

(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
16. Januar 2014 (16.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/009406 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01S 11/12 (2006.01) *G06T 7/20* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/064559
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
10. Juli 2013 (10.07.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 211 961.2 10. Juli 2012 (10.07.2012) DE
- (71) **Anmelder:** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder:** CONOMIS, Christos; Wielandstrasse 16,
71229 Leonberg (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR CALCULATING A CHANGE IN AN IMAGE SCALE OF AN OBJECT

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BERECHNEN EINER VERÄNDERUNG EINES ABBILDUNGSMAßSTABS EINES OBJEKTS

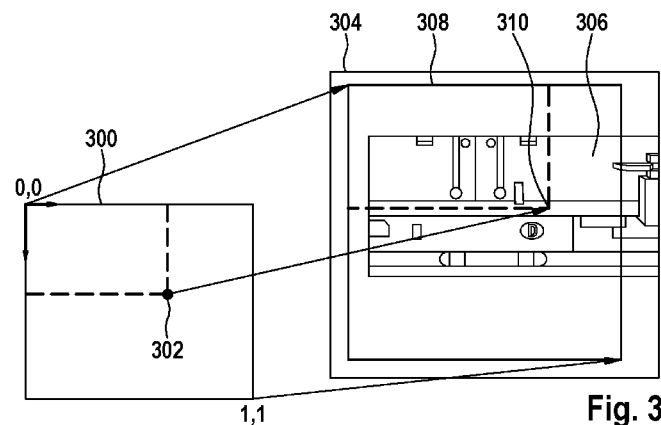


Fig. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a method (100) for calculating a change in an image scale of an object, said method (100) comprising an identification step (102), a provision step (104), a scaling step (106), a determination step (108) and a combination step (110). In the identification step (102), image coordinates of characteristic image regions are identified in a current image. These characteristic image regions depict object features of at least said one object in the current image. In the provision step (104), a model is provided, model coordinates of said model representing a selection of positions of identified object features of the object in a preceding image. In the scaling step (106), the model is scaled in order to obtain a scaled model. At least one portion of the model coordinates is correlated to the identified image coordinates, the model and the scaled model differing from one another by a model scaling factor. In the determination step (108), an image scaling factor is determined using the image coordinates of at least two identified characteristic image regions and image coordinates of the two image regions as identified in the preceding image. In the combination step (110), the model scaling factor is combined with the image scaling factor in order to ascertain the change in the image scale.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/009406 A1

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts, wobei das Verfahren (100) einen Schritt des Erkennens (102), einen Schritt des Bereitstellens (104), einen Schritt des Skalierens (106), einen Schritt des Ermittlens (108) und einen Schritt des Kombinierens (110) umfasst. Im Schritt des Erkennens (102) werden Bildkoordinaten charakteristischer Bildbereiche in einem aktuellen Bild erkannt. Die charakteristischen Bildbereiche bilden Objektmerkmale zumindest des einen Objekts in dem aktuellen Bild ab. Im Schritt des Bereitstellens (104) wird ein Modell bereitgestellt, Modellkoordinaten des Modells repräsentieren eine Auswahl von Positionen erkannter Objektmerkmale des Objekts in einem vorausgehenden Bild. Im Schritt des Skalierens (106) wird das Modell skaliert, um ein skaliertes Modell zu erhalten. Zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten wird mit den erkannten Bildkoordinaten in Relation gebracht. Das Modell und das skalierte Modell unterscheiden sich um einen Modellskalierungsfaktor. Im Schritt des Ermittlens (108) wird ein Bildskalierungsfaktor unter Verwendung der Bildkoordinaten von zumindest zweierkantigen charakteristischen Bildbereichen und, in dem vorausgehenden Bild erkannten, Bildkoordinaten der zwei Bildbereiche ermittelt. Im Schritt des Kombinierens (110) wird der Modellskalierungsfaktor mit dem Bildskalierungsfaktor kombiniert, um die Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu erhalten.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren und Vorrichtung zum Berechnen einer Veränderung eines
Abbildungsmaßstabs eines Objekts

10

Stand der Technik

15

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts, auf eine entsprechende Vorrichtung sowie auf ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

20

Eine Entfernung zu einem vorausfahrenden Fahrzeug kann bei einem monokularen Kamerasystem über einen Rahmen erfasst werden, der einer Silhouette des Fahrzeugs angelehnt ist.

25

Die EP 1 806 595 B1 beschreibt ein Verfahren zur Schätzung der Distanz eines Objekts unter Verwendung einer mittels monokularer Kamera aufgezeichneten Bildsequenz.

30

Offenbarung der Erfindung

Vor diesem Hintergrund wird mit der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts, weiterhin eine Vorrichtung, die dieses Verfahren verwendet sowie schließlich ein entsprechendes Computerprogrammprodukt gemäß den Hauptansprüchen vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

35

Beim Ermitteln einer Entfernung zu einem vorausfahrenden Fahrzeug kann in einem Entfernungsschätzverfahren eine Berechnung der Entfernung auf eine Kombination mehrerer Unterverfahren gestützt werden, die jeweils auf

5 unterschiedlichen Algorithmen basieren können. Dabei können beispielsweise
Ergebnisse eines schnell ausführbaren Algorithmus mit Ergebnissen eines
langsam ausführbaren Algorithmus kombiniert werden. Der schnelle Algorithmus
kann dabei Ergebnisse aufweisen, die eine größere Streuung innerhalb eines
breiteren Fehlerbands aufweisen, als der langsame Algorithmus, der Ergebnisse
10 aufweisen kann, die eine kleinere Streuung innerhalb eines schmaleren
Fehlerbands aufweisen. Durch den schnellen Algorithmus kann das
Entfernungsschätzverfahren auf plötzliche Änderungen schnell ansprechen.
Durch den langsamen Algorithmus kann das Entfernungsschätzverfahren bei
10 einer stetigen Änderung der Entfernung einen geglätteten Wert bereitstellen.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Berechnen einer
Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts, wobei das Verfahren die
folgenden Schritte umfasst:

15

Erkennen von Bildkoordinaten charakteristischer Bildbereiche in einem aktuellen
Bild, wobei die charakteristischen Bildbereiche Objektmerkmale zumindest des
einen Objekts in dem aktuellen Bild abbilden;

20

Bereitstellen eines Modells, wobei Modellkoordinaten des Modells eine Auswahl
von Positionen erkannter Objektmerkmale des Objekts in einem vorausgehenden
Bild repräsentieren;

25

Skalieren des Modells um ein skaliertes Modell zu erhalten, wobei zumindest ein
Anteil der Modellkoordinaten mit den im Schritt des Erkennens erkannten
Bildkoordinaten in Relation gebracht wird, wobei sich das Modell und das
skalierte Modell um einen Modellskalierungsfaktor unterscheiden;

30

Ermitteln eines Bildskalierungsfaktors unter Verwendung der Bildkoordinaten von
zumindest zwei erkannten charakteristischen Bildbereichen und in dem
vorausgehenden Bild erkannter Bildkoordinaten der zwei Bildbereiche; und

35

Kombinieren des Modellskalierungsfaktors mit dem Bildskalierungsfaktor, um die
Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu erhalten.

Die Schritte des Verfahrens können von einer in einem Fahrzeug angeordneten Vorrichtung ausgeführt werden. Das Verfahren kann dabei während der Fahrt des Fahrzeugs ausgeführt werden. Bei dem Objekt kann es sich beispielsweise um ein vorausfahrendes Fahrzeug handeln. Zur Abbildung des Objekts kann das Fahrzeug eine Kamera aufweisen. Unter einem Abbildungsmaßstab kann ein Faktor verstanden werden, der einen Zusammenhang zwischen einer tatsächlichen Größe eines Objekts und einer abgebildeten Größe des Objekts in einer Abbildung darstellt. Wenn eine Brennweite einer Kamera, mit der die Abbildung als Bild erfasst wird, konstant ist, dann verändert sich der Abbildungsmaßstab aufgrund einer Veränderung einer Entfernung des Objekts von der Kamera. Somit kann aus der Veränderung des Abbildungsmaßstabs auf die Änderung der Entfernung des Objekts von der Kamera geschlossen werden. Eine Bildkoordinate kann ein orthogonales Koordinatenpaar eines Bildpunkts des Bilds in einem Bildkoordinatensystem des Bilds sein. Dabei kann ein Koordinatenursprung willkürlich gewählt sein oder beispielsweise kameraspezifisch sein. Ein charakteristischer Bildbereich kann eine Gruppe von Bildpunkten oder ein einzelner Bildpunkt des Bilds sein. Der charakteristische Bildbereich kann eine vorbestimmte Bildeigenschaft aufweisen. Beispielsweise kann der charakteristische Bildbereich einen Übergang von einem ersten vorbestimmten Helligkeitswert eines ersten Bildpunkts zu einem zweiten vorbestimmten Helligkeitswert eines benachbarten zweiten Bildpunkts aufweisen. Der charakteristische Bildbereich kann ein charakteristisches Merkmal des Objekts abbilden. Beispielsweise kann der Bildbereich eine Körperkante oder Körperecke des Objekts als Objektmerkmal abbilden. Der charakteristische Bildbereich kann auch ein vorbestimmtes Muster abbilden. Der charakteristische Bildbereich wird unter Verwendung eines Algorithmus erkannt. Das aktuelle Bild und das vorausgehende Bild können Bilder einer Bildfolge der gleichen Kamera sein. Das vorausgehende Bild kann auch mehrere Bilder zurückliegen. Unter einem Modell kann eine Punktwolke aus einzelnen Modellpunkten relevanter charakteristischer Bildbereiche des Objekts verstanden werden. Das Modell kann ein Modellkoordinatensystem aufweisen. Die Modellpunkte können mit Modellkoordinaten beschrieben sein und zueinander eine bestimmte Relation aufweisen. Unter einem Skalieren kann ein Vergrößern oder ein Verkleinern verstanden werden. Das Modell kann auch verschoben und/oder verdreht werden. Das Skalieren kann auch ein Verzerrern, beispielsweise ein perspektivisches Verzerrern sein. Beim Skalieren können Punkte des Modells so

