

(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
21. Mai 2015 (21.05.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/070965 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G06K 9/00 (2006.01) B60W 10/22 (2006.01)
B60G 17/0165 (2006.01) B60W 40/06 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/002992

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. November 2014 (07.11.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 018 926.8
13. November 2013 (13.11.2013) DE

(71) Anmelder: AUDI AG [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).

(72) Erfinder: GÖHRLE, Christoph; Mauthstrasse 11, 85049
Ingolstadt (DE). SCHINDLER, Andreas; Herenäusstr. 3,
85055 Ingolstadt (DE). UNGER, Andreas; Zwinglistr. 1,
90459 Nürnberg (DE). SAWODNY, Oliver; Stälinweg 40,
70186 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

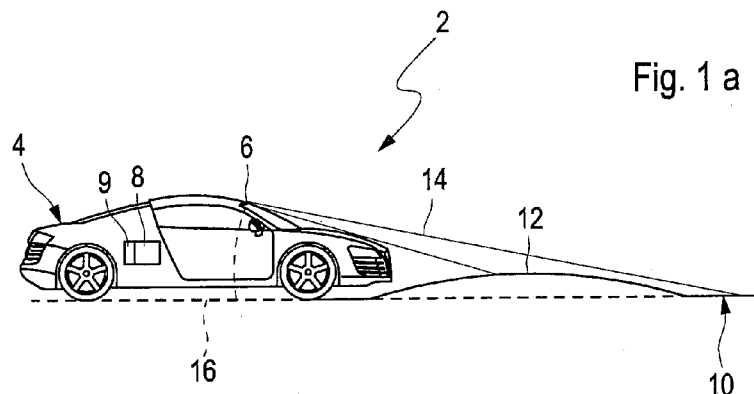
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A VALUE FOR A HEIGHT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES WERTS FÜR EINE HÖHE



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a value for a height of a position (12) of an underlying surface (10) to be driven on by a motor vehicle (4) with respect to a level (16), wherein the position (12) is observed from at least two different perspectives by at least one sensor (6) for sensing an environment of the motor vehicle (4), wherein at least one value for the height is measured for the position (12) from each perspective, wherein one perspective is defined as the main perspective and at least one further perspective is defined as the secondary perspective, wherein at least one value measured from the at least one secondary perspective is transformed into at least one value measured from the main perspective, and wherein the value for the height of the position is calculated from a value which is accumulated from all values from all perspectives.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/070965 A1



ein Verfahren zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle (12) eines von einem Kraftfahrzeug (4) zu befahrenden Untergrunds (10) bezüglich einem Niveau (16), wobei die Stelle (12) aus mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven von zumindest einem Sensor (6) zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs (4) beobachtet wird, wobei für die Stelle (12) aus jeder Perspektive zumindest ein Wert für die Höhe gemessen wird, wobei eine Perspektive als Hauptperspektive und mindestens eine weitere Perspektive als Nebenperspektive definiert wird, wobei zumindest ein aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessener Wert zu zumindest einem aus der Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert wird, und wobei der Wert für die Höhe der Stelle aus einem Wert berechnet wird, der aus sämtlichen Werten aus sämtlichen Perspektiven akkumuliert wird.

Verfahren zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle eines Untergrunds, ein Verfahren zum Erfassen eines Verlaufs eines Höhenprofils eines Abschnitts eines Untergrunds und ein System zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle eines Untergrunds.

Ein Profil einer Oberfläche einer von einem Kraftfahrzeug zu befahrenden Straße kann von einem an dem Kraftfahrzeug angeordneten Sensor aus gemessen und somit erfasst werden. Durch Kenntnis des Profils ist es u. a. möglich, ein Fahrwerk des Kraftfahrzeugs auf die zukünftig zu befahrende Oberfläche vorzubereiten.

Die Druckschrift DE 10 2009 033 219 A1 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung eines vorausliegenden Höhenprofils einer Straße anhand von Bilddaten, die von einem an einem Kraftfahrzeug angeordneten Sensor, bspw. von einer Videokamera oder von einem Lasersensor, erfasst werden. Dabei wird mit einer Schätzvorrichtung ein geschätztes Höhenprofil der Straße zu einem durchgängigen, von einer Eigenbewegung des Kraftfahrzeugs unabhängigen Höhenprofil zusammengesetzt.

Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 1, ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 12 und ein System mit den Merkmalen von Patentanspruch 13 vorgestellt. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den abhängigen Patentansprüchen und der Beschreibung hervor.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle eines von einem Kraftfahrzeug zu befahrenden Untergrunds bezüglich einem üblicherweise festzulegenden bzw. zu definierenden Niveau oder einer festzulegenden bzw. zu definierenden Bezugsebene vorgesehen, wobei die Stelle aus mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven von zumindest einem Sensor zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs beobachtet wird. Dabei wird für die Stelle aus jeder Perspektive zumindest ein Wert für die Höhe gemes-

sen, wobei eine Perspektive als Hauptperspektive und mindestens eine weitere Perspektive als Nebenperspektive definiert wird, und wobei der zumindest eine Sensor zum Erfassen des Umfelds des Kraftfahrzeugs relativ zu der Stelle eine jeweilige Perspektive einnimmt. Zumindest ein aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessener Wert wird, üblicherweise unter Berücksichtigung einer Transformation, zu zumindest einem aus der Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert und dabei an den aus der Hauptperspektive gemessenen Wert angepasst. Der Wert für die Höhe der Stelle wird aus einem Wert, bspw. einem Mittelwert, der bspw. über ein statistisches Verfahren aus sämtlichen Werten aus sämtlichen Perspektiven, d. h. der Hauptperspektive und der mindestens einen Nebenperspektive, akkumuliert wird, berechnet. Somit werden von unterschiedlichen Perspektiven abhängige Werte akkumuliert und/oder zusammengefasst.

Dies bedeutet in Ausgestaltung, dass zum Bestimmen des akkumulierten Werts der aus der Hauptperspektive gemessene Wert und der mindestens eine aus einer Nebenperspektive gemessene Wert, der zu einem aus der entsprechenden Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert wird, berücksichtigt werden. Sämtliche genannten Werte, d. h. der aus der Hauptperspektive gemessene Wert sowie der mindestens eine aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessene Wert, der auf einen entsprechenden Wert aus der Hauptperspektive transformiert wird, werden beispielsweise summiert. Eine aus diesen Werten gebildete Summe wird durch die Anzahl sämtlicher Werte dividiert.

Mehrere aus einer Perspektive gemessene Werte bilden einen Vektor. Ein Vektor einer Nebenperspektive wird unter Berücksichtigung eines inertialen oder sensorfesten Koordinatensystems durch Drehung und/oder Verschiebung zu einem Vektor einer Hauptperspektive transformiert. Zum Bestimmen einer Transformation können drei Verschiebungen und drei Winkel berücksichtigt werden. Ein Vektor einer Nebenperspektive wird durch eine aus Winkeln, bspw. Euler-Winkeln, gebildete Drehmatrix transformiert und translatorisch verschoben.

In Ausgestaltung wird ein Wert aus der Nebenperspektive bei der Transformation derart verändert, als wäre er aus der Hauptperspektive gemessen. Der aus der Hauptperspektive gemessene Wert und der in die Hauptperspektive transformier-

te, aber aus der Nebenperspektive gemessene Wert sind, bis auf ein Messrauschen, in der Regel gleich.

Der zumindest eine aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessene Wert der Höhe wird unter Berücksichtigung der Transformation zu dem zumindest einen aus der Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert, wobei die Transformation hinsichtlich eines Übergangs einer Beobachtung der Stelle durch den Sensor aus der mindestens einen Nebenperspektive zu einer Beobachtung der Stelle durch den Sensor aus der Hauptperspektive bestimmt wird.

