

(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
3. August 2017 (03.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/129199 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60W 40/11 (2012.01) B60W 50/00 (2006.01)
B60W 40/112 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/000127

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2016 (26.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder : MUNNIX, Pascal [DE/DE]; Haydnstraße 23, 82335 Berg (DE).

(74) Anwalt: STAMMBERGER, Tobias; Samson & Partner Patentanwälte mbB, Widenmayerstrasse 6, 80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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 TILTING STATE OF A VEHICLE, AND COMPUTER PROGRAM

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES KIPPZUSTANDES EINES FAHRZEUGS UND COMPUTERPROGRAMM

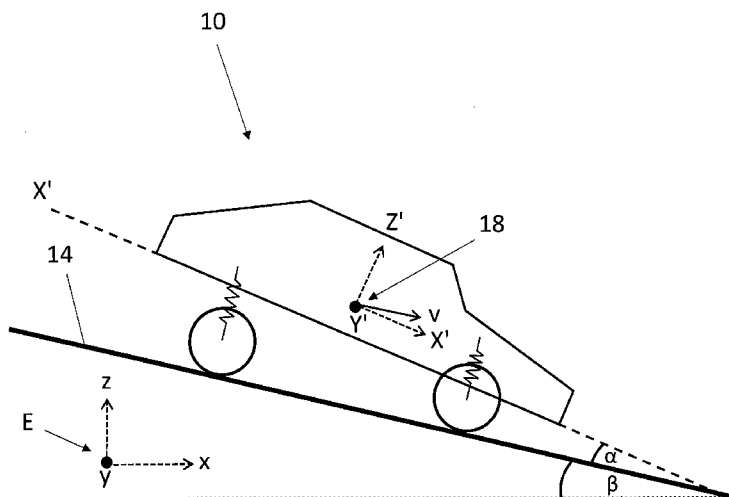


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a tilting state of a vehicle with respect to a roadway surface on the basis of a tilting model comprising at least one model parameter. The method has the steps of measuring a first value of a driving state variable using an inertial sensor system which is attached to the vehicle; ascertaining a vehicle tilting angle which is defined relative to the roadway surface on the basis of the first measured value; comparing the at least one model parameter of the tilting model on the basis of the ascertained tilting angle and the first measured value, wherein the tilting model represents a tilting angle function based on the at least one model parameter dependent on the first value of the measured driving state variable; and finally determining the tilting state of the vehicle using the tilting model on the basis of the first measured value of the driving state variable and/or a second measured value of the driving state variable measured using the inertial sensor system.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/129199 A1



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche basierend auf einem mindestens einen Modellparameter umfassenden Kippmodell. Das Verfahren umfasst das Messen eines ersten Wertes einer Fahrzustandsgröße anhand einer Inertialsensorik, die an dem Fahrzeug angebracht ist. Ferner umfasst es das Ermitteln eines relativ zur Fahrbahnoberfläche definierten Kippwinkels des Fahrzeugs basierend auf dem ersten Messwert und das Abgleichen des mindestens einen Modellparameters des Kippmodells basierend auf dem ermittelten Kippwinkel und dem ersten Messwert. Das Kippmodell stellt eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit des ersten Wertes der gemessenen Fahrzustandsgröße dar. Schließlich umfasst das Verfahren das Bestimmen des Kippzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem ersten Messwert der Fahrzustandsgröße und/oder einem zweiten anhand der Inertialsensorik gemessenen Messwert der Fahrzustandsgröße.

VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES KIPPZUSTANDES EINES FAHRZEUGS UND COMPUTERPROGRAMM

GEBIET DER ERFINDUNG

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der technischen Sensorik und dabei auf das Erfassen des Fahrzeugzustandes eines Fahrzeugs, insbesondere auf ein Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche basierend auf einem mindestens einen Modellparameter umfassenden Kippmodell sowie ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um
10 alle Schritte des Verfahrens auf einem Computer auszuführen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

- Es sind allgemein Systeme bekannt, die insbesondere in Kraftfahrzeugen geeignet sind, um den Fahrzustand eines Fahrzeugs möglichst genau zu ermitteln. Derartige
15 Systeme bestehen unter anderem aus Sensoren zur Ermittlung von Bewegungs- und Fahrzustandsgrößen. Je mehr dieser Bewegungs- und Fahrzustandsgrößen bekannt sind, desto besser und zuverlässiger kann grundsätzlich der Fahrzustand des Fahrzeugs ermittelt werden und desto effektiver und sicherer kann einem ungewünschten Verhalten des Fahrzeugs mit Hilfe von Regelfunktionen entgegengesteuert werden.
- 20 Für verschiedene Regelfunktionen bei Kraftfahrzeugen, wie z.B. bei aktiven Fahrwerken, bei einer Luftfederung, oder bei einer Leuchtweitenregulierung wird der Kippzustand des Fahrzeugs, insbesondere der Fahrzeugnickwinkel, benötigt. Dabei ist eine Leuchtweitenregulierung eines Fahrzeugscheinwerfers insbesondere bei Xenon-Licht und LED-Licht gesetzlich vorgeschrieben.
- 25 Der Fahrzeugnickwinkel ist der Winkel zwischen der Fahrzeuglängsachse und der Fahrbahn. Nickbewegungen des Fahrzeugs können beispielsweise bei starkem Beschleunigen oder Bremsen entstehen. Eine weitere Ursache für Nickbewegungen sind Fahrbahnunebenheiten. Auch die Beladung des Fahrzeugs hat Einfluss auf das Nickverhalten, wie auch die Art der Radaufhängung. Durch Beladung des Fahrzeugs ändern sich

insbesondere dessen Schwerpunktlage und die Radlasten.

Darüber hinaus kann der Kippzustand eines Fahrzeugs auch durch den Wankwinkel beschrieben werden. Der Wankwinkel ist der Winkel zwischen der Fahrzeugquerachse und der Fahrbahn. Eine Ursache für Wankbewegungen ist beispielsweise das Fahren
5 durch eine horizontale Kurve, bei der sich die Fahrzeugkarosserie zur Seite neigt. Dabei können die Räder des Fahrzeugs auf der Kurvenaußenseite ein- und auf der Kurveninnenseite ausfedern.

Es ist aus der DE 102 24 522 A1 bekannt, für ein Kraftfahrzeug eine Niveauregelanlage zu verwenden, die darauf basiert, dass Höhengensoren den Abstand zwischen dem
10 Fahrzeugaufbau und den Fahrzeugachsen, den Radaufhängungen oder den Rädern ermitteln, wobei ein Steuergerät aus den Höhensignalen der Höhengensoren einen Nickwinkel des Fahrzeugaufbaus gegenüber der Fahrbahn bzw. den Fahrzeugachsen, den Radaufhängungen oder den Rädern ermittelt.

Ferner ist aus der EP 1 818 213 A2 ein System zur Leuchtweitenregulierung bekannt,
15 das den Einfluss des Fahrzeugnickwinkels auf die Leuchtweite eines Fahrzeugscheinwerfers minimiert. Beispielsweise ist hier ein System beschrieben, das den statischen Nickwinkel der Karosserie (z.B. aufgrund von Beladung) ausgleicht oder ein dynamisches System, das auch auf kurzzeitige Nickwinkeländerungen (z.B. aufgrund von Brems- oder Beschleunigungsvorgängen) reagiert. Solche Systeme basieren auf in der
20 Fahrzeuglängsrichtung versetzt angeordnete Höhenstandsensoren, die gewöhnlich an den Achsen des Fahrzeugs verbaut sind und die jeweils die Höhe der Fahrzeugkarosserie über der Fahrbahn messen. Über die Differenz der beiden Höhenstandsignale wird der Nickwinkel der Fahrzeugkarosserie gegenüber der Fahrbahn ermittelt. Basierend auf dem gemessenen Nickwinkel wird daraufhin die Scheinwerfereinstellung vor-
25 genommen.

Es ist durch EP 2 303 663 A1 auch bekannt, Inertialsensoren in einem Fahrzeug zu verbauen, um den Fahrzustand des Fahrzeugs zu erfassen. Neben Beschleunigungssensoren werden auch Drehratensensoren verwendet. Letztere messen die Winkelgeschwindigkeit entlang einer Drehachse. Es ist nun bekannt, einen Drehratensensor so
30 in das Fahrzeug einzubauen, dass er die Drehbewegungen des Fahrzeugs um seine Querachse, also die Nickrate erfasst. Der Drehratensensor misst dabei die Nickbewe-

gungen der Karosserie gegenüber dem Horizont verursacht durch die Straßenkrümmung oder durch Nickbewegungen der gefederten Fahrzeugkarosserie ausgelöst durch Fahrbahnunebenheiten sowie Brems- und Beschleunigungsvorgänge.