lange skaliert bzw. verzerrt werden, bis die Modellbereiche bzw. Modellpunkte mit entsprechenden Bildbereichen bzw. Bildpunkten des Bilds übereinstimmen. Die Bereiche bzw. Punkte des Modells können dabei ihre originalen Proportionen behalten. Beim Skalieren können Modellbereiche ohne entsprechend
5 zugewiesene Bildbereiche übrig bleiben, wenn beispielsweise das Objekt an der Stelle verdeckt ist. Wenn das Objekt wieder frei ist, können die Modellbereiche wieder den entsprechenden Bildbereichen zugeordnet werden. Ein Modellskalierungsfaktor kann beispielsweise eine prozentuale Veränderung des skalierten Modells zu dem Modell sein. Ein Bildskalierungsfaktor kann ein Faktor
10 sein, um den ein Abbild des Objekts von Bild zu Bild geschrumpft oder gewachsen ist. Zum Ermitteln des Bildskalierungsfaktors können pro Bild mindestens zwei Punkte erfasst werden und Abstände zwischen den Punkten erfasst werden. Der Bildskalierungsfaktor ergibt sich aus einer Veränderung der Abstände zwischen den Bildern. Beim Kombinieren werden der
15 Modellskalierungsfaktor und der Bildskalierungsfaktor mittels einer Verarbeitungsvorschrift zusammengeführt.

Das Verfahren kann einen Schritt des Erstellens des Modells aufweisen, in dem zeitlich vorausgehend erkannte Bildkoordinaten von charakteristischen
20 Bildbereichen des vorausgehenden Bilds verwendet werden, um zumindest die Auswahl der Bildkoordinaten in Modellkoordinaten umzuwandeln. Dabei können die Bildkoordinaten auf einen Bildkoordinatenursprung bezogen sein, und die Modellkoordinaten können auf einen Modellkoordinatenursprung bezogen sein. Das Objekt kann in der Auswahl zumindest teilweise abgebildet sein. Das Modell
25 kann aus dem zurückliegend erfassten Bild abgeleitet werden. Das Modell kann aus einem anderen zurückliegend erfassten Bild abgeleitet werden. Dabei können Teile der Bildkoordinaten entfallen und die charakteristischen Bildbereiche zum Verringern benötigter Rechenleistung reduziert werden. Beispielsweise kann die Auswahl der charakteristischen Bildbereiche auf
30 besonders gut erfassbare Bereiche reduziert werden, um eine schnelle Erkennung in einem anderen Bild zu vereinfachen. Ein Modellkoordinatenursprung kann beispielsweise an einer Ecke einer virtuellen Modellbegrenzung angeordnet sein, um beispielsweise negative Koordinatenwerte zu vermeiden. Ein Bildkoordinatenursprung kann
35 beispielsweise an einer Ecke des Bilds angeordnet sein. Durch ein eigenes Koordinatensystem kann das Modell innerhalb des aktuellen Bilds oder eines

nachfolgenden Bilds angepasst werden, ohne die Modellkoordinaten zu beeinflussen. Lediglich die Bildkoordinate des Modellkoordinatenursprungs oder eines einzelnen Punkts des Modells wird dabei verändert. Eine quasi bildunabhängige Objektbeschreibung kann so erreicht werden.

5

Die Auswahl kann eine vordefinierte Ausgangsabmessung aufweisen. Beim Erstellen des Modells kann beispielsweise ein vordefinierter Rahmen über das Bild projiziert werden, der beispielsweise quadratisch oder rechteckig sein kann. Dann können zum Erstellen des Modells lediglich charakteristische Punkte innerhalb des Rahmens berücksichtigt werden. Dadurch kann die Modellerstellung beschleunigt werden.

10

Die Modellkoordinaten können normiert werden, wobei ein Minimalwert der Modellkoordinaten null ist, und ein Maximalwert der Modellkoordinaten eins ist. Damit können die Koordinaten die Bereiche und Punkte des Modells prozentual in Relation zu dem Modell beschreiben. Der Rahmen kann beispielsweise die Koordinatenwerte null und eins aufweisen.

15

Eine Abmessung des Modells und die Abmessung des skalierten Modells können erfasst werden und der Modellskalierungsfaktor kann unter Verwendung einer Änderung der Abmessung ermittelt werden. Beispielsweise kann unter einer Abmessung eine Breite des Modells und/oder eine Höhe des Modells und/oder eine Diagonale des Modells verstanden werden. Entsprechend der Änderung der Abmessung kann auf den Modellskalierungsfaktor geschlossen werden. Die Abmessung kann bezogen auf den Rahmen des Modells erfasst werden. Dazu kann der Rahmen des Modells und der Rahmen des skalierten Modells vermessen werden. Beispielsweise kann eine Kantenlänge des Rahmens als Anzahl von Bildpunkten des unterlegten Bilds erfasst werden.

20

25

Der Modellskalierungsfaktor kann mit einem ersten Gewichtungsfaktor gewichtet werden. Der Bildskalierungsfaktor kann mit einem zweiten Gewichtungsfaktor gewichtet werden. Der erste Gewichtungsfaktor und der zweite Gewichtungsfaktor können sich zu einem Ganzen ergänzen. Beispielsweise kann der erste Gewichtungsfaktor x sein, während der zweite Gewichtungsfaktor $1-x$ ist. Durch eine Gewichtung können unterschiedliche Stärken der Glättung der Änderung des Abbildungsmaßstabs erreicht werden.

30

35

- 5 Das Modell kann im Schritt des Skalierens ferner um einen Translationsvektor verschoben werden und alternativ oder ergänzend um einen Rotationsvektor rotiert werden. Ein Translationsvektor kann eine Verschiebung des Modells relativ zum Bild bewirken. Ein Rotationsvektor kann eine Drehung des Modells relativ zum Bild bewirken. Durch ein Verschieben und/oder Drehen kann das Modell an das Objekt angepasst werden, auch wenn das Objekt im Bild verschoben und/oder verdreht abgebildet ist.
- 10 Die Schritte des Verfahrens können wiederholt werden, wobei im Schritt des Erkennens weitere Bildkoordinaten der charakteristischen Bildbereiche an einem weiteren Bild erkannt werden. Im Schritt des Bereitstellens kann das Modell oder das skalierte Modell bereitgestellt werden. Im Schritt des Skalierens kann das Modell oder das skalierte Modell skaliert werden, um ein weiteres skaliertes
- 15 Modell zu erhalten. Dabei kann zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten an die weiteren Bildkoordinaten angepasst werden, wobei die Anteile unterschiedlicher Durchläufe des Verfahrens voneinander verschieden sein können. Das weitere skalierte Modell kann sich von dem Modell oder dem skalierten Modell (seinem Ursprung) um einen weiteren Modellskalierungsfaktor unterscheiden. Im Schritt des Ermitteln kann ein weiterer Bildskalierungsfaktor unter Verwendung der weiteren Bildkoordinaten und der ursprünglich
- 20 verwendeten Bildkoordinaten ermittelt werden. In Schritt des Kombinierens kann eine weitere Veränderung des Abbildungsmaßstabs unter Verwendung des weiteren Modellskalierungsfaktors und des weiteren Bildskalierungsfaktors
- 25 kombiniert werden. Durch einen Bezug auf das Modell kann eine Dämpfung des Werts der Veränderung erreicht werden. Ein Verlauf der Veränderung wird eine reduzierte Anzahl Überschwinger aufweisen, jedoch nur eine geringe Latenzzeit aufweisen.
- 30 Die Schritte des Verfahrens können wiederholt werden, um eine weitere Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu berechnen. Ein zeitlich nachfolgendes Bild bildet die charakteristischen Objektmerkmale zumindest des einen Objekts zu einem späteren Zeitpunkt ab. Im Schritt des Bereitstellens wird das skalierte Modell bereitgestellt und unter Verwendung der bereits berechneten
- 35 Veränderung des Abbildungsmaßstabs skaliert, um ein Schätzmodell zu erzeugen. Die Veränderung kann zu einem vorbestimmten Anteil verwendet