Außerdem ist jeweils eine Perspektive des zumindest einen Sensors von einer Position, an der der Sensor relativ zu der Stelle angeordnet wird, und von einem Blickwinkel, unter dem der Wert der Höhe der Stelle gemessen wird, abhängig. Zum Bestimmen der Transformation wird ein räumlicher Unterschied bzw. Abstand zwischen einer ersten Position, die der zumindest eine Sensor bei einer ersten Perspektive relativ zu der Stelle einnimmt, zu einer zweiten Position, die der zumindest eine Sensor bei einer zweiten Perspektive relativ zu der Stelle einnimmt, berücksichtigt. Außerdem wird eine räumliche Transformation und somit ein räumlicher Unterschied zwischen einem ersten Blickwinkel, den der zumindest eine Sensor bei der ersten Perspektive relativ zu der Stelle einnimmt, zu einem zweiten Blickwinkel, den der zumindest eine Sensor bei der zweiten Perspektive relativ zu der Stelle einnimmt, berücksichtigt.

Demnach wird der Wert für die Höhe der Stelle für den von einem Kraftfahrzeug zu befahrenden Untergrund, bspw. für eine Straße, ermittelt, wobei der zumindest eine Sensor zum Erfassen des Umfelds an dem Kraftfahrzeug angeordnet und bei einer Bewegung des Kraftfahrzeugs transportiert wird.

Außerdem kann der zumindest eine Sensor zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Perspektiven relativ zu der Stelle einnehmen.

Die Transformation zwischen unterschiedlichen Perspektiven, die der zumindest eine Sensor relativ zu der Stelle einnimmt, wird aus einer Bewegung des Kraftfahrzeugs relativ zu der Stelle abgeleitet, wobei die Bewegung positions-

und/oder zeitabhängig von zumindest zusätzlich einem Sensor des Kraftfahrzeugs, der zum Bestimmen einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs, z. B. dessen Position, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung, konfiguriert ist, bestimmt wird. Dieser zusätzliche Sensor zum Bestimmen einer kinematischen
5 Größe kann alternativ oder ergänzend dazu ausgebildet sein, als kinematische Größe eine Nickrate, eine Wankrate oder eine Hubbeschleunigung des Kraftfahrzeugs und/oder für jedes Rad des Kraftfahrzeugs eine Radeinfederung zu messen.

10 Durch die mindestens eine kinematische Größe ist neben der Bewegung des Kraftfahrzeugs auch eine Bewegung des zumindest einen Sensors zum Erfassen des Umfelds abzuleiten, bspw. abzuschätzen. In Ausgestaltung des Verfahrens wird eine Bewegung des zumindest einen Sensors zum Erfassen des Umfelds aus der Bewegung des Kraftfahrzeugs abgeleitet und aus dieser Bewegung des
15 Sensors zum Erfassen des Umfelds die Transformation zwischen zwei Perspektiven, auf Werten bzw. Daten des Sensors basierend, bestimmt.

Somit wird mit zumindest einem zusätzlichen Sensor des Kraftfahrzeugs, der zum Ermitteln einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs ausgebildet ist, eine
20 Bewegung des Kraftfahrzeugs erfasst und daraus eine Bewegung des zumindest einen Sensors zum Erfassen des Umfelds abgeleitet. Die Transformation zwischen zwei Perspektiven wird in Abhängigkeit der Bewegung des Sensors zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven bestimmt. Weiterhin wird die Transformation auch anhand der Werte, die der Sensor zum Erfassen des Um-
25 felds erfasst, bestimmt.

In Ausgestaltung kann für den zumindest einen Sensor ein sensorfestes Koordinatensystem definiert werden, aus dessen Transformation zwischen unterschied-
30 lichen Perspektiven die Transformation abhängig von einer jeweiligen Position und einem jeweiligen Blickwinkel des zumindest einen Sensors abgeleitet wird.

Das Verfahren kann für eine Stelle des Untergrunds durchgeführt werden, in deren Richtung das Kraftfahrzeug fährt. In diesem Fall nimmt das Kraftfahrzeug zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Perspektiven ein, wobei sich ein

Abstand des zumindest einen Sensors zu der Stelle von Zeitpunkt zu Zeitpunkt verringert. Außerdem wird ein Wert des Blickwinkels, sofern dieser auf einer vertikalen Achse senkrecht zu dem Untergrund bezogen ist, in diesem Fall von Zeitpunkt zu Zeitpunkt kleiner.

5

Die mindestens eine Nebenperspektive relativ zu der Stelle kann von dem zumindest einen Sensor zum Erfassen des Umfelds zu einem Zeitpunkt eingenommen werden, bevor von dem Sensor die Hauptperspektive eingenommen wird. Alternativ oder ergänzend kann die mindestens eine Nebenperspektive von dem zumindest einen Sensor zum Erfassen des Umfelds relativ zu der Stelle zu einem Zeitpunkt eingenommen werden, nachdem von dem Sensor die Hauptperspektive eingenommen wurde.

10

15

Für jede Perspektive, die der zumindest eine Sensor zum Erfassen des Umfelds relativ zu der Stelle einnimmt, kann eine Ausgleichsgeometrie, d. h. eine Ausgleichsgerade oder eine Ausgleichsebene, definiert werden, auf die ein aus der jeweiligen Perspektive ermittelter Wert für die Höhe der Stelle bezogen und/oder projiziert wird. Das voranstehend vorgestellte Verfahren kann auch für ein Verfahren zum Erfassen eines Verlaufs eines Höhenprofils eines Abschnitts eines Untergrunds, der mehrere Stellen aufweist, verwendet werden. Hierbei wird für jede dieser Stellen ein Wert für deren Höhe durch das Verfahren zum Ermitteln des Werts der Höhe einer jeweiligen Stelle ermittelt, wobei aus den Werten der Höhen der Stellen der Verlauf des Höhenprofils zusammengesetzt wird.

20

25

Das erfindungsgemäße System ist zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle eines Untergrunds, der von einem Kraftfahrzeug befahren wird, bezüglich einem Niveau oder einer Bezugsgeometrie, bspw. einer Bezugsebene oder einer Bezugslinie ausgebildet und umfasst zumindest einen Sensor zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs und ein Steuergerät, wobei der zumindest eine Sensor dazu ausgebildet ist, die Stelle aus mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven zu beobachten und für die Stelle aus jeder Perspektive zumindest einen Wert für die Höhe zu messen, wobei eine Perspektive als Hauptperspektive und mindestens eine weitere Perspektive als Nebenperspektive von dem Steuergerät zu definieren ist. Das Steuergerät ist auch dazu ausgebildet, den

30

zumindest einen aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessenen Wert, ggf. unter Berücksichtigung einer Transformation, zu dem zumindest einen aus der Hauptperspektive gemessenen Wert zu transformieren und dabei an den zumindest einen aus der Hauptperspektive gemessenen Wert anzupassen. Der Wert für die Höhe der Stelle ist aus einem Wert, der aus sämtlichen Werten aus sämtlichen Perspektiven zu akkumulieren ist, zu berechnen.

Dieses System ist dazu ausgebildet, mindestens einen Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

Das System weist zumindest einen Sensor zum Erfassen einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs auf, der dazu ausgebildet ist, eine Bewegung des Kraftfahrzeugs zu erfassen. Das Steuergerät ist dazu ausgebildet, aus einer erfassten Bewegung des Kraftfahrzeugs eine Bewegung des Sensors zum Erfassen des Umfelds abzuleiten und daraus die Transformation zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven zu bestimmen. Eine Berechnung dieser Transformation wird durch Informationen der von zumindest einem Sensor erfassten Straße durch Vergleich einer Erfassung der Straße zwischen zwei Zeitpunkten ergänzt.