5 Aus der WO 2012/045556 A1 ist bekannt, die Neigung eines Fahrzeuges in Fahrrichtung aus den Ausgangssignalen eines vorhandenen Drehraten- und Beschleunigungssensors zu bestimmen.

10 Die Druckschrift DE 10 2008 040 684 A1 betrifft ein Verfahren zur Neigungsbestimmung einer Karosserie eines Kraftfahrzeugs, wobei das Kraftfahrzeug seinen Rädern zugeordnete Radsensoren aufweist. Darüber hinaus ist eine Inertialsensorik zur Bestimmung von Beschleunigung und/oder Drehrate der Karosserie des Kraftfahrzeugs vorgesehen, welche zusammen mit aus von den Radsensoren gemessenen Werten als Basis für das Bestimmen einer Neigung der Karosserie in Bezug zu einem mit den Rädern des Kraftfahrzeugs in Kontakt stehenden Untergrund dient.

15 Der Fahrzeugzustand kann grundsätzlich auch auf Basis von Modellen, wie Fahrwerkmodelle, Reifenmodelle usw. bestimmt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche zur Verfügung zu stellen.

20

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

Nach einem ersten Aspekt stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche basierend auf einem mindestens einen Modellparameter umfassenden Kippmodell gemäß Anspruch 1 bereit.

25 Weitere Aspekte und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, den beigefügten Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügten beispielhaften Figuren beschrieben, in denen:

- 5 Figur 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs auf einer geneigten Fahrbahnoberfläche zeigt, wobei das Fahrzeug einen Nickwinkel aufweist;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs auf einer ebenen Fahrbahnoberfläche zeigt, wobei das Fahrzeug einen Nickwinkel aufweist;
- Figur 3 ein schematisches Diagramm zweier beispielhafter Kennlinien eines Nickwinkels in Abhängigkeit der Längsbeschleunigung darstellt;
- 10 Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt;
- Figur 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt; und
- 15 Figur 6 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines dritten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Fig. 1 veranschaulicht ein Fahrzeug auf einer geneigten Fahrbahnoberfläche und den Nickwinkel des Fahrzeugs. Vor einer detaillierten Beschreibung der Fig. 1 sowie der
20 weiteren Fig. 2 bis 6 folgen zunächst allgemeine Erläuterungen zu den Ausführungsbeispielen und deren Vorteile.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs ist in erster Linie für die Anwendung einer Fahrzeugleuchtweitenregulierung gedacht. Ferner kann es auch für die Anwendung einer Fahrzeugstabilisierung dienen.

25 Die Ausführungsbeispiele betreffen ein Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche. Grundsätzlich betrifft das er-

findungsgemäße Verfahren Fahrzeuge, die sich zu Land fortbewegen können, wie beispielsweise Kraftfahrzeuge. Insbesondere betrifft das Verfahren einspurige (z.B. ein Motorrad) und/oder zweispurige Kraftfahrzeuge (z.B. ein Personenkraftwagen (PKW)). Bei der Fahrbahnoberfläche kann es sich um die Oberfläche einer Straße handeln, mit
5 der das Fahrzeug, insbesondere die Räder des Fahrzeugs, in Kontakt stehen.