werden. Im Schritt des Skalierens wird das Schätzmodell unter Verwendung eines Korrekturfaktors skaliert, um das Schätzmodell an die im Schritt des Erkennens erkannten Bildkoordinaten des zeitlich nachfolgenden Bilds anzupassen. Der Modellskalierungsfaktor wird unter Verwendung der berechneten Veränderung und des Korrekturfaktors ermittelt. Ein Schätzmodell kann aus dem skalierten Modell extrapoliert werden. Durch eine Schätzung der wahrscheinlichen Veränderung des Modells basierend auf der vorhergehenden Veränderung kann eine Bearbeitungszeit reduziert werden, da mit einer hohen Wahrscheinlichkeit die Modellkoordinaten der charakteristischen Bereiche im Schätzmodell bereits in einem Toleranzbereich um die Bildkoordinaten der charakteristischen Bereiche des nachfolgenden Bilds angeordnet sind. Das Bereitstellen des Schätzmodells kann bereits parallel zum Erkennen der Bildkoordinaten des nachfolgenden Bilds geschehen, da für das Schätzmodell keine Daten des nachfolgenden Bilds erforderlich sind. Die Modellkoordinaten werden nur um den Korrekturwert angepasst.

Der erste Gewichtungsfaktor kann basierend auf dem Korrekturfaktor ermittelt werden. Wenn der Korrekturwert klein ist, kann die Gewichtung zugunsten des Modellskalierungsfaktors ausfallen, wodurch eine Glättung des berechneten Abbildungsmaßstabs erfolgt. Wenn der Korrekturwert groß ist, dann kann die Gewichtung zugunsten des Bildskalierungsfaktors ausfallen, da damit schnell auf eine unerwartete Veränderung zwischen den Bildern reagiert werden kann.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

Unter einer Vorrichtung kann vorliegend ein elektrisches Gerät verstanden werden, das Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Die Vorrichtung kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen der Vorrichtung beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte

Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

5

Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, wenn das Programmprodukt auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

10

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

20

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

25

Fig. 3 eine Darstellung eines Modells, das gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu einem skalierten Modell skaliert wird;

Fig. 4 ein Diagramm eines zeitlichen Verlaufs einer Abmessung eines Objekts bei konstanter Änderung eines Skalierungsfaktors;

30

Fig. 5 eine Darstellung eines zeitlichen Verlaufs einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

35

Fig. 6 eine Darstellung eines Fahrzeugs mit einer Vorrichtung zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 100 zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei dem Objekt kann es sich um ein Objekt handeln, das von einer Umfelderkennungseinrichtung, beispielsweise einer Kamera eines Fahrzeugs erfasst wird. Beispielsweise kann es sich bei dem Objekt um ein vorausfahrendes Fahrzeug handeln. Das Verfahren 100 weist einen Schritt des Erkennens 102, einen Schritt des Bereitstellens 104, einen Schritt des Skalierens 106, einen Schritt des Ermittelns 108 und einen Schritt des Kombinierens 110 auf.

Im Schritt 102 des Erkennens werden Bildkoordinaten charakteristischer Bildbereiche in einem aktuellen Bild erkannt. Die charakteristischen Bildbereiche bilden Objektmerkmale zumindest des einen Objekts in dem aktuellen Bild ab. Das aktuelle Bild kann ein Einzelbild einer Bildfolge, beispielsweise von einer Kamera sein. Im Schritt 104 des Bereitstellens wird ein Modell bereitgestellt. Modellkoordinaten des Modells repräsentieren eine Auswahl von Positionen erkannter Objektmerkmale des Objekts in einem vorausgehenden Bild. Im Schritt 106 des Skalierens wird das Modell skaliert, um ein skaliertes Modell zu erhalten. Beim Skalieren wird zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten an die, im Schritt des Erkennens, erkannten, Bildkoordinaten angepasst. Dazu wird der zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten in Relation mit den erkannten Bildkoordinaten gebracht. Das Modell und das skalierte Modell unterscheiden sich um einen Modellskalierungsfaktor. Im Schritt 108 des Ermittelns wird ein Bildskalierungsfaktor unter Verwendung der Bildkoordinaten von zumindest zwei erkannten charakteristischen Bildbereichen und unter Verwendung von in dem vorausgehenden Bild erkannter Bildkoordinaten der zwei Bildbereiche ermittelt. Im Schritt 110 des Kombinierens wird der Modellskalierungsfaktor mit dem Bildskalierungsfaktor kombiniert, um die Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu erhalten.

Mit anderen Worten zeigt Fig 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 100 zur Berechnung der Skalierungsänderung eines Objekts zwischen Bildern. Die Skalierungsänderung der Objektbreite zwischen zwei Bildern ist ein Maß für die relative Geschwindigkeit des Objektes in Bezug auf die Geschwindigkeit eines Ego-Fahrzeuges (eigenen Fahrzeugs). Sie wird außerdem für die 3-D-Schätzung benötigt, als Regelsignal für die Video-ACC Funktion (Adaptive Cruise Control) und als Input für die Berechnung der Time To Collision (TTC). Insbesondere sind die Skalierungsänderung und die daraus folgende TTC für den vFCW NCAP-Test von großer Bedeutung. Der hier vorgestellte Ansatz beschreibt einen Bildverarbeitungsalgorithmus, mit dem die Skalierungsänderung zwischen Bildern mit sehr hoher Genauigkeit und wenig Aufwand berechnet werden kann.

Die Skalierungsänderung kann mit Hilfe von Korrespondenzen zwischen Bildern berechnet werden. Unter der Annahme eines Bewegungsmodels kann dann die Skalierungsänderung direkt aus den geschätzten Parametern ermittelt werden.

Die Genauigkeit der Skalierungsänderung hängt von der Genauigkeit der berechneten Korrespondenzen ab. Kleine Fehler bei der Berechnung der Korrespondenzen führen zu einem signifikanten Fehler bei der Skalierungsschätzung. Korrespondenzen können über mehrere Bilder gebildet werden und so mehrere Skalierungswerte für die finale Schätzung verwendet werden, wodurch sich Fehler ausmitteln können. Dabei sollten die Korrespondenzen über mehrere Bilder stabil sein. Durch diese Anforderung sind diese Algorithmen zu langsam für den Einsatz an einer Embedded Hardware Plattform.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung 200 zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 200 weist eine Einrichtung zum Erkennen 202, eine Einrichtung zum Bereitstellen 204, eine Einrichtung zum Skalieren 206, eine Einrichtung zum Ermitteln 208 und eine Einrichtung zum Kombinieren 210 auf. Die Einrichtung 202 zum Erkennen weist eine Schnittstelle zum Empfangen von Bilddaten auf. Über die Schnittstelle kann die Einrichtung 202 zum Erkennen Bilder beispielsweise eines Videosignals von einer Kamera empfangen. Die Einrichtung 202 zum Erkennen ist dazu

ausgebildet, Bildkoordinaten von charakteristischen Bildbereichen in einem aktuellen Bild zu erkennen. Die charakteristischen Bildbereiche bilden Objektmerkmale zumindest des einen Objekts in dem aktuellen Bild ab. Die Einrichtung 202 zum Erkennen ist mit der Einrichtung 206 zum Skalieren und der Einrichtung 208 zum Ermitteln verbunden, um die Bildkoordinaten zu übermitteln. Die Einrichtung 204 zum Bereitstellen ist ebenfalls mit der Einrichtung 202 zum Erkennen verbunden. Die Einrichtung 204 zum Bereitstellen ist dazu ausgebildet, ein Modell bereitzustellen. Modellkoordinaten des Modells repräsentieren eine Auswahl von Positionen erkannter Objektmerkmale des Objekts in einem vorausgehenden Bild. Die Bildkoordinaten des vorausgehenden Bilds können von der Einrichtung 202 zum Erkennen empfangen werden. Die Einrichtung 204 zum Bereitstellen ist mit der Einrichtung 206 zum Skalieren verbunden, um das Modell zu übermitteln. Die Einrichtung 206 zum Skalieren ist dazu ausgebildet, das Modell zu skalieren, um ein skaliertes Modell zu erhalten. Beim Skalieren wird zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten an die Bildkoordinaten angepasst. Modellkoordinaten, denen keine Bildkoordinate entsprechend zugeordnet werden kann, können ignoriert werden, wenn das Modell eindeutig entsprechend erkannter Bildkoordinaten zum skalierten Modell skaliert werden kann. Das Modell ist von dem skalierten Modell um einen Modellskalierungsfaktor unterschiedlich. Die Einrichtung 206 zum Skalieren ist mit der Einrichtung 210 zum Kombinieren verbunden, um den Modellskalierungsfaktor zu übermitteln. Die Einrichtung 206 zum Skalieren kann das skalierte Modell und den Modellskalierungsfaktor an die Einrichtung 204 zum Bereitstellen übermitteln. Die Einrichtung 208 zum Ermitteln ist dazu ausgebildet, einen Bildskalierungsfaktor zu ermitteln. Dazu werden die Bildkoordinaten von zumindest zwei erkannten charakteristischen Bildbereichen und Bildkoordinaten der zwei Bildbereiche, die in dem vorausgehenden Bild erkannt wurden, verwendet. Die Einrichtung 208 zum Ermitteln ist mit der Einrichtung 210 zum Kombinieren verbunden, um den Bildskalierungsfaktor zu übermitteln. Die Einrichtung 210 zum Kombinieren ist dazu ausgebildet, den Modellskalierungsfaktor mit dem Bildskalierungsfaktor zu kombinieren, um die Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu erhalten. Die Einrichtung 210 zum Kombinieren weist eine Schnittstelle zum Bereitstellen der Veränderung auf. Die Einrichtung 210 kann die Veränderung auch an die Einrichtung 204 zum Bereitstellen übermitteln. Wenn die Einrichtung 202 zum Erkennen nachfolgende Bildkoordinaten der charakteristischen Bildbereiche in einem nachfolgenden Bild

erkennt, können in der Einrichtung 206 zum Skalieren Modellkoordinaten des skalierten Modells skaliert werden, um an die nachfolgenden Bildkoordinaten angepasst zu werden. Alternativ kann in der Einrichtung 204 zum Bereitstellen aus dem empfangenen skalierten Modell unter Verwendung der vorhergehend berechneten Veränderung oder des empfangenen Modellskalierungsfaktors ein Schätzmodell erzeugt werden, um erwartete Positionen der charakteristischen Bildbereiche in dem nachfolgenden Bild zu erhalten. Das Schätzmodell kann dann wiederum in der Einrichtung 206 zum Skalieren mit einem Korrekturfaktor skaliert werden, um die erwarteten Positionen mit tatsächlichen Positionen der charakteristischen Bildbereiche abzugleichen und ein weiteres skaliertes Modell zu erzeugen. Dann kann der Modellskalierungsfaktor unter Verwendung der vorhergehenden Veränderung und dem Korrekturwert bestimmt werden. Der Bildskalierungsfaktor des nachfolgenden Bilds kann in der Einrichtung 208 zum Ermitteln wie bei dem aktuellen Bild ermittelt werden, wobei dann Bildkoordinaten des aktuellen Bilds und des nachfolgenden Bilds verwendet werden.

Fig. 3 zeigt eine Darstellung eines Modells 300, das gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zu einem skalierten Modell skaliert wird. In der Fig. 3 ist das Modell 300, ein Koordinatenpunkt 302, ein Kamerabild 304, ein Objekt 306, ein skaliertes Modell 308 und ein Bildpunktkoordinatenpunkt 310 dargestellt. Das Modell 300 weist Bereichsgrenzen auf, die eine rechteckige Kontur aufweisen. In einer linken oberen Ecke der Bereichsgrenzen ist ein Modellkoordinatenursprung angeordnet. Im Modellkoordinatenursprung weisen Modellkoordinaten des Modells 300 einen waagerechten Wert von 0 und einen senkrechten Wert von 0 auf. In einer rechten unteren Ecke weisen die Modellkoordinaten einen waagerechten Wert von 1 und einen senkrechten Wert von 1 auf. Damit sind die Bereichsgrenzen auf eins normiert. Innerhalb der Bereichsgrenzen ist beispielhaft für eine Vielzahl von Modellkoordinatenpunkten die Modellkoordinate 302 gezeigt. Die Modellkoordinate 302 repräsentiert eine Position eines charakteristischen Bildbereichs eines Kamerabilds, auf dem das Modell 300 basiert. Das Modellkoordinatensystem ist zweidimensional und orthogonal geradlinig. In dem Punkt der Modellkoordinate 302 schneiden sich daher zwei Hilfslinien senkrecht, mithilfe derer sich die Modellkoordinatenwerte der Modellkoordinate 302 an den Bereichsgrenzen leichter ermitteln lassen.

Neben dem Modell 300 ist ein Ausschnitt des Kamerabilds 304 dargestellt. Das Kamerabild 304 zeigt einen Ausschnitt des Objekts 306 im Blickfeld der Kamera. In diesem Ausführungsbeispiel ist ein Ausschnitt eines Nutzfahrzeugs 306 dargestellt. Dem Kamerabild 304 ist das skalierte Modell 308 überlagert. Das

5 skalierte Modell 308 ist dem Modell 300 ähnlich. In diesem Ausführungsbeispiel ist das skalierte Modell 308 um einen Modellskalierungsfaktor größer als das Modell 300, weil sich das Objekt 306 seit der Generierung des Modells 300 anhand eines zurückliegenden Kamerabilds des Objekts 306, an die Kamera angenähert hat und damit in dem Kamerabild 304 größer abgebildet ist. Wenn

10 sich das Objekt 306 in dem Zeitraum zwischen den Bildern von der Kamera entfernt hätte, wäre das Objekt 306 im Kamerabild 304 kleiner, und damit das skalierte Modell 308 um einen Modellskalierungsfaktor kleiner als das Modell 300. Der Bildpunkt 310 ist an einer Position eines charakteristischen Bildbereichs des Objekts 306 angeordnet. Die Modellkoordinate 302 beschreibt eine

15 modellrelative Position des gleichen charakteristischen Bildbereichs in dem zurückliegenden Kamerabild. Anhand von Verschiebungen von Bildkoordinaten zumindest zweier solcher Punkte im Kamerabild 304 wird das Modell 300 skaliert und/oder verschoben, bzw. verzerrt und über das Bild 304 gelegt. Dabei kann ein Teil der Modellkoordinaten unberücksichtigt bleiben, beispielsweise wenn der

20 zugehörige Bildbereich verdeckt ist, oder beispielsweise, weil die Modellkoordinate einen Bildbereich des zurückliegenden Kamerabilds beschreibt, in dem irrtümlich ein charakteristischer Bildbereich erkannt wurde. Der Modellskalierungsfaktor kann beispielsweise bestimmt werden, indem ein Bildkoordinatenwert der linken, oberen Ecke des skalierten Modells 308 von

25 einem Bildkoordinatenwert der rechten unteren Ecke des skalierten Modells 308 subtrahiert wird, um einen Abmessungsparameter des skalierten Modells 308 zu erhalten. Der Modellskalierungsfaktor kann aus zumindest zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Abmessungsparametern bestimmt werden. Durch eine Verwendung mehrerer Abmessungsparameter kann ein zeitlicher Verlauf des

30 Modellskalierungsfaktors geglättet werden.

Da die Bilder der Kamera in kurzen Zeitabständen aufeinanderfolgen, kann das Objekt 306 zwischen den Bildern nur eine, durch physikalische Gesetze begrenzte, Bewegung ausführen. Daher kann das Abbild des Objekts 306 in

35 aufeinanderfolgenden Kamerabildern nur eine begrenzte Veränderung aufweisen. Durch eine Annahme eines näherungsweise konstanten

Modellskalierungsfaktors innerhalb eines begrenzten Zeitraums, beispielsweise drei aufeinanderfolgende Kamerabilder, kann eine Zeitdauer, die zum Skalieren des Modells 300 erforderlich ist, verkürzt werden. Das skalierte Modell 308 kann, unter Verwendung des Modellskalierungsfaktors oder einer berechneten
5 Veränderung zwischen zwei Bildern, erneut skaliert werden, um ein Schätzmodell zu erhalten. Das Schätzmodell kann erzeugt werden, bevor das folgende Kamerabild auf charakteristische Bildbereiche untersucht wird. Damit repräsentiert das Schätzmodell voraussichtliche Positionen der charakteristischen Bildbereiche im folgenden Bild. Die voraussichtlichen
10 Positionen können mit den tatsächlichen Bildkoordinaten des folgenden Bilds verglichen werden, um einen Korrekturfaktor zu erhalten. Der Korrekturfaktor beschreibt die verbleibende notwendige Skalierung des Schätzmodells, um das Schätzmodell an die tatsächlichen Bildkoordinaten anzupassen. Der tatsächliche Modellskalierungsfaktor kann dann aus dem zurückliegenden
15 Modellskalierungsfaktor oder der berechneten Veränderung und dem Korrekturwert bestimmt werden.

Der hier vorgestellte Ansatz beschreibt einen Bildverarbeitungsalgorithmus, der die Skalierungsänderung eines Objektes 306 zwischen Bildern 304 berechnet.
20 Dieser Bildverarbeitungsalgorithmus kann für die Berechnung der relativen Geschwindigkeit des Objektes 306 und dessen TTC zu einem Standpunkt der Kamera verwendet werden.

Die Berechnung der Skalierungsänderung wird mit der Objektbreite in
25 verschiedenen Zeiten gefiltert. Es wird dadurch das Rauschen signifikant unterdrückt, ohne die Latenzzeit zu erhöhen. Entscheidend dazu ist, dass die Messung der Objektbreite als primäre Messung erfolgt.

Das Verfahren wird initialisiert, indem bei einem Startbild des Objekts 306 eine
30 Objektbox basierend auf dem jeweiligen Objektklassifikator im Bereich des Objekts 306 definiert wird. Innerhalb dieser Box werden dann Feature-Punkte 310 extrahiert. Die Feature-Punkte 310 werden anschließend mit der Objektbreite normiert, sodass am Ende nur Punkte 302 mit Koordinaten
zwischen 0 und 1 existieren. Die normierte Objektbox 300 wird dann als Objekt-
35 Modell 300 hinterlegt.

Im nächsten Bild werden zuerst Feature Punkte 310 extrahiert und dann mithilfe deren Deskriptoren in Korrespondenz zu entsprechenden vorhergehenden Feature-Punkten 310 gebracht. Anschließend werden die Bewegungsparameter zwischen den normierten Koordinaten 302 des Objekt-Modells 300 und den

5 Koordinaten 310 im aktuellen Bild 304 geschätzt. Mithilfe der geschätzten Bewegungsparameter werden dann die Punkte 0,0 und 1,1 in das aktuelle Bild 304 projiziert, und durch einfache Subtraktion wird zuletzt die Objektbreite ermittelt.

10
$$\text{Breite} = \text{Punkt}(1,1)\text{imBild} - \text{Punkt}(0,0)\text{imBild}$$

Die Formel beschreibt ein Beispiel zur Berechnung der Objektbreite aus der Rückprojektion im Bild 304 der normierten Koordinaten 302.

15 Die Objektbreite wird in jedem Frame 308 immer neu gemessen und in einem „Circular-Buffer“ gespeichert. Wenn es notwendig ist, lassen sich sowohl die Breite als auch die Höhe des Objektes 306 getrennt berechnen.

Wenn im aktuellen Bild 304 die Objektbreite berechnet wurde, können alle

20 Punkte außerhalb der Box 308 verworfen werden. Anschließend wird die Skalierungsänderung der Bildkoordinaten 310 mit einem linearen Ansatz berechnet. Dazu werden die Bewegungsparameter der zu den Bild-Koordinaten 310 korrespondierenden Bildpunkte verwendet. Daraus resultiert die Skalierungsänderung S_s .

25 Mithilfe der im Circular-Buffer gespeicherten Objektbreiten werden mehrere Skalierungswerte berechnet. Daraus resultiert die Skalierungsänderung S_{B_i} , wobei i der Index der Zeit ist, die sich beliebig in der Vergangenheit befinden kann. Es wird von dem aktuellen Bild 304 T_i in der Vergangenheit gezählt, (z. B. $T_N \leftarrow T_4 \leftarrow T_3 \leftarrow T_2 \leftarrow T_i$).

30

Unter der Annahme, dass die Skalierungsänderung für eine begrenzte Anzahl von Werten konstant bleibt, kann der Verlauf der Objektbreite mit folgender Formel berechnet werden, wobei B_i die Objektbreite im aktuellen Bild 304 ist und S die konstante Skalierung.

35

$$B_1 = B_i \cdot S^{i-1}$$

Die Formel beschreibt eine Berechnung der Objektbreite mit einer konstanten Skalierungsänderung.

5

Die Skalierung S_B lässt sich aus den N Objektbreitenwerten mit folgenden Formeln berechnen.

$$S_B = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{B_1}{B_{i+1}} \right)^{\frac{1}{i}}$$

10

Die Formel beschreibt eine Berechnung der Skalierungsänderung bezogen auf die erste Objektbreite.

15

$$S_B = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{B_i}{B_{i+1}} \right)$$

Die Formel beschreibt eine Berechnung der Skalierungsänderung bezogen auf die benachbarten Objektbreiten.

20

Die finale Berechnung der Skalierungsänderung erfolgt unter der Annahme, dass sich die Skalierungsänderung für eine begrenzte Anzahl von Werten konstant verhält. Dadurch kann die Skalierungsänderung S_B aus den Breiten berechnet werden. Die finale Skalierungsänderung wird dann als gewichtete Mittelung aus der direkten Skalierung S_S und aus der Skalierung aus der Objektbreite S_B

25

berechnet.

$$S = w \cdot S_S + (1 - w) \cdot S_B$$

30

Die Formel beschreibt eine Berechnung für die finale Skalierungsänderung, wobei w das Gewicht der direkten Messung auf das finale Ergebnis ist.

35

Fig. 4 zeigt ein Diagramm 400 eines zeitlichen Verlaufs 402 einer Abmessung eines Objekts bei konstanter Änderung eines Skalierungsfaktors. Auf der Abszisse ist eine Zeit angetragen, auf der Ordinate ist eine Objektbreite aufgetragen. In dem dargestellten Beispiel ist ein Zeitraum von vier Zeiteinheiten dargestellt, wobei das Objekt am Anfang des Zeitraums erfasst worden ist. Bei

der ersten Erfassung ist ein Modell des Objekts erstellt worden. Das Modell weist eine Objektbreite von 100 Prozent auf. Das Objekt entfernt sich und wird deshalb kleiner abgebildet. Das Modell wird an das Abbild angepasst und wird stetig kleiner. Am Ende des Zeitraums ist das Objekt weit entfernt und das Modell weist
5 nur noch etwa drei Prozent der ursprünglichen Objektbreite auf. Das Modell ist über die Zeit mit einer konstanten Änderung skaliert worden, da das Objekt sich mit konstanter Geschwindigkeit entfernt hat. Daraus ergibt sich eine exponentielle Abnahme des Verlaufs 402 der Objektbreite. In Fig. 4 ist ein Verlauf der Objektbreite mit konstanter Skalierungsänderung gezeigt, auf der
10 eine Scale Estimation möglich ist.

Fig. 5 zeigt eine Darstellung eines zeitlichen Verlaufs 500 einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Verlauf 500 ist in einem Diagramm aufgetragen. In das Diagramm
15 ist ein weiterer Verlauf 502 eingetragen. Auf der Abszisse des Diagramms ist eine Zeit angetragen, auf der Ordinate ist der Abbildungsmaßstab oder die Skalierung angetragen. Der Verlauf 500 beginnt bei einem Zeitpunkt null mit einem Abbildungsmaßstab eins. Der weitere Verlauf 502 repräsentiert eine Veränderung des Abbildungsmaßstabs ohne die Anwendung des hier
20 vorgestellten Ansatzes. Der weitere Verlauf 502 beginnt ebenfalls zum Zeitpunkt null mit dem Abbildungsmaßstab eins. Beide Verläufe 500, 502 basieren auf identischen Bilddaten einer Kamera. Der Verlauf 500 resultiert aus einem Verfahren zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der
25 weitere Verlauf ist ein Resultat eines weniger effizienten Berechnungsverfahrens. Beide Verläufe 500, 502 weisen zunächst bis zu einem Zeitpunkt 250 einen leichten Anstieg auf einen Abbildungsmaßstab von 1,0025 auf. Der Anstieg der Weiteren Verlaufs 502 ist von starkem Rauschen überlagert. Das Rauschen ist bei dem Verlauf 500 deutlich schwächer als bei dem weiteren Verlauf 502. Ab
30 dem Zeitpunkt 250 weisen beide Verläufe 500, 502 einen weiteren Anstieg bis auf einen Abbildungsmaßstab von 1,022 auf. Der weitere Anstieg beider Verläufe ist nahezu simultan, der Verlauf 500 weist jedoch ein geringeres Rauschen auf, als der weitere Verlauf 502. Der Verlauf 502 beschreibt dabei eine ursprüngliche Skalierungsänderung aus den Korrespondenzen. Der Verlauf 500 beschreibt
35 dabei eine Nachfilterung der berechneten Skalierung mithilfe mehrerer

Objektbreiten. Bei dem gefilterten Signal wird das Rauschen deutlich unterdrückt, ohne dabei eine Latenzzeit einzuführen.

5 In Fig. 5 sind die Verläufe 500, 502 einander unmittelbar überlagert, um den minimalen zeitlichen Versatz der beiden Verläufe 500, 502 zu zeigen.

Fig. 6 zeigt eine Darstellung eines Fahrzeugs 600 mit einer Vorrichtung 200 zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts 306 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei der
10 Vorrichtung 200 kann es sich beispielsweise um die anhand von Fig. 2 beschriebenen Vorrichtung handeln. Das Fahrzeug 600 weist eine Umfelderfassungseinrichtung 602 auf. Die Umfelderfassungseinrichtung 602 ist in diesem Ausführungsbeispiel eine Kamera 602, die dazu ausgebildet ist, zumindest einen Ausschnitt 604 eines Sichtfelds eines Fahrers des Fahrzeugs
15 600 zu erfassen und in einer Bildfolge aus Kamerabildern 304 abzubilden. Die Kamera 602 ist mit der Vorrichtung 200 verbunden. Innerhalb des erfassten Ausschnitts 604 befindet sich das Objekt 306. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Objekt 306 ein vor dem Fahrzeug 600 fahrendes weiteres Fahrzeug 306 eines weiteren Verkehrsteilnehmers.

20 Das weitere Fahrzeug 306 wird in dem Kamerabild 304 umso größer abgebildet, umso näher sich das weitere Fahrzeug 306 an dem Fahrzeug 600 befindet. Wenn sich ein Abstand zwischen dem Fahrzeug 600 und dem weiteren Fahrzeug 306 von einem früheren Aufnahmezeitpunkt zu einem späteren
25 Aufnahmezeitpunkt der Bildfolge verändert, wird das weitere Fahrzeug 306 mit einem veränderten Abbildungsmaßstab im Kamerabild 304 abgebildet. In der Vorrichtung 200 wird unter Verwendung eines Verfahrens zum Berechnen der Veränderung des Abbildungsmaßstabs des Objekts 306 gemäß dem hier vorgestellten Ansatz die Veränderung berechnet. Dabei wird zumindest ein
30 Teilbereich des Kamerabilds 304, der zumindest einen Ausschnitt des Fahrzeugs 306 abbildet, auf charakteristische Bildbereiche untersucht. Charakteristische Bildbereiche bilden charakteristische Merkmale des Fahrzeugs 306 ab. Die charakteristischen Bildbereiche weisen Bildkoordinaten auf. Unter Verwendung eines ersten Algorithmus werden Modellkoordinaten eines Modells so skaliert
35 und/oder verschoben und/oder rotiert und/oder verzerrt, bis die skalierten Modellkoordinaten zumindest einem Anteil der Bildkoordinaten entsprechen. Das

Modell repräsentiert Orte von charakteristischen Merkmalen des Fahrzeugs 306 in einem früheren Kamerabild 304 zu einem zurückliegenden Zeitpunkt. Aus dem ersten Algorithmus resultiert ein Modellskalierungsfaktor. Durch die Verwendung einer Mehrzahl von Modellkoordinaten und einer Mehrzahl von Bildkoordinaten ist der erste Algorithmus robust und kann bei einer Bildstörung, beispielsweise einer kurzzeitigen Obstruktion des Fahrzeugs 306 stabil weiterlaufen. Die Bildkoordinaten werden zusätzlich mittels eines zweiten Algorithmus ausgewertet, um einen Bildskalierungsfaktor zu erhalten. Dazu werden von Kamerabild 304 zu Kamerabild 304 Abstände zwischen zumindest zwei Bildkoordinaten erfasst, wobei die Bildkoordinaten jeweils charakteristischen Bildbereichen der gleichen charakteristischen Merkmale zugeordnet sind. Da der zweite Algorithmus auf Abstandsberechnungen beruht, kann die Veränderung von Bild zu Bild nahezu ohne Verzögerung ermittelt werden. Um das resultierende starke Rauschen im Bildskalierungsfaktor zu filtern, wird die Veränderung des Abbildungsmaßstabs durch eine Mischung von Modellskalierungsfaktor und Bildskalierungsfaktor berechnet.

Die beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsbeispiele können vollständig oder in Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden. Auch kann ein Ausführungsbeispiel durch Merkmale eines weiteren Ausführungsbeispiels ergänzt werden. Ferner können erfindungsgemäße Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

5 Ansprüche

1. Verfahren (100) zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts (306), wobei das Verfahren (100) die folgenden Schritte umfasst:

10

Erkennen (102) von Bildkoordinaten (310) charakteristischer Bildbereiche (310) in einem aktuellen Bild (304), wobei die charakteristischen Bildbereiche (310) Objektmerkmale zumindest des einen Objekts (306) in dem aktuellen Bild (304) abbilden;

15

Bereitstellen (104) eines Modells (300), wobei Modellkoordinaten (302) des Modells (300) eine Auswahl von Positionen erkannter Objektmerkmale des Objekts (306) in einem vorausgehenden Bild repräsentieren;

20

Skalieren (106) des Modells (300) um ein skaliertes Modell (308) zu erhalten, wobei zumindest ein Anteil der Modellkoordinaten (302) mit den im Schritt des Erkennens erkannten Bildkoordinaten (310) in Relation gebracht wird, wobei sich das Modell (300) und das skalierte Modell (308) um einen Modellskalierungsfaktor unterscheiden;

25

Ermitteln (108) eines Bildskalierungsfaktors unter Verwendung der Bildkoordinaten (310) von zumindest zwei erkannten charakteristischen Bildbereichen (310) und in dem vorausgehenden Bild erkannter Bildkoordinaten der zwei Bildbereiche (310); und

30

Kombinieren (110) des Modellskalierungsfaktors mit dem Bildskalierungsfaktor, um die Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu erhalten.

35

2. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, mit einem Schritt des Erstellens des Modells (300), wobei zeitlich vorausgehend erkannte Bildkoordinaten (310)

- 5 von charakteristischen Bildbereichen (310) des vorausgehenden Bilds verwendet werden, um zumindest die Auswahl der Bildkoordinaten (310) in Modellkoordinaten (302) umzuwandeln, wobei die Bildkoordinaten (310) auf einen Bildkoordinatenursprung bezogen sind, und die Modellkoordinaten (302) auf einen Modellkoordinatenursprung bezogen sind, wobei das Objekt (306) in der Auswahl zumindest teilweise abgebildet ist.
- 10 3. Verfahren (100) gemäß Anspruch 2, bei dem im Schritt des Erstellens die Auswahl eine vordefinierte Ausgangsabmessung aufweist.
- 15 4. Verfahren (100) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 3, bei dem im Schritt des Erstellens die Modellkoordinaten (302) normiert werden, wobei ein Minimalwert der Modellkoordinaten (302) null ist, und ein Maximalwert der Modellkoordinaten (302) eins ist.
- 20 5. Verfahren (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem im Schritt (106) des Skalierens eine Abmessung des Modells (300) und die Abmessung des skalierten Modells (308) erfasst werden und der Modellskalierungsfaktor unter Verwendung einer Änderung der Abmessung ermittelt wird.
- 25 6. Verfahren (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem im Schritt (110) des Kombinierens der Modellskalierungsfaktor mit einem ersten Gewichtungsfaktor gewichtet wird, und der Bildskalierungsfaktor mit einem zweiten Gewichtungsfaktor gewichtet wird.
- 30 7. Verfahren (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem im Schritt des (106) Skalierens ferner das Modell (300) um einen Translationsvektor verschoben und/oder um einen Rotationsvektor rotiert wird.
- 35 8. Verfahren (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Schritte des Verfahrens wiederholt werden, um eine weitere Veränderung des Abbildungsmaßstabs zu berechnen, wobei ein zeitlich nachfolgendes Bild die charakteristischen Objektmerkmale zumindest des einen Objekts (306) zu einem späteren Zeitpunkt abbildet, wobei im Schritt

- (104) des Bereitstellens das skalierte Modell (308) bereitgestellt wird und unter Verwendung der bereits berechneten Veränderung des Abbildungsmaßstabs skaliert wird, um ein Schätzmodell zu erzeugen, wobei im Schritt (106) des Skalierens das Schätzmodell unter Verwendung eines Korrekturfaktors skaliert wird, um das Schätzmodell an die, im Schritt (102) des Erkennens erkannten, Bildkoordinaten des zeitlich nachfolgenden Bilds anzupassen, wobei der Modellskalierungsfaktor unter Verwendung der berechneten Veränderung und des Korrekturfaktors ermittelt wird.
- 5
- 10 9. Verfahren (100) gemäß Anspruch 6 und 8, bei dem im Schritt (110) des Kombinierens der erste Gewichtungsfaktor basierend auf dem Korrekturfaktor ermittelt wird.
- 15 10. Vorrichtung (200) zum Berechnen einer Veränderung eines Abbildungsmaßstabs eines Objekts (306), die ausgebildet ist, um die Schritte eines Verfahrens (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen.
- 20 11. Computer-Programmprodukt mit Programmcode zur Durchführung des Verfahrens (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wenn das Programmprodukt auf einer Vorrichtung (200) ausgeführt wird.

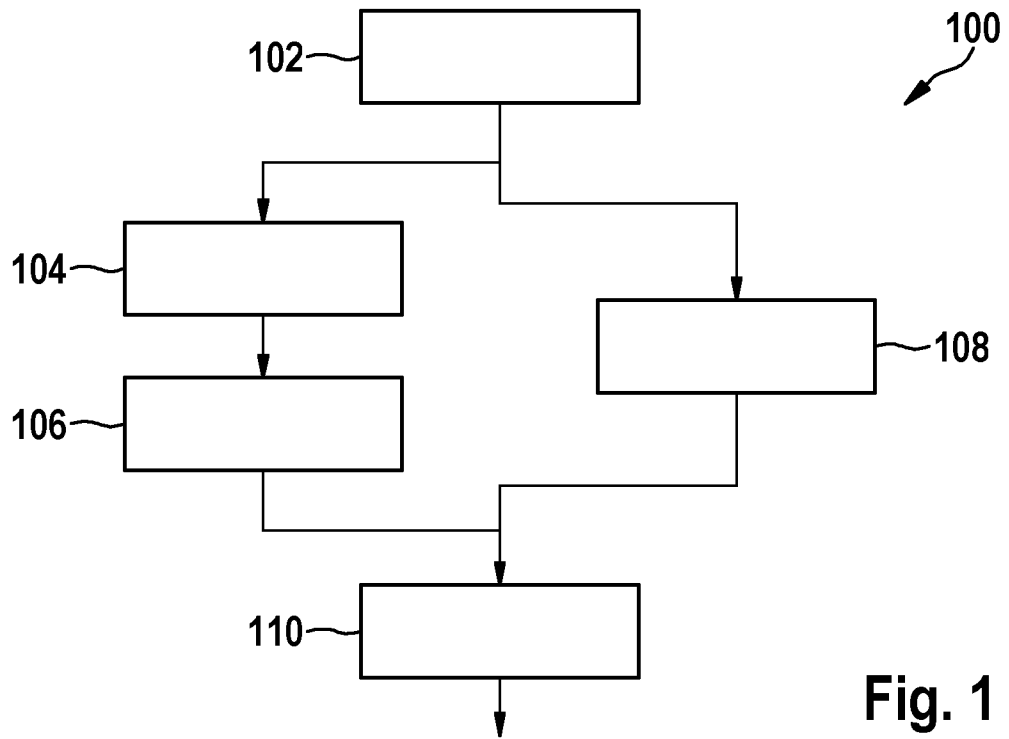


Fig. 1

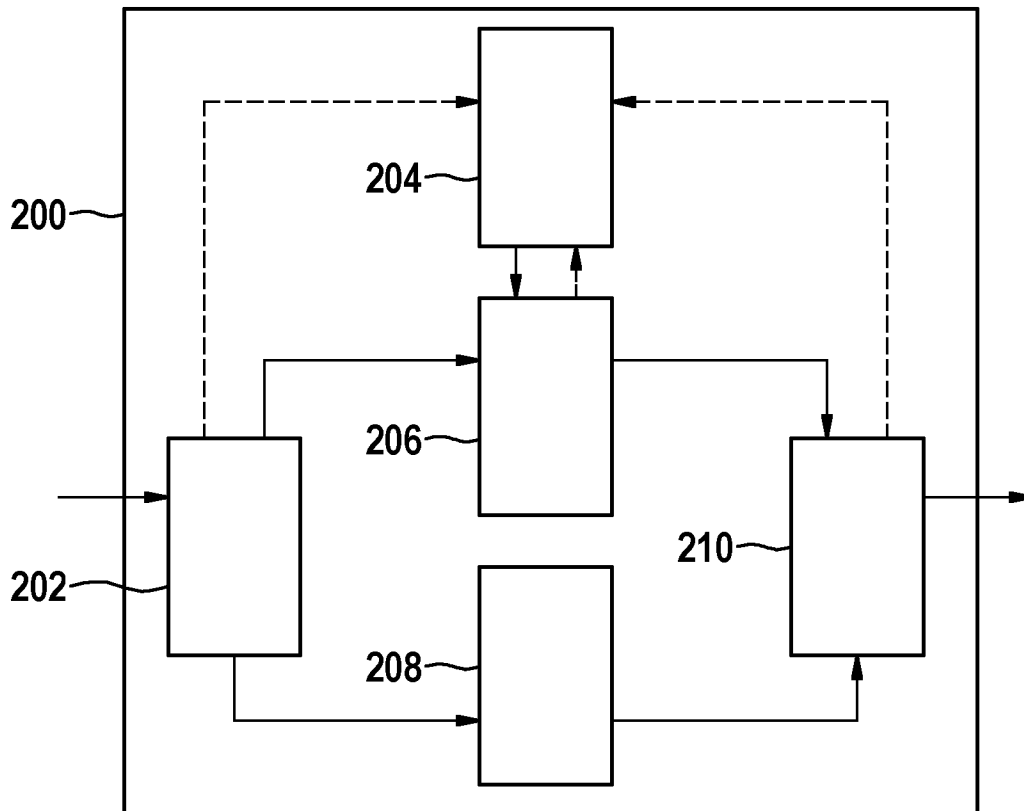
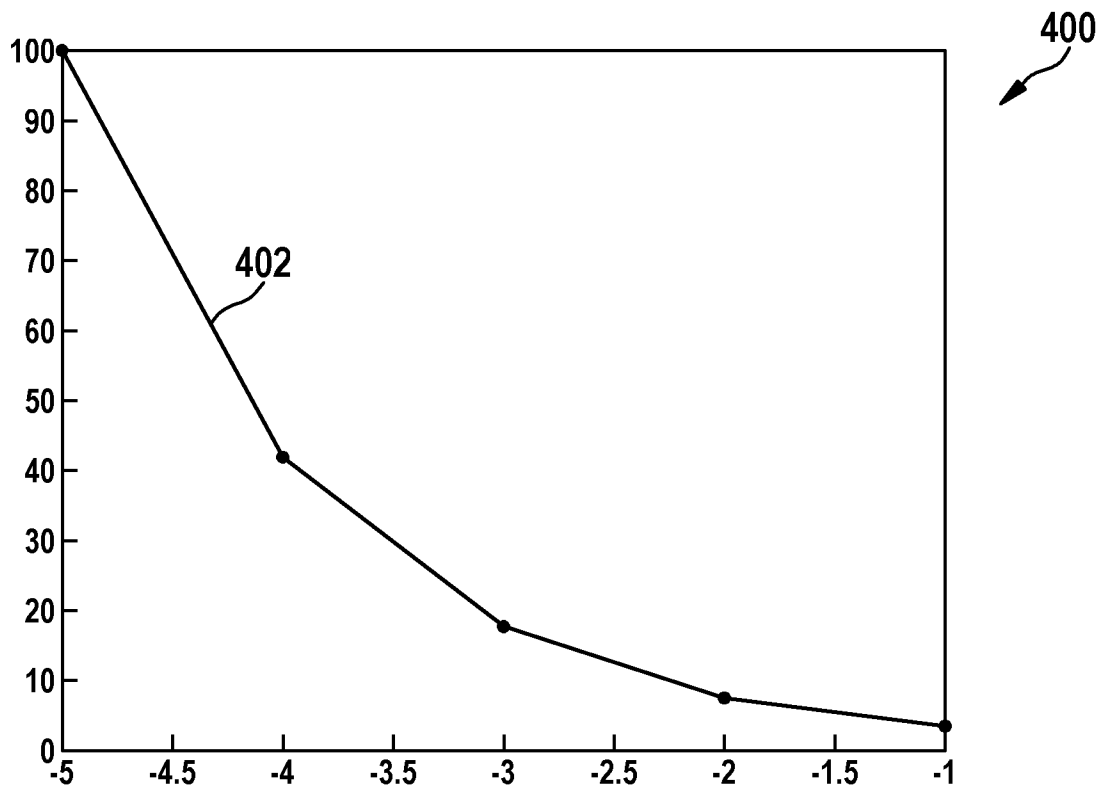
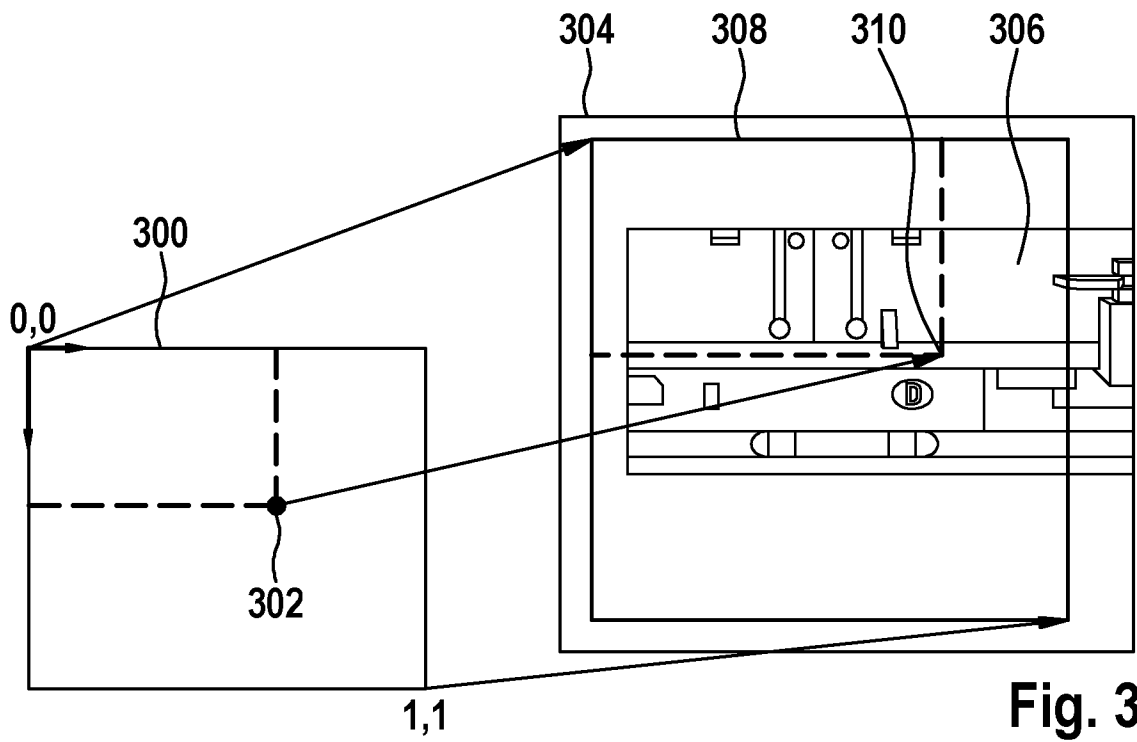


Fig. 2



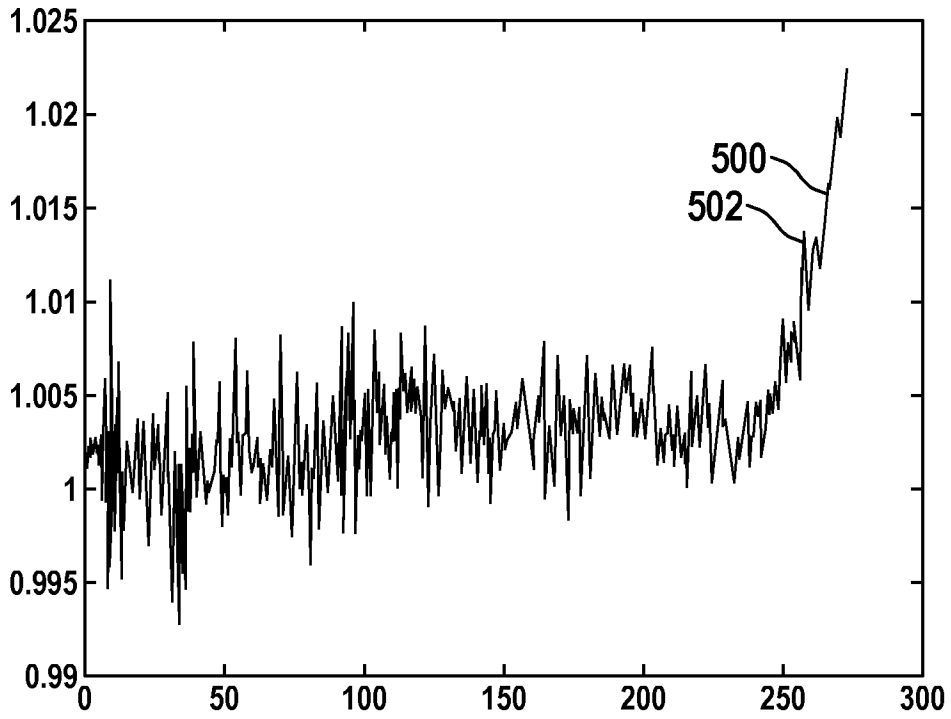


Fig. 5

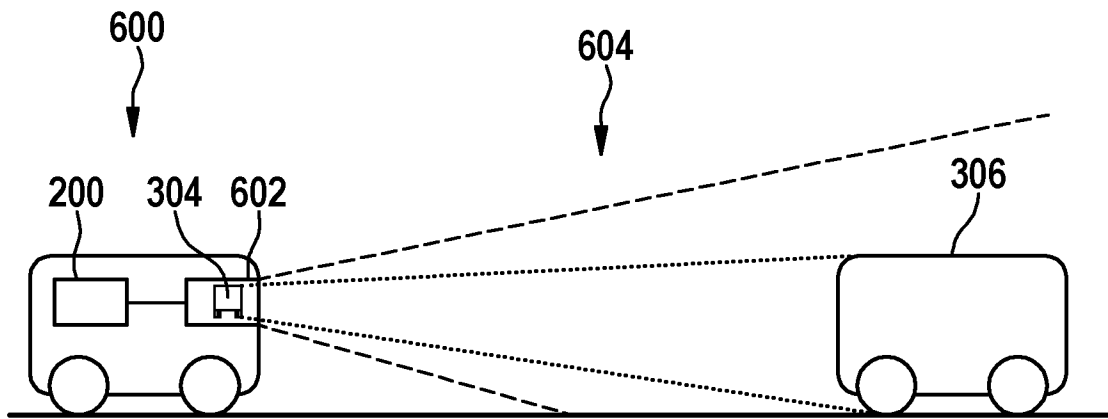


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/064559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S11/12 G06T7/20
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S G06T G08G B60W
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/251768 A1 (LUO YUN [US] ET AL) 13 October 2011 (2011-10-13) paragraph [0033] - paragraph [0035] paragraph [0042] paragraph [0044] - paragraph [0045] figures 5A, 5B	1-11
X	EP 2 159 779 A1 (SAAB AB [SE]) 3 March 2010 (2010-03-03) abstract	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 28 August 2013	Date of mailing of the international search report 04/09/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Renaudie, Cécile

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/064559

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2011251768	A1	13-10-2011	CN 102859568 A	02-01-2013
			EP 2559016 A1	20-02-2013
			US 2011251768 A1	13-10-2011
			WO 2011130117 A1	20-10-2011

EP 2159779	A1	03-03-2010	EP 2159779 A1	03-03-2010
			ES 2400708 T3	11-04-2013
			US 2011210872 A1	01-09-2011
			WO 2010024751 A1	04-03-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/064559

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01S11/12 G06T7/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S G06T G08G B60W		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/251768 A1 (LUO YUN [US] ET AL) 13. Oktober 2011 (2011-10-13) Absatz [0033] - Absatz [0035] Absatz [0042] Absatz [0044] - Absatz [0045] Abbildungen 5A, 5B	1-11
X	EP 2 159 779 A1 (SAAB AB [SE]) 3. März 2010 (2010-03-03) Zusammenfassung	1-11
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
28. August 2013		04/09/2013
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 Renaudie, Cécile

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/064559

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011251768 A1	13-10-2011	CN 102859568 A EP 2559016 A1 US 2011251768 A1 WO 2011130117 A1	02-01-2013 20-02-2013 13-10-2011 20-10-2011

EP 2159779 A1	03-03-2010	EP 2159779 A1 ES 2400708 T3 US 2011210872 A1 WO 2010024751 A1	03-03-2010 11-04-2013 01-09-2011 04-03-2010