Außerdem ist das System zum Erfassen eines Verlaufs eines Höhenprofils eines Abschnitts einer Straße, der mehrere Stellen aufweist, ausgebildet, wobei von dem System für jede dieser Stellen ein Wert für deren Höhe zu ermitteln und aus den Werten der Höhen der Stellen der Verlauf des Höhenprofils zusammenzusetzen ist.

Unter Berücksichtigung der im Rahmen des Verfahrens ermittelten Abmessungen kann u. a. eine Regelung für ein vorausschauendes Fahrwerk des Kraftfahrzeugs umgesetzt werden.

Das Kraftfahrzeug weist den zumindest einen Sensor, d. h. einen Mono-Sensor und/oder Stereo-Sensor und/oder Laser-Sensor zum Erfassen des Umfelds bzw. der Umgebung des Kraftfahrzeugs auf. Dieser zumindest eine Sensor ist dazu ausgebildet, bspw. unter Nutzung von Laserstrahlen, Videoaufnahmen oder Radar, die vor dem Kraftfahrzeug befindliche Straße zu erfassen. Für den zumin-

dest einen Sensor kann ein sensorfestes Koordinatensystem definiert werden, das sich bei einer Bewegung des Kraftfahrzeugs, die u. a. von einem Hub, einem Nicken oder Wanken des Kraftfahrzeugs abhängig ist, relativ zu der Straße bewegt wird.

5

Mindestens eine Stelle und somit der Abschnitt, d. h. ggf. ein Großteil des als Straße ausgebildeten Untergrunds, wird von dem zumindest einen Sensor zum Erfassen des Umfelds aus unterschiedlichen Perspektiven mehrmals redundant gemessen und somit erfasst. Hierbei wird eine zu beobachtende Stelle der Straße zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus unterschiedlichen Perspektiven erfasst, wobei die Zeitpunkte, durch regelmäßige Zeitintervalle voneinander beabstandet, aufeinanderfolgen. Dabei wird aus jeder Perspektive ein sich über eine bestimmte Länge der Straße erstreckender Bereich der Straße erfasst. Positionen, die das sensorfeste Koordinatensystem dabei einnimmt, hängen auch von einer Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs ab. Falls von dem zumindest einen Sensor nach einem Zeitintervall von z. B. 30 ms neue Informationen über eine Länge von 4 m bis 15 m entlang der Straße bereitgestellt werden, wobei sich das Kraftfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h bewegt, legt das Kraftfahrzeug während des Zeitintervalls von 30 ms ca. 0,4 m zurück. Demnach wird derselbe Abschnitt und/oder dieselbe Stelle der Straße zu mehreren aufeinanderfolgenden Zeitpunkten erfasst, wobei die Straße von dem zumindest einen, sich mit dem Kraftfahrzeug mitbewegenden Sensor zu jedem Zeitpunkt aus einer anderen Perspektive, d. h. aus einer anderen Position und/oder einem anderen Blickwinkel gemessen wird.

25

Durch mehrfaches, redundantes Messen derselben Stelle und/oder desselben Abschnittes werden unterschiedliche Werte einer Höhe derselben Stelle der Straße erfasst, wobei die Werte, die zu verschiedenen Zeitpunkten erfasst werden, rechnerisch akkumuliert, bspw. gemittelt, werden. Durch eine derartige rechnerische Mittelung der Werte kann eine Genauigkeit bei einer Bestimmung der Höhe der zu erfassende Stelle verbessert werden. Die Mittelung kann auch über statistische Verfahren, wie bspw. ein Prädiktor-Korrektor-Verfahren oder ein Median-Verfahren, durchgeführt werden. Üblicherweise werden zu einem vorherigen Zeitpunkt aus einer Nebenperspektive gemessene ältere Werte bzw. Daten

30

in die Werte bzw. Daten, die zu einem aktuellen Zeitpunkt gemessen werden, transformiert. Danach wird aus sämtlichen Werten der akkumulierte Wert, bspw. Mittelwert, gebildet. In der Regel werden ältere Werte, die aus einer Nebenperspektive erfasst werden, auf jüngere Werte, die aus der Hauptperspektive erfasst werden, transformiert. Folglich ist vorgesehen, ältere Werte aus der Nebenperspektive so zu transformieren, als wären sie aus der neueren Hauptperspektive bzw. Position des Sensors gemessen. Die älteren Werte aus der Nebenperspektive werden akkumuliert und enthalten Information sämtlicher älterer Nebenperspektiven für den Abschnitt des Untergrunds. Bei einer Akkumulation in einem inertialen Koordinatensystem werden neue Werte aus einer Nebenperspektive in ältere Werte einer Hauptperspektive transformiert.

Bei einer ersten Variante des Verfahrens werden die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessenen Werte für die Höhe im sensorfesten Koordinatensystem akkumuliert. Hierbei werden alte, bereits gemessene Werte zu neuen, aktuellen Werten transformiert und sämtliche Werte nachfolgend akkumuliert, üblicherweise gemittelt.

Hierbei ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt eine Ausgleichsgerade und/oder Ausgleichsebene, d. h. verallgemeinert eine Ausgleichsgeometrie, für die Höhe der von der Stelle erfassten, rohen Werte bereitzustellen. Hierbei können z. B. kleinste Fehlerquadrate zwischen den rohen Werten bzw. den Rohdaten und der Ausgleichsgeometrie ermittelt werden. Die Werte für die Höhe der Stelle werden weiterhin bezüglich dieser Ausgleichsgeometrie berechnet.

In einer zweiten, alternativen oder ergänzenden Variante wird z. B. bei einem Starten eines Motors des Kraftfahrzeugs eine Bezugsebene als Niveau für die Höhe festgelegt. Die zu den nachfolgenden Zeitpunkten erfassten Werte der Höhe werden bezüglich der als Niveau vorgesehenen Bezugsebene gemessen, ausgerechnet und akkumuliert. In diesem Fall wird ein zu einem aktuellen Zeitpunkt aus einer Nebenperspektive erfasster Wert zu einem Wert, der zu einem älteren Zeitpunkt aus einer Hauptperspektive erfasst wurde, bezüglich dem inertialen Koordinatensystem transformiert und nachfolgend akkumuliert, wobei zwischen dem inertialen Koordinatensystemen und einem sensorfesten Koordi-

natensystem unterschieden werden kann. Eine inertial feste Bezugsebene eines Koordinatensystems kann in bestimmten Abständen neu gesetzt werden, wenn bspw. die Werte für die Höhe zu groß werden.

5 Eine Transformation ist von einem verwendeten Koordinatensystem unabhängig und wird durch Kombination der kinematisch gemessenen Größen und von sensorisch erfassten Werten zu dem Höhenprofil des Untergrunds aus den verschiedenen Perspektiven bestimmt. Üblicherweise werden die unterschiedlichen Perspektiven von dem Sensor zum Erfassen des Höhenprofils zu unterschiedlichen
10 Zeitpunkten, die jeweils durch ein Zeitintervall voneinander beabstandet sind, eingenommen.