Einem Fahrzeug lassen sich eine Vielzahl an Freiheitsgraden der Translation und Freiheitsgraden der Rotation um die Koordinatenachsen zuordnen. Dabei wird die Bewegungsrichtung in Längsrichtung des Fahrzeugs unter anderem durch Bremsen und Beschleunigen des Fahrzeugs beeinflusst. Eine Rotation des Fahrzeugs um die Achse in
10 Querrichtung wird üblicherweise als ein Nicken bezeichnet. Dagegen spielt die Achse des Fahrzeugs in Querrichtung beispielsweise bei einer Kurvenfahrt eine zentrale Rolle. Eine Rotation des Fahrzeugs um die Achse in Längsrichtung wird üblicherweise als Wanken bezeichnet. Darüber hinaus lassen sich auch Bewegungen des Fahrzeugs in vertikaler Richtung feststellen. Das Bestimmen des erfindungsgemäßen Kippzustandes
15 eines Fahrzeugs kann das Bestimmen der Rotation des Fahrzeugs um die Koordinatenachsen in Längs- und Querrichtung umfassen. Dabei entspricht die Rotation des Fahrzeugs einem Drehwinkel des Fahrzeugs um die jeweilige Fahrzeugachse.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf einem mindestens einen Modellparameter umfassenden Kippmodell. Allgemein kann ein Modell dazu dienen, eine Fahrzustandsgröße als Funktion eines zeitlichen Verlaufs von mindestens einer weiteren Fahrzustandsgröße zu bestimmen. Das erfindungsgemäße Kippmodell dient dazu, den Kippzustand des Fahrzeugs in Abhängigkeit einer Fahrzustandsgröße möglichst genau zu bestimmen. Hierfür ist es notwendig, dass der mindestens eine Modellparameter bekannt ist. Das Kippmodell kann auch eine Vielzahl von Modellparameter umfassen,
25 die in das Modell mit eingehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann der mindestens eine Modellparameter beispielsweise eine Nicksteife eine Wanksteife einen Nickwinkeloffset, einen Maximalwert des Nickens bzw. des Einfederns oder auch verschiedene Dämpfungskennwerte umfassen.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst das Messen eines ersten Wertes einer Fahrzustandsgröße anhand einer Inertialsensorik, die an dem Fahrzeug angebracht ist. Eine Inertialsensorik umfasst mindestens einen Inertialsensor, wobei ein derartiger Sensor

beispielsweise zur Messung einer Beschleunigung und/oder einer Drehrate in mindestens einer Raumrichtung dient. Die Inertialsensorik kann über eine Auswerteschaltung verfügen, die direkt die Beschleunigung und/oder die Drehrate der Karosserie des Kraftfahrzeugs zur Verfügung stellt. Die Inertialsensorik ermöglicht eine äußerst genaue
5 Messung von Beschleunigungs- und/oder Drehratenwerten. Die Inertialsensorik kann teilweise bereits seitens des Herstellers an Bord eines Kraftfahrzeugs vorgesehen sein, da diese auch für andere Einsatzzwecke benötigt wird. In diesem Fall entfällt gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren die Notwendigkeit, weitere Sensoren (z.B. Höhenstandsensoren an den Radachsen) an dem Fahrzeug vorzusehen. Die Inertialsensorik
10 kann beispielsweise an einem Fahrgestell eines Fahrzeugs angebracht sein. Demnach findet eine Messung der Beschleunigung und/oder Drehrate im fahrzeuggebundenen dreidimensionalen Koordinatensystem statt. Im Übrigen lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren auch auf andere Koordinatensysteme übertragen. Anstatt im fahrzeuggebundenen Koordinatensystem (siehe Fig. 4) zu arbeiten kann das Verfahren auch auf
15 ein erdgebundenes Koordinatensystem (siehe Fig. 5 und Fig. 6) übertragen werden.

Die Einbaulage eines Sensors weist im Allgemeinen Toleranzen auf, die beispielsweise zur Verfälschung des Ergebnisses der Messung führen können. Dies könnte mittels einer Überprüfung am Ende des Fertigungsprozesses des Fahrzeuges korrigiert werden. Beispielsweise könnte eine Messung des Beschleunigungswertes (z.B. Beschleunigung um Querachse des Fahrzeugs) bei leerem Fahrzeug auf einer ebenen Fläche
20 durchgeführt werden, um Fehlwinkel abzugleichen bzw. das Messsystem zu trainieren. Alternativ kann sich das Messsystem selbst „anlernen“. Dies basiert darauf, dass das Fahrzeug am Bandende der Fertigung zunächst in einem unbeladenen Zustand bewegt wird, bis es von einem Händler an einen Kunden übergeben wird. Bis zu diesem Zeitpunkt der Übergabe ist der Beladungszustand des Fahrzeugs bekannt, und zwar "unbeladen". Diese Zeit des unbeladenen Zustands kann dazu dienen, dass das Messsystem die Orientierung der Sensorik im Fahrzeug erlernen kann. Beispielsweise kann dies dadurch erfolgen, dass die Lichter am Bandende für das unbeladene Fahrzeug eingestellt worden sind und dieser Zustand des Fahrzeugs dann als Referenzwinkel für die
25 Leuchtweitenregulierung dient.

In der vorliegenden Beschreibung wird der Begriff Sensor im funktionellen Sinne verstanden, d.h. als eine Messeinheit, die eine Bewegungsgröße, d.h. beispielsweise eine Drehrate oder eine Beschleunigung entlang einer Richtung im Raum messen kann.

Bei der Fahrzustandsgröße kann es sich um eine Vielzahl von Messgrößen handeln, von denen hier nur beispielhaft die Drehgeschwindigkeiten bzw. Drehraten des Fahrzeugs um verschiedene Achsen im Raum, die Beschleunigung, der Lenkwinkel, die Radgeschwindigkeiten, das Antriebsmoment oder der Bremsdruck genannt werden.

- 5 In einem weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein relativ zur Fahrbahnoberfläche definierter Kippwinkel des Fahrzeugs basierend auf dem ersten Messwert ermittelt.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Fahrzeug eine Fahrzeuglängsachse und eine Fahrzeugquerachse auf und der Kippwinkel ist der Nickwinkel, wobei
10 der Nickwinkel einem Drehwinkel des Fahrzeugs um die Fahrzeugquerachse entspricht. Auslöser für Nickbewegungen des Fahrzeugs können beispielsweise Fahrbahnunebenheiten sowie Brems- und Beschleunigungsmanöver sein. Diese Faktoren können somit dazu führen, dass das Fahrzeug einen Nickwinkel aufweist.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Fahrzeug eine Fahrzeuglängsachse und eine Fahrzeugquerachse auf und der Kippwinkel ist der Wankwinkel, wobei
15 der Wankwinkel einem Drehwinkel des Fahrzeugs um die Fahrzeuglängsachse entspricht. So kann beispielsweise die bei einer Kurvenfahrt auftretende Fliehkraft nach außen ein Auslöser für Wankbewegungen des Fahrzeugs sein und damit möglicherweise zu einem Wankwinkel führen.

- 20 Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst außerdem das Abgleichen des mindestens einen Modellparameters des Kippmodells basierend auf dem ermittelten Kippwinkel und dem ersten Messwert. Das Abgleichen des mindestens einen Modellparameters kann beispielsweise während der Fahrt des Fahrzeugs geschehen. Dies ermöglicht eine Anpassung des Kippmodells während der Fahrt. Insbesondere können Modellparameter,
25 die sich während der Fahrt des Fahrzeugs ändern, beispielsweise durch eine Änderung der Beladung oder durch Fahrten mit Anhänger, an eine veränderte Kippeigenschaft des Fahrzeugs während der Fahrt angepasst werden. In manchen Ausführungsbeispielen kann bei einer Vielzahl von Modellparametern nur ein Teil der Modellparameter während der Fahrt abgeglichen werden, während der andere Teil der Modellparameter
30 fest programmiert ist.

Das genannte erfindungsgemäße Abgleichen des mindestens einen Modellparameters

des Kippmodells kann beispielsweise als Basis einer möglichst genauen Steuerung einer Leuchtweitenregulierung eines Fahrzeugs dienen. Dies ist der Fall, wenn das Kippmodell gemäß einem Ausführungsbeispiel ein Nickmodell ist. Das Kippmodell kann mindestens eine Gleichung umfassen, die den mindestens einen Modellparameter enthält.

- 5 In die mindestens eine Gleichung des Kippmodells kann eine Vielzahl von Wertepaaren bestehend aus einer Fahrzustandsgröße (z.B. Längsbeschleunigung) und einem bestimmten Kippwinkel (z.B. Nickwinkel) in die mindestens eine Gleichung des Kippmodells eingesetzt werden und dann der mindestens eine Modellparameter ermittelt werden. In einem Ausführungsbeispiel basiert das Bestimmen des mindestens einen unbe-
- 10 kannten Modellparameters auf einer mathematischen Methode, wