16) als tatsächliches Objekt (18) abhängig davon, ob das potentielle Objekt (16) sowohl in einem ersten Zyklus gemäß den Schritten a) bis d) als auch zumindest in dem zweiten Zyklus gemäß Schritt e) ausgewählt wurde,
- g) Vergleichen von zumindest einem Merkmal (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) des erkannten Objektes (18) mit Referenzmerkmalen (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) eines Referenzobjektes,
- h) Zuweisen des Objektes (18) zu einer bestimmten Klasse (23, 24, 25) von mehreren verschiedenen Klassen (23, 24, 25) abhängig von dem Vergleich gemäß Schritt g).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem ersten Zyklus nach der Auswahl des potentiellen Objektes (16) eine Bestimmung von zumindest einem den Spektrumbereich (15) charakterisierenden Parameterwert (13, 14, 17) durchgeführt und auch in dem zweiten Zyklus nach der Auswahl des potentiellen Objektes (16) eine Bestimmung von dem zumindest einen den Spektrumbereich (15) charakterisierenden Parameterwert (13, 14, 17) durchgeführt wird und das Erkennen des potentiellen Objektes (16) als tatsächliches Objekt (18) gemäß Schritt f) abhängig davon erfolgt, ob die Parameterwerte (13, 14, 17) zumindest innerhalb eines einen Wertebereich der Parameterwerte definierenden Abweichungsintervalls in beiden Zyklen aufgetreten sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als der Parameterwert (13, 14, 17) ein Entfernungswert (13) von dem Radarsensor (3) zum Objekt (16) und/oder eine Relativgeschwindigkeit

(14) zwischen dem Radarsensor (3) und dem Objekt (16) und/oder ein Azimutwinkel (17) von dem Radarsensor (3) zum Objekt (16) berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als das zumindest eine Merkmal (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) eine absolute Geschwindigkeit (V_{abs}) des Objektes (18) und/oder eine absolute Beschleunigung (A_{abs}) des Objektes (18) und/oder eine Varianz der Geschwindigkeit (σ^2V) des Objektes (18) und/oder eine Varianz der Beschleunigung (σ^2A) des Objektes (18) und/oder eine über die Zyklen kumulierte Intensität (y) des Objektes (18) und/oder ein Intensitätsbereich (RC) des Objektes (18) von dem Leistungsspektrum (11) berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung der absoluten Geschwindigkeit (V_{abs}) des Objektes (18) bzw. der absoluten Beschleunigung (A_{abs}) des Objektes (18) abhängig von einer Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges (1) bzw. einer Beschleunigung des Kraftfahrzeuges (1) ausgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die über die Zyklen kumulierte Intensität (y) des Objektes (18) ein Durchschnittsfilter, welches die Intensität (12) über die Zyklen mittelt, berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zuweisen zu einer Klasse (23, 24, 25) abhängig von der über die Zyklen kumulierten Intensität (y) des Objektes (18) mit zumindest einer linearen Teilung eines Merkmalsraumes der über die Zyklen kumulierten Intensität (y) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Intensitätsbereich (RC) des Objektes (18) von dem Leistungsspektrum (11) in Abhängigkeit eines rechteckigen Ausschnittes des Leistungsspektrums (11) berücksichtigt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die verschiedenen Klassen (23, 24, 25) verschiedene Verkehrsteilnehmer charakterisiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als ein Verkehrsteilnehmer ein Motorrad und/oder ein Personenkraftwagen und/oder ein Lastkraftwagen und/oder ein Fußgänger und/oder ein Fahrrad berücksichtigt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass abhängig von Schritt g) ein Konfidenzwert, welcher eine Zu-

verlässigkeit des Vergleichs beschreibt, berücksichtigt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Merkmal (V_{abs} , A_{abs} , σ^2V , σ^2A , y , RC) gewichtet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schritt f) mit einem Prädiktionsalgorithmus, insbesondere einem Kalmanfilter durchgeführt wird.

14. Fahrerassistenzsystem (2) mit zumindest einem Radarsensor (3) zum Bereitstellen von Radar-daten eines Umgebungsbereichs (4) eines Kraftfahrzeugs (1), welches dazu ausgelegt ist ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

15. Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrerassistenzsystem (2) nach Anspruch 14.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

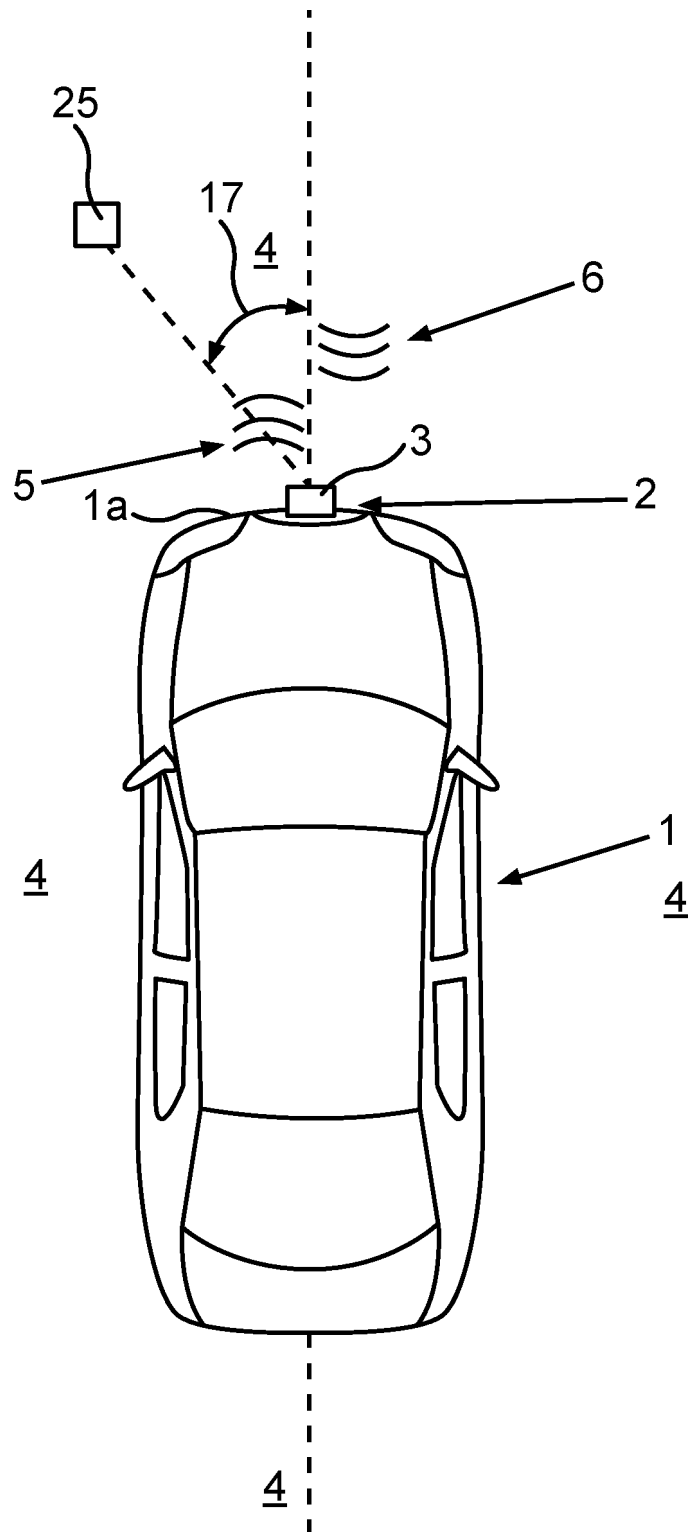


Fig.1

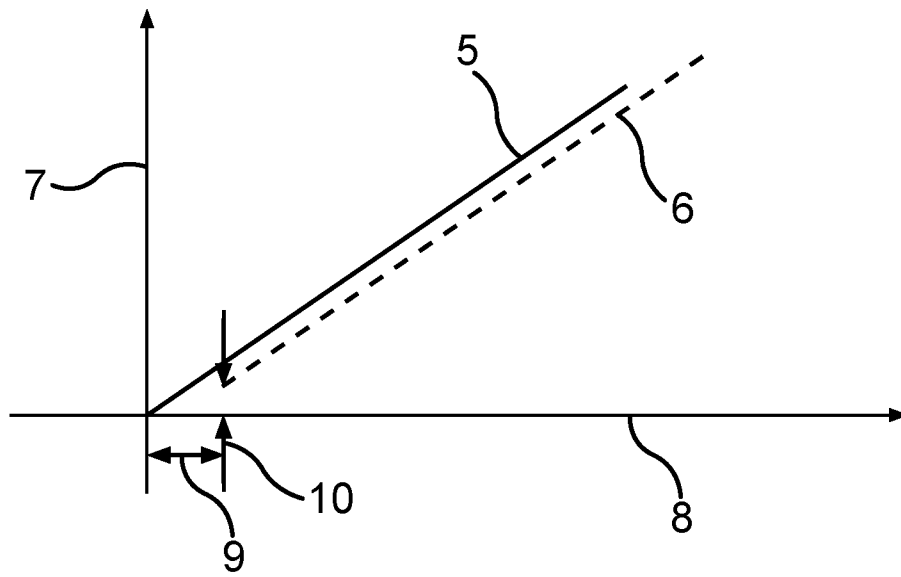