Bei beiden Varianten können entweder die alten, zum früheren Zeitpunkt sensorisch erfassten Werte in die zum späteren, neueren Zeitpunkt erfassten Werte
15 oder die zum neueren Zeitpunkt erfassten Werte in die zum alten Zeitpunkt erfassten Werte transformiert werden. Bei der Variante der inertial festen Bezugsebene werden die neuen Werte in die alten Werte transformiert. Unabhängig davon kann über zumindest einen zusätzlichen Sensor des Kraftfahrzeugs zum Erfassen zumindest einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs, bspw. dessen
20 Ort bzw. Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Nickrate, Wankrate, Hubbeschleunigung, und/oder Radeinfederung, gemessen und darauf basierend eine erste Schätzung für eine Bewegung des Sensors zum Erfassen des Umfelds und somit einer Transformation zwischen unterschiedlichen Perspektiven des zumindest einen Sensors zum Erfassen des Umfelds durchgeführt werden. Eine weitere, genauere Ermittlung einer Transformation der Werte, die zu unterschiedlichen
25 Zeitpunkten erfasst werden, wird durch Auswerten der Daten des zumindest einen zusätzlichen Sensors, mit dem die Straße vor dem Kraftfahrzeug gemessen wird, wobei drei Winkel und drei Translationen bestimmt werden, bei denen die Werte, die zeitpunktabhängig transformiert werden, möglichst gut ineinander
30 passen.

Das Höhenprofil des Untergrunds wird von dem zumindest einen Sensor zum Erfassen des Umfelds aus unterschiedlichen Perspektiven erfasst. Zum Bestimmen der Transformation kann eine erste Schätzung durchgeführt werden, wobei Wer-

te für kinematische Größen, z. B. für eine Position, Geschwindigkeit oder Beschleunigung des Kraftfahrzeugs oder für eine Radeinfederung, verwendet werden, wobei sich diese Werte von Perspektive zu Perspektive ändern. Hierzu kann auch ein Modell des Kraftfahrzeugs mit Informationen zu einer Masse, einer Federsteifigkeit einer Feder oder einer Dämpferkraft eines Dämpfers des Kraftfahrzeugs oder einer Ansteuerung eines Aktors des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden. Diese Schätzung wird durch Informationen des mindestens einen Sensors zum Erfassen des Umfelds verbessert, wobei ein Prädiktor-Korrektur-Verfahren mit einem Kalman-Filter eingesetzt werden kann.

Zur Umsetzung kann ein sog. vertikales Modell des Kraftfahrzeugs verwendet werden, das Informationen zu dessen Aufbau, Masse, Federsteifigkeit, Dämpferkennlinie oder Eigenschaften der verwendeten Reifen umfasst. Dabei wird auch berücksichtigt, wie Aktoren des Kraftfahrzeugs bei dessen Bewegung aktuell angesteuert werden. Außerdem ist eine Beschaffenheit des befahrenen Untergrunds durch zumindest ein Erfassen aus einer Perspektive grob bekannt. Hieraus wird aus einer sensorisch erfassten Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs dessen Eigenbewegung vorhergesagt. Dabei können zum Bestimmen der Eigenbewegung ergänzend auch die Beschleunigung des Kraftfahrzeugs und eine Radeinfederung verwendet werden. Weiterhin kann die Eigenbewegung unter Berücksichtigung des sensorisch erfassten Umfelds des Kraftfahrzeugs ergänzt und somit korrigiert werden.

In einer weiteren Variante kann auf das Modell des Kraftfahrzeugs verzichtet werden. Hierzu kann eine lineare oder nichtlineare Optimierung durchgeführt werden.

Durch Minimierung von Fehlerquadraten kann unter Berücksichtigung einer linearen Regression ein lineares Gleichungssystem bereitgestellt werden. Hierbei können mehrere perspektiven- und/oder zeitpunktabhängig erfasste Werte für ein Höhenprofil des Abschnitts miteinander verglichen und durch Verschieben aneinander angepasst werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Werte für zufällig ermittelte Stellen des Abschnitts und für unterschiedliche Zeitpunkte zu betrachten und diese Werte unter Berücksichtigung der jeweiligen Perspektive

durch Drehen und/oder Verschieben zueinander zu transformieren, so dass die zu den unterschiedlichen Zeitpunkten erfassten Werte für die Höhe der Stelle gut zusammenpassen.

5 Zum Bestimmen der Transformation zwischen zwei Perspektiven werden eine Drehung und eine Verschiebung eines aus einer Nebenperspektive erfassten Höhenprofils gesucht, so dass dieses Höhenprofil entlang eines Abschnitts des Untergrunds und das Höhenprofil aus einer Hauptperspektive im gleichen Koordinatensystem orientiert sind. Hierzu kann ein Fehler zwischen den beiden zwei-
10 dimensional Höhenprofilen berechnet werden, z. B durch Bilden der Summe der Fehlerquadrate zwischen Linien für jeden Punkt des Untergrunds. Ist die Summe klein, passen beide Höhenprofile gut zusammen. Somit kann eine passende Drehung und/oder Verschiebung für die Transformation unter Berücksichtigung der für das Höhenprofil und die kinematischen Größen sensorisch erfassten Werte ermittelt werden.

Die von dem zumindest einen Sensor zum Erfassen des Umfelds zu einem ersten Zeitpunkt und zu einem zweiten Zeitpunkt erfassten, rohen Werte werden durch Transformation zueinander und durch Akkumulation verarbeitet. Eine Zusammensetzung eines Profils einer Höhe der Straße kann dabei in einem sensor-
20 festen und/oder inertialen Koordinatensystem durchgeführt werden.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und beiliegenden Zeichnungen.

25 Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

30 Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen schematisch und ausführlich beschrieben.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Systems bei Durchführung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

5 Figur 2 zeigt die anhand von Figur 1 vorgestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bei Durchführung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10 Figur 3 zeigt in schematischer Darstellung die anhand der Figuren 1 und 2 vorgestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bei Durchführung einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Figuren werden zusammenhängend und übergreifend beschrieben. Gleiche Bezugsziffern bezeichnen gleiche Komponenten.

15 Die in sämtlichen Figuren 1 bis 3 schematisch dargestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems 2 ist für ein Kraftfahrzeug 4 vorgesehen und umfasst einen Sensor 6, der zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs 4 unter Nutzung elektromagnetischer Wellen, bspw. video-, laser- oder radarbasiert, ausgebildet ist, sowie ein Steuergerät 8.

20 Im Detail ist vorgesehen, dass das Kraftfahrzeug 4 bei der ersten Ausführungsform des Verfahrens einen ersten, hier als Straße ausgebildeten Untergrund 10 befährt. Dabei ist das Kraftfahrzeug 4 mit dem kompletten System 2 lediglich in
25 Figur 1a dargestellt. Hierbei nimmt der Sensor 6 relativ zu einer Stelle 12 des Untergrunds 10 in Figur 1a zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Perspektive ein, die durch eine Position des Sensors relativ zu der Stelle 12 sowie einem Blickwinkel des Sensors 6 relativ zu der Stelle 12 definiert ist. Figur 1b zeigt lediglich den Untergrund 10 in Bezug auf ein zu definierendes Niveau bzw. eine Bezugslinie 16
30 (gestrichelte Linie) unter Berücksichtigung der ersten Perspektive. In Figur 1c ist lediglich der Sensor 6 dargestellt, der bei einer Fahrt des Kraftfahrzeugs 4 im Vergleich zu der ersten Perspektive aus Figur 1a zu einem zweiten Zeitpunkt relativ zu der Stelle 12 eine zweite Perspektive einnimmt, die ebenfalls durch die Position und den Blickwinkel des Sensors 6 relativ zu der Stelle 12 definiert ist.