Fig.2

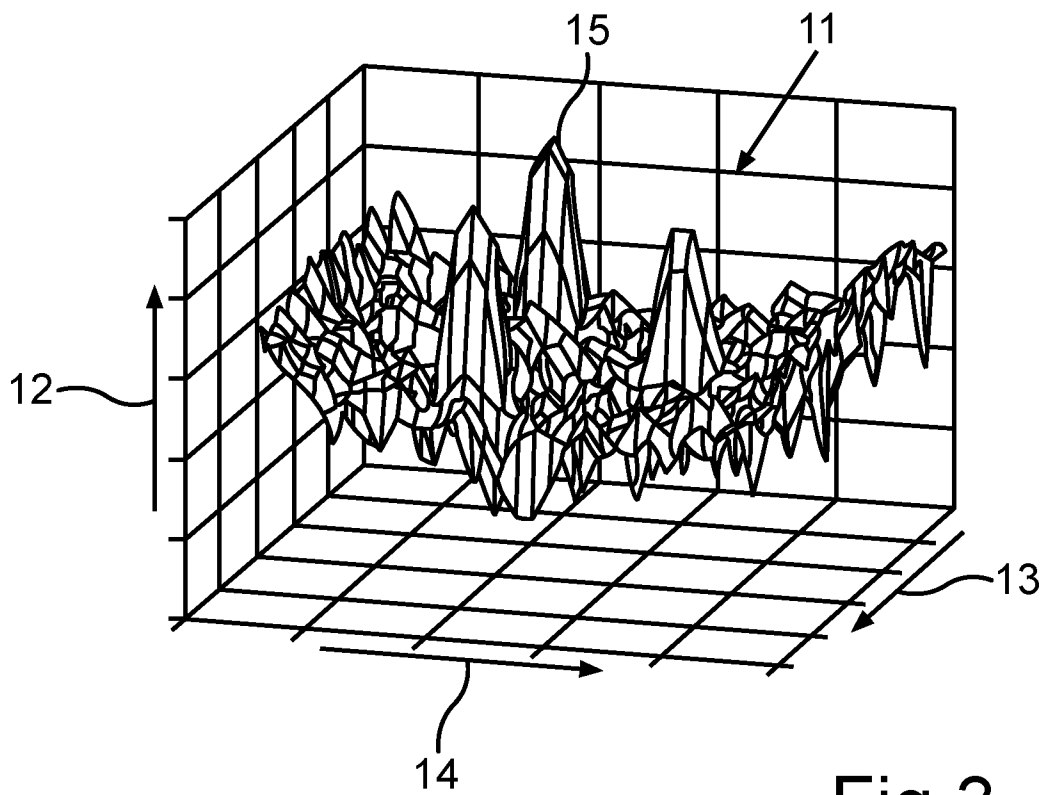
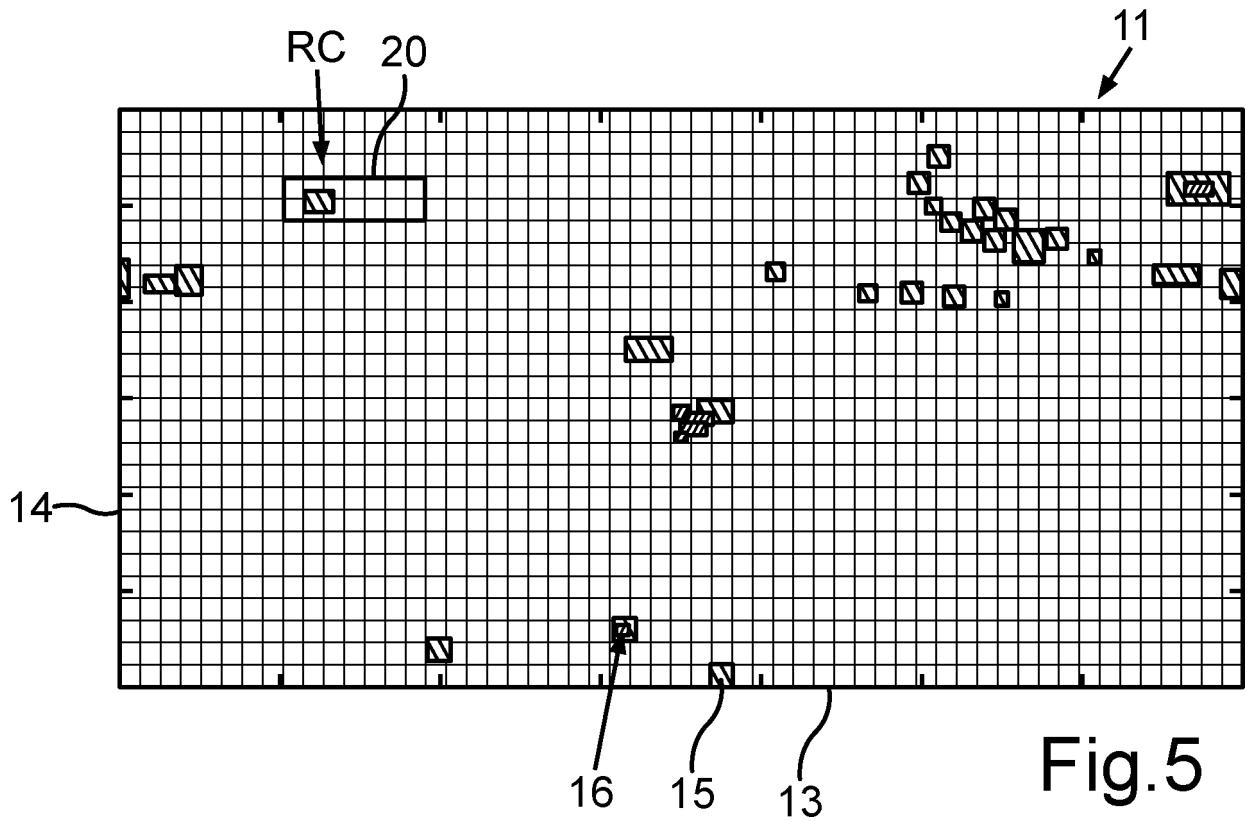
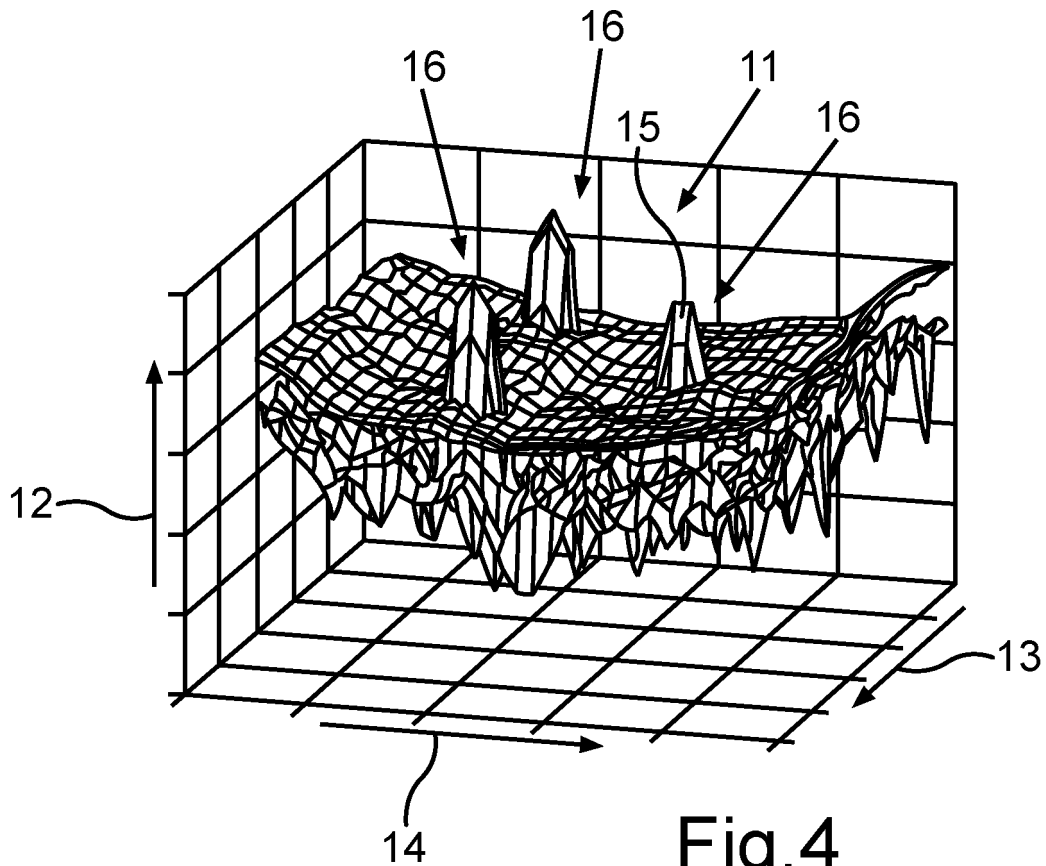


Fig.3



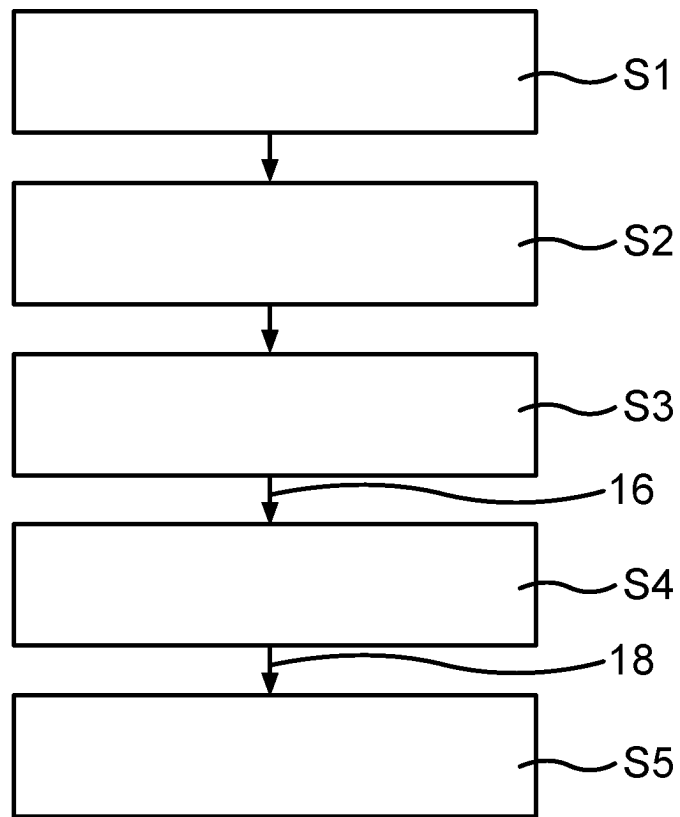


Fig.6

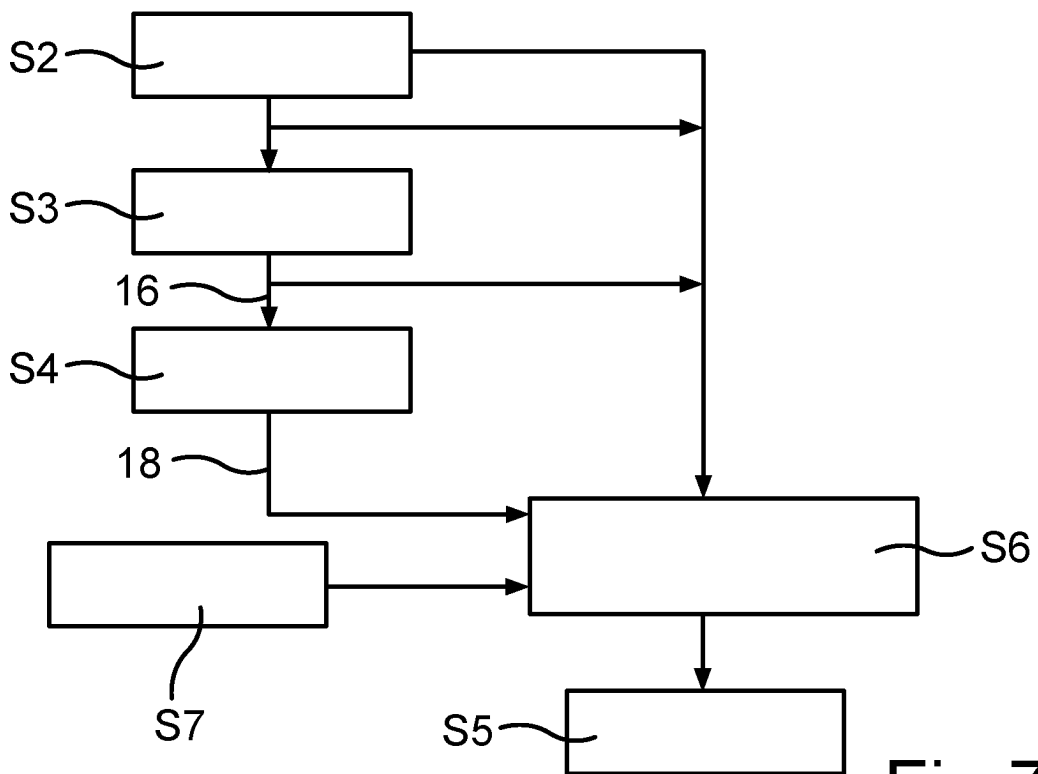


Fig.7

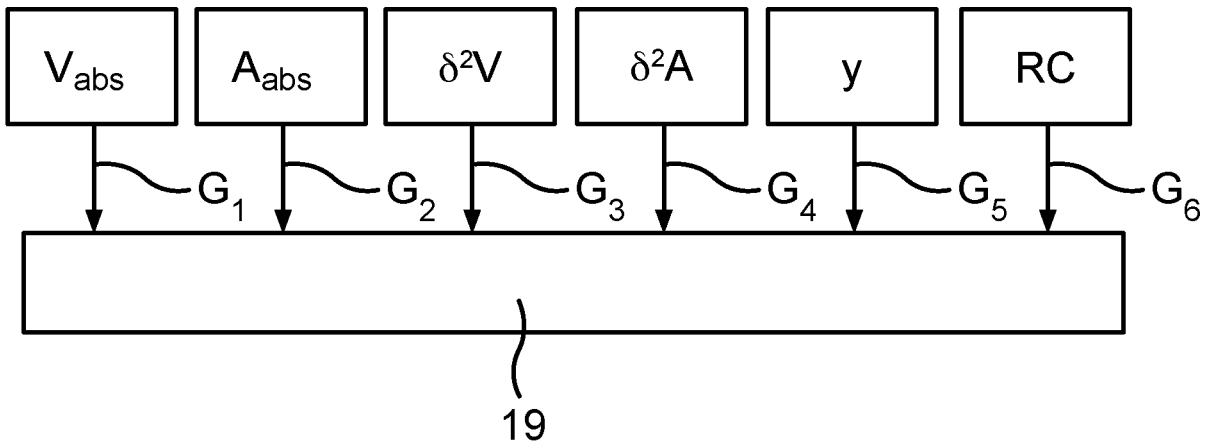


Fig.8

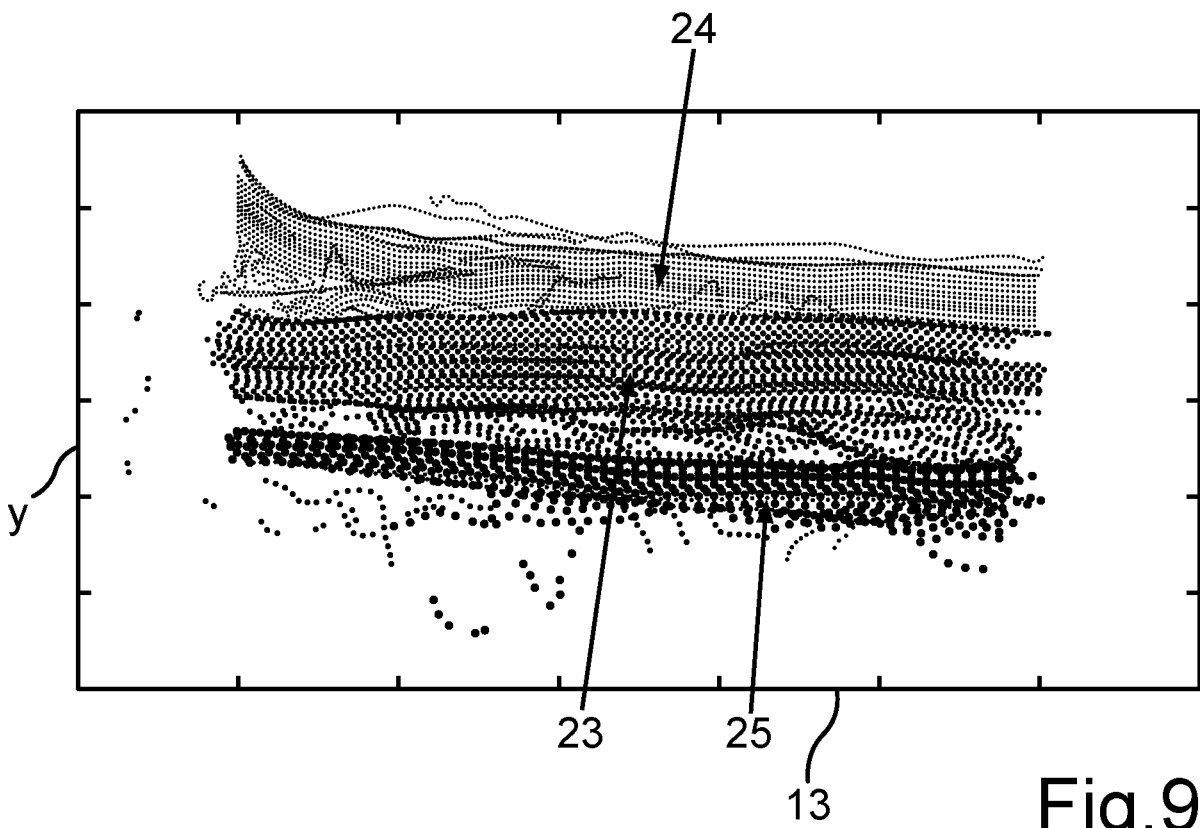


Fig.9

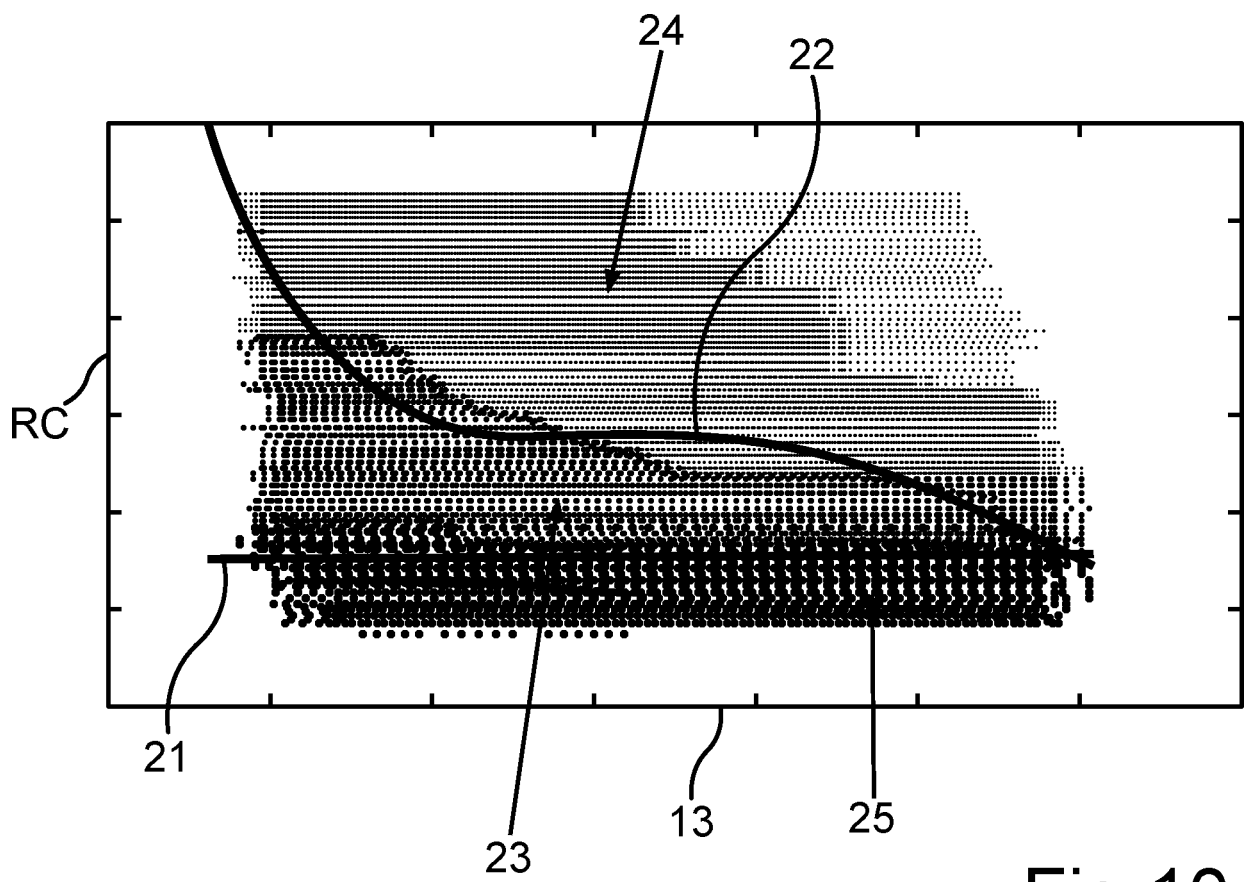


Fig.10