Beide Figuren 1a und 1c zeigen zudem einen Sichtbereich 14 des Sensors 6. Figur 1d zeigt den Untergrund 10 und das Niveau 16 unter Berücksichtigung der zweiten Perspektive. Die Perspektive des Sensors 6 ändert sich abhängig von einer Bewegung des Kraftfahrzeugs 4 auf dem Untergrund 10.

5

Bei Durchführung der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durch das System 2 ist vorgesehen, dass die erste, zu dem ersten Zeitpunkt von dem Sensor 6 eingenommene Perspektive als Nebenperspektive bezeichnet wird, wohingegen die von dem Sensor 6 zu dem zweiten Zeitpunkt eingenommene Perspektive relativ zu der Stelle 12 als Hauptperspektive bezeichnet wird. Außerdem zeigen sämtliche Figuren 1a bis 1d das im Rahmen des Verfahrens definierte Niveau 16, das hier durch eine gestrichelte Linie verdeutlicht ist.

10

In der ersten Ausführungsform des Verfahrens wird ein Wert einer Höhe der Stelle 12 bezüglich dem Niveau 16 festgelegt. Hierbei wird, wie Figur 1a und Figur 1b andeuten, ausgehend von der ersten Perspektive bzw. Nebenperspektive des Sensors 6 zu dem ersten Zeitpunkt für die Höhe der Stelle 12 ein erster Wert ermittelt. Danach wird zu dem zweiten Zeitpunkt ausgehend von der zweiten Perspektive bzw. Hauptperspektive des Sensors 6 relativ zu der Stelle 12 ein zweiter Wert für die Höhe der Stelle 12 bezüglich des Niveaus 16 ermittelt. Bei einem Übergang des Sensors 6 von der ersten Perspektive in die zweite Perspektive werden dessen Position relativ zu der Stelle 12 sowie dessen Blickwinkel relativ zu der Stelle 12 transformiert. Dabei werden hier Werte für üblicherweise drei Koordinaten zum Beschreiben einer Transformation der Position und/oder Werte für in der Regel drei Winkel zum Beschreiben einer Transformation des Blickwinkels ermittelt.

15

20

25

30

Zum Bestimmen der Transformation werden u. a. Werte für mindestens eine kinematische Größe, d. h. Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Nickrate, Wankrate, Hubbeschleunigung und/oder Radeinfederung des Kraftfahrzeugs 4, von einem weiteren Sensor 9 des Kraftfahrzeugs 4, mit dem mindestens eine kinematische Größe des Kraftfahrzeugs 4 zu erfassen ist, verwendet. Somit ist mit dem weiteren bzw. zusätzlichen Sensor 9 zum Bestimmen mindestens einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs 4 dessen Bewegung zu erfassen, aus

der wiederum einen Bewegung des Sensors 6 zum Erfassen des Umfelds des Kraftfahrzeugs 4 abgeleitet wird. Eine Transformation zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven hängt von einer Bewegung des Sensors 6 zum Erfassen des Umfelds ab.

5

Auf Grundlage der Transformation zwischen den beiden Perspektiven des Sensors 6 relativ zu der Stelle 12 werden die aus den beiden unterschiedlichen Perspektiven ermittelten Werte für die Höhe der Stelle 12, d. h. der aus der ersten Perspektive bzw. Nebenperspektive ermittelte Wert gemäß einer durch einen Pfeil 18 angedeuteten und von der Bewegung des Sensors 6 zum Erfassen des Umfelds abhängigen Transformation auf den zum zweiten Zeitpunkt aus der zweiten Perspektive erfassten Wert der Höhe der Stelle 12 transformiert. Diese beiden Werte werden akkumuliert, bspw. gemittelt, wobei als zu erfassender Wert der Höhe der Stelle 12 aus Werten, die aus unterschiedlichen Perspektiven erfasst werden, ein akkumulierter Wert, bspw. Mittelwert, gebildet wird.

10
15

Üblicherweise werden zu einem Zeitpunkt viele Werte sensorisch gemessen, z. B. für einen vor der Vorderachse des Kraftfahrzeugs 4 liegenden Abschnitt des Untergrunds 10. Diese Werte werden gespeichert. Ein Vektor von Werten eines alten Zeitschritts enthält wegen einer Mittelung bisher erfasster Werte alle Informationen von vorherigen Zeitschritten. Diese Werte werden so transformiert, dass die Höhenwerte mit den Höhenwerten des aktuellen Zeitschrittes bis auf das Messrauschen übereinstimmen. Demnach werden die Werte der alten Nebenperspektive so transformiert, als würden sie aus der aktuellen Hauptperspektive gemessen.

20
25

In den Figuren 2a, 2b, 2c und 2d ist ein zweites Beispiel für einen Untergrund 20 dargestellt, der hier ebenfalls von dem mit der Ausführungsform des Systems 2 ausgestatteten Kraftfahrzeug 4 befahren wird. Dabei ist hier vorgesehen, bei Durchführung der zweiten Ausführungsform des Verfahrens ebenfalls eine Höhe einer Stelle 22 bezüglich eines zu definierenden Niveaus des Untergrunds 20 zu bestimmen. Dabei ist das Kraftfahrzeug 4 mit dem kompletten System 2 lediglich in Figur 2a dargestellt. In Figur 2c ist lediglich der Sensor 6 des Systems 2 schematisch dargestellt. Dabei nimmt der Sensor 6 in Figur 2a relativ zu der Stel-

30

le 22 des zu befahrenden Untergrunds 20 zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Perspektive, hier eine Nebenperspektive, ein. Dagegen nimmt der Sensor 6, wie anhand von Figur 2c angedeutet, zu einem zweiten Zeitpunkt relativ zu der Stelle 22 eine zweite Perspektive, hier eine Hauptperspektive, ein.

5

Bei Durchführung der Ausführungsform des Verfahrens werden auch hier aus unterschiedlichen Perspektiven unterschiedliche Werte für die Höhe der Stelle 22 relativ zu dem Niveau ermittelt. Außerdem wird ein Übergang und somit eine Transformation der ersten Perspektive bzw. Nebenperspektive des Sensors 6 (Figur 2a) hin zu der zweiten Perspektive bzw. Hauptperspektive (Figur 2c) des Sensors 6 berücksichtigt. In den Figuren 2a bis 2d ist eine als Ausgleichsgerade ausgebildete Ausgleichsgeometrie 26 durch eine gestrichelte Linie angedeutet. Das Niveau bzw. die Bezugslinie wird durch die Ausgleichsgerade bzw. Ausgleichsebene berechnet. Bei einer hier durch einen Pfeil 28 angedeuteten Transformation des aus der ersten Perspektive erfassten Werts der Höhe der Stelle 22 zu dem aus der zweiten Perspektive erfassten Wert der Höhe wird die Ausgleichsgeometrie 26 verwendet. Dabei werden die Werte aus beiden Perspektiven akkumuliert, bspw. gemittelt, wobei der Wert der Höhe der Stelle 22 aus einem Mittelwert sämtlicher Werte berechnet wird.

10

15

20

Bei beiden Ausführungsformen werden alte Werte aus einer Nebenperspektive in neue Werte aus der Hauptperspektive transformiert. Hierbei wird mit der in Figur 1 beschriebenen Ausführungsform ein von der Bewegung des Kraftfahrzeugs 4 abhängiges sensorfestes Koordinatensystem verwendet. Bei der anhand von Figur 2 beschriebenen Ausführungsform wird das Koordinatensystem durch die Ausgleichsgeometrie 26 bestimmt. Dabei wird die Ausgleichsgeometrie 26 bzw. Ausgleichsgerade durch die Werte des Höhenprofils gelegt, wobei eine Bezugslinie bzw. Nulllinie des Niveaus in der Regel auf dem Untergrund 20 liegt.

25

30

Die Ausgleichsgeometrie 26 bzw. Ausgleichsgerade ist jene mit den kleinsten Fehlerquadraten. Hierbei werden Rohdaten aus einem Sichtbereich des Sensors 6 verwendet. Die Ausgleichsgerade wird durch Lösen eines linearen Gleichungssystems ermittelt, wobei berücksichtigt wird, dass eine Summe von quadrierten

Werten der Höhe in jedem Punkt der Ausgleichsgerade zu den Werten, die von dem Sensor 6 ermittelt werden, minimal wird.

Bei der dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die hier ebenfalls durch die bereits vorgestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems 2 durchgeführt wird, ist vorgesehen, dass das mit dem System 2 ausgestattete Fahrzeug über ein drittes Beispiel eines Untergrunds 30 fährt. Dabei nimmt der Sensor 6 entlang des Untergrunds 30 relativ zu dem Untergrund 30 unterschiedliche Perspektiven ein, wie anhand von Figur 3a angedeutet ist.

Hier werden Werte für ein Höhenprofil des Untergrunds 30 in einem inertial festen Koordinatensystem akkumuliert. Außerdem wird einmal eine Bezugsebene festgelegt bzw. in bestimmten zeitlichen Abständen aktualisiert und die Werte bezüglich dieser Bezugsebene akkumuliert. Hierzu zeigt Figur 3 die Hauptperspektive und eine folgende Nebenperspektive.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle (12, 22) eines von einem Kraftfahrzeug (4) zu befahrenden Untergrunds (10, 20, 30) bezüglich einem Niveau (16), wobei die Stelle (12, 22) aus mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven von zumindest einem Sensor (6) zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs (4) beobachtet wird, wobei für die Stelle (12, 22) aus jeder Perspektive zumindest ein Wert für die Höhe gemessen wird, wobei eine Perspektive als Hauptperspektive und mindestens eine weitere Perspektive als Nebenperspektive definiert wird, wobei zumindest ein aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessener Wert zu zumindest einem aus der Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert wird, und wobei der Wert für die Höhe der Stelle aus einem Wert berechnet wird, der aus sämtlichen Werten aus sämtlichen Perspektiven akkumuliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der zumindest eine aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessene Wert unter Berücksichtigung einer Transformation zu dem zumindest einen aus der Hauptperspektive gemessenen Wert transformiert wird, wobei die Transformation hinsichtlich eines Übergangs einer Beobachtung der Stelle (12, 22) aus der mindestens einen Nebenperspektive zu einer Beobachtung der Stelle (12, 22) aus der Hauptperspektive bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem jeweils eine Perspektive des zumindest einen Sensors (6) von einer Position, an der der Sensor (6) angeordnet wird, und aus einem Blickwinkel, unter dem der Wert der Höhe der Stelle (12, 22) gemessen wird, abhängig ist.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem der zumindest eine Sensor (6) zum Erfassen des Umfelds an dem Kraftfahrzeug (4) angeordnet ist und bei einer Bewegung des Kraftfahrzeugs (4) transportiert wird.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem von dem zumindest einen Sensor (6) zu unterschiedlichen Zeitpunkten relativ zu der Stelle (12, 22) unterschiedliche Perspektiven eingenommen werden.
- 5 6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die Transformation zwischen unterschiedlichen Perspektiven, die der zumindest eine Sensor (6) relativ zu der Stelle einnimmt, aus einer Bewegung des Kraftfahrzeugs (4) relativ zu der Stelle (12, 22) abgeleitet wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, das für eine Stelle (12, 22) des Untergrunds (10, 20, 30) durchgeführt wird, in deren Richtung das Kraftfahrzeug (4) fährt.
- 15 8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die mindestens eine Nebenperspektive von dem zumindest einen Sensor (6) zu einem Zeitpunkt eingenommen wird, bevor von dem Sensor (6) die Hauptperspektive eingenommen wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die mindestens eine Nebenperspektive von dem zumindest einen Sensor (6) zu einem Zeitpunkt eingenommen wird, nachdem von dem Sensor (6) die Hauptperspektive eingenommen wurde.
- 25 10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem für jede Perspektive, die der zumindest eine Sensor (6) relativ zu der Stelle (12, 22) einnimmt, eine Ausgleichsgeometrie (26) definiert wird, auf die der zumindest eine aus der jeweiligen Perspektive ermittelte Wert für die Höhe der Stelle (12, 22) bezogen wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem mit zumindest einem zusätzlichen Sensor (9) des Kraftfahrzeugs (4), der zum Ermitteln einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs (4) ausgebildet ist, eine Bewegung des Kraftfahrzeugs (4) erfasst und daraus eine Bewegung des zumindest einen Sensors (6) zum Erfassen des Umfelds abgeleitet wird, wobei die Trans-

formation zwischen zwei Perspektiven in Abhängigkeit der Bewegung des Sensors (6) zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven bestimmt wird.

12. Verfahren zum Erfassen eines Verlaufs eines Höhenprofils eines Abschnitts eines Untergrunds (10, 20, 30), der mehrere Stellen (12, 22) aufweist, wobei für jede dieser Stellen (12, 22) ein Wert für deren Höhe durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ermittelt wird, wobei aus den Werten der Höhen der Stellen (12, 22) der Verlauf des Höhenprofils zusammengesetzt wird.

13. System zum Ermitteln eines Werts für eine Höhe einer Stelle (12, 22) eines von einem Kraftfahrzeug (4) zu befahrenden Untergrunds (10, 20, 30) bezüglich einem Niveau (16), wobei das System (2) zumindest einen Sensor (6) zum Erfassen eines Umfelds des Kraftfahrzeugs (4) und ein Steuergerät (8) aufweist, wobei der zumindest eine Sensor (6) dazu ausgebildet ist, die Stelle (12, 22) aus mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven zu beobachten und für die Stelle (12, 22) aus jeder Perspektive zumindest einen Wert für die Höhe zu messen, wobei eine Perspektive als Hauptperspektive und mindestens eine weitere Perspektive als Nebenperspektive zu definieren ist, wobei das Steuergerät (6) dazu ausgebildet ist, zumindest einen aus der mindestens einen Nebenperspektive gemessenen Wert zu dem zumindest einen aus der Hauptperspektive gemessenen Wert zu transformieren und den Wert für die Höhe der Stelle (12, 22) aus einem Wert zu berechnen, der aus sämtlichen Werten aus sämtlichen Perspektiven zu akkumulieren ist.

14. System nach Anspruch 13, das dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

15. System nach Anspruch 13 oder 14, das zumindest einen Sensor (9) zum Erfassen einer kinematischen Größe des Kraftfahrzeugs (4) aufweist, der dazu ausgebildet ist, eine Bewegung des Kraftfahrzeugs (4) zu erfassen

16. System nach Anspruch nach Anspruch 15, bei dem das Steuergerät (8) dazu ausgebildet ist, aus einer erfassten Bewegung des Kraftfahrzeug (4) eine

Bewegung des Sensors (6) zum Erfassen des Umfelds abzuleiten und daraus die Transformation zwischen zwei unterschiedlichen Perspektiven zu bestimmen.

17. System nach einem der Ansprüche 13 bis 16, das zum Erfassen eines
5 Verlaufs eines Höhenprofils eines Abschnitts eines Untergrunds (10, 20, 30), der
mehrere Stellen (12, 22) aufweist, ausgebildet ist, wobei das System (2) dazu
ausgebildet ist, für jede dieser Stellen (12, 22) einen Wert für deren Höhe durch
eine Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zu ermitteln und aus den
10 Werten der Höhen der Stellen (12, 22) den Verlauf des Höhenprofils zusammen-
zusetzen.

Fig. 1 b

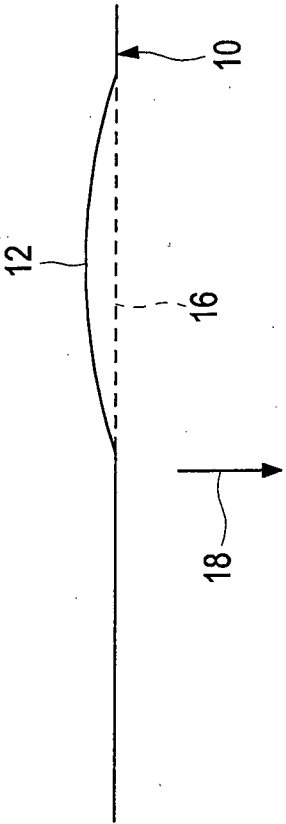


Fig. 1 d

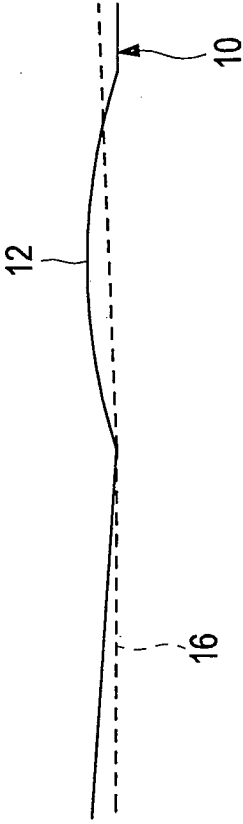


Fig. 1 a

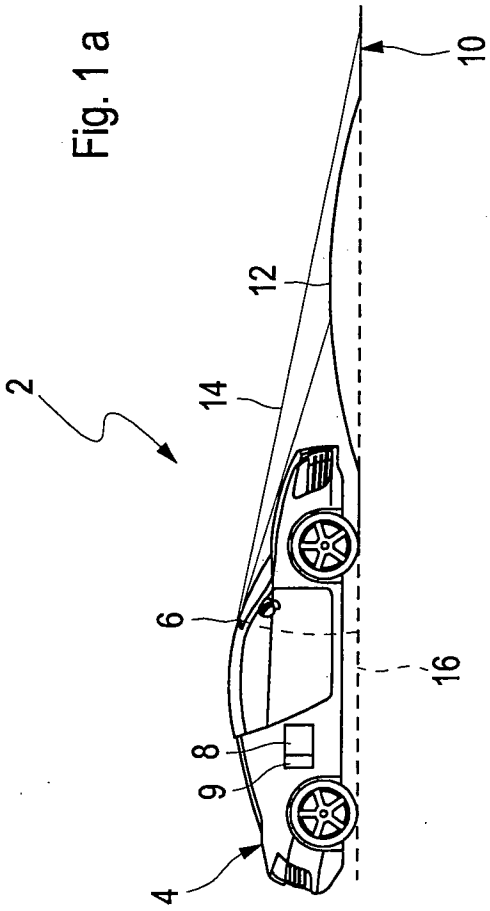
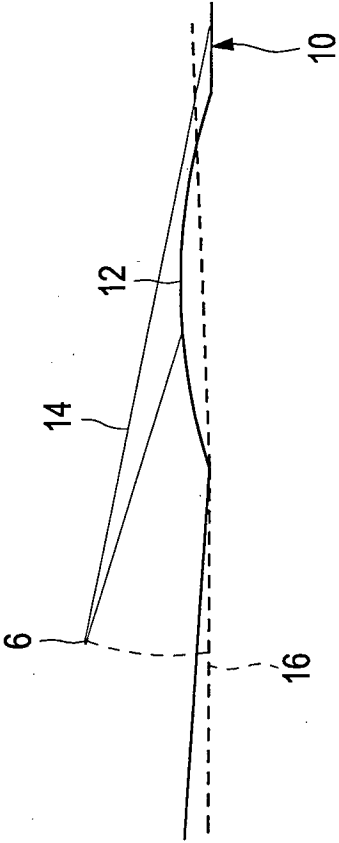
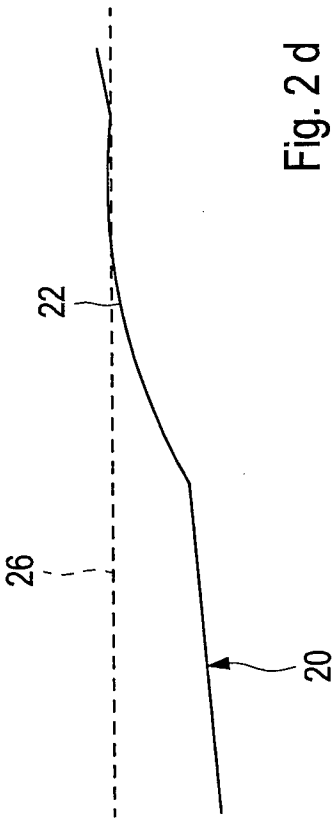
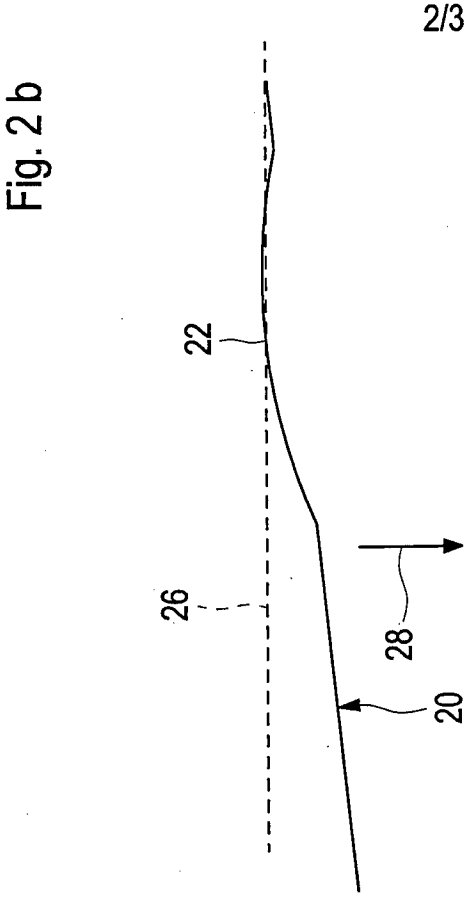
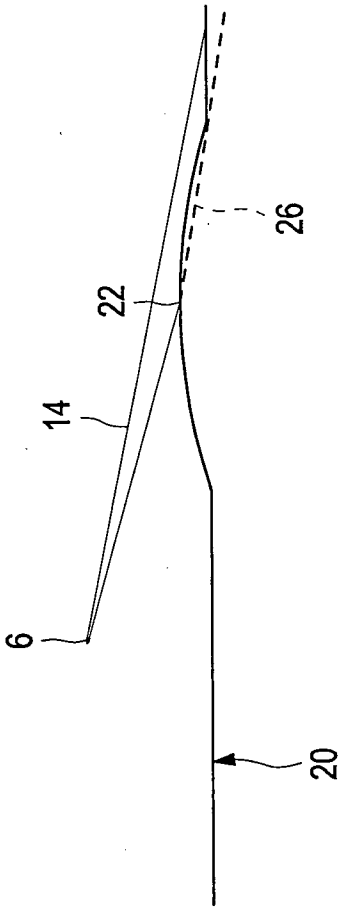
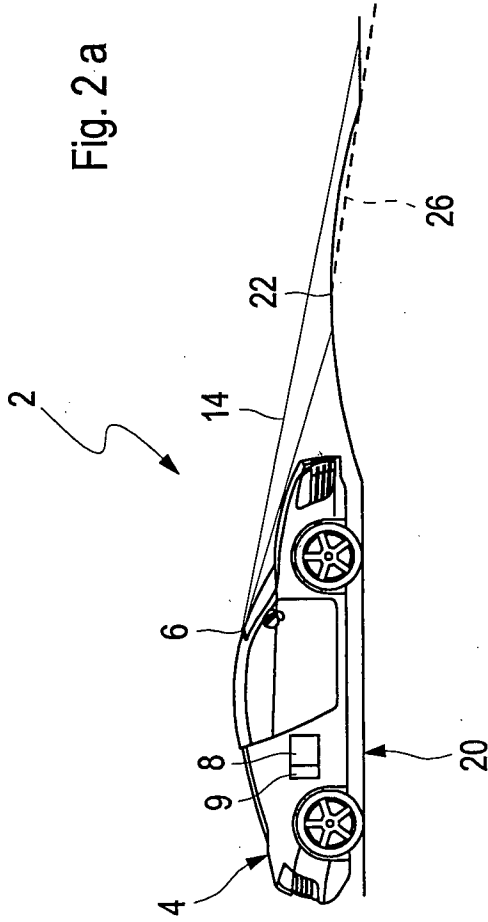


Fig. 1 c





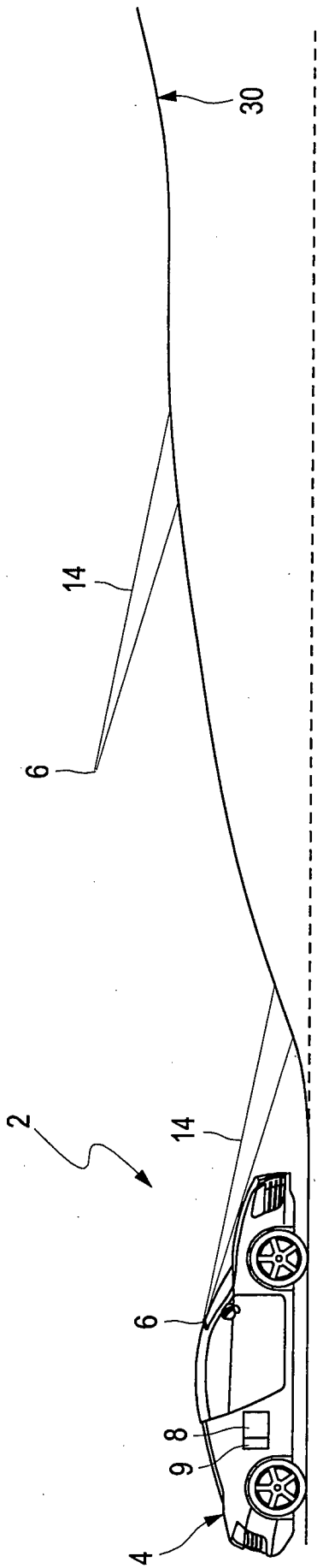


Fig. 3 a

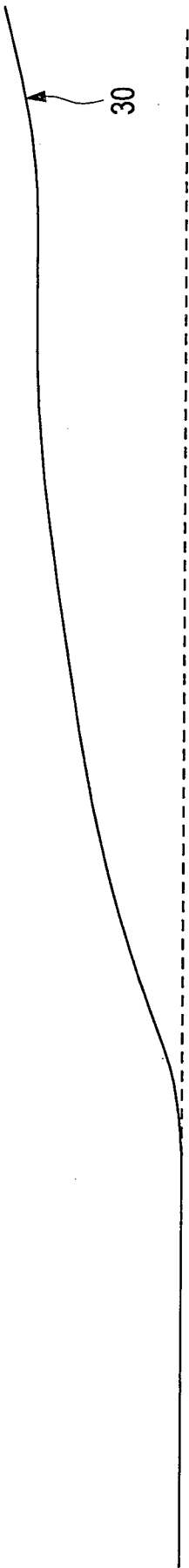


Fig. 3 b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/002992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G06K9/00 B60G17/0165 B60W10/22 B60W40/06 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) B60G B60W G06K G06T		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 602 741 A2 (MOBILEYE TECHNOLOGIES LTD [CY] MOBILEYE VISION TECHNOLOGIES LTD [IL]) 12 June 2013 (2013-06-12) paragraphs [0017], [0019], [0023] - [0026], [0052], [0058], [0065], [0085] - [0087]; figures 1,15 -----	1-17
X	WO 2008/022696 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; SCHINDLER ANDREAS [DE]; STREITER RALPH [DE]) 28 February 2008 (2008-02-28) page 5 - page 6; claim 7 -----	1,4,5,7, 12-14,17
☐ 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 16 February 2015	Date of mailing of the international search report 24/02/2015	
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 Rameau, Pascal	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/002992

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2602741	A2	12-06-2013	EP 2602741 A2	12-06-2013
			JP 2013239143 A	28-11-2013
			US 2013141580 A1	06-06-2013

WO 2008022696	A1	28-02-2008	DE 102006039353 A1	06-03-2008
			DE 112007001845 A5	01-10-2009
			DE 112007001846 A5	28-05-2009
			DE 112007001848 A5	28-05-2009
			JP 5015253 B2	29-08-2012
			JP 2010501387 A	21-01-2010
			JP 2010501388 A	21-01-2010
			JP 2010501389 A	21-01-2010
			US 2010023211 A1	28-01-2010
			US 2010042292 A1	18-02-2010
			US 2010049394 A1	25-02-2010
			WO 2008022696 A1	28-02-2008
			WO 2008022697 A1	28-02-2008
			WO 2008022698 A1	28-02-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002992

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06K9/00 B60G17/0165 B60W10/22 B60W40/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60G B60W G06K G06T		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 602 741 A2 (MOBILEYE TECHNOLOGIES LTD [CY] MOBILEYE VISION TECHNOLOGIES LTD [IL]) 12. Juni 2013 (2013-06-12) Absätze [0017], [0019], [0023] - [0026], [0052], [0058], [0065], [0085] - [0087]; Abbildungen 1,15 -----	1-17
X	WO 2008/022696 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; SCHINDLER ANDREAS [DE]; STREITER RALPH [DE]) 28. Februar 2008 (2008-02-28) Seite 5 - Seite 6; Anspruch 7 -----	1,4,5,7, 12-14,17
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 16. Februar 2015		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 24/02/2015
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 Rameau, Pascal

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002992

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2602741	A2	12-06-2013	EP 2602741 A2 12-06-2013
			JP 2013239143 A 28-11-2013
			US 2013141580 A1 06-06-2013

WO 2008022696	A1	28-02-2008	DE 102006039353 A1 06-03-2008
			DE 112007001845 A5 01-10-2009
			DE 112007001846 A5 28-05-2009
			DE 112007001848 A5 28-05-2009
			JP 5015253 B2 29-08-2012
			JP 2010501387 A 21-01-2010
			JP 2010501388 A 21-01-2010
			JP 2010501389 A 21-01-2010
			US 2010023211 A1 28-01-2010
			US 2010042292 A1 18-02-2010
			US 2010049394 A1 25-02-2010
			WO 2008022696 A1 28-02-2008
			WO 2008022697 A1 28-02-2008
			WO 2008022698 A1 28-02-2008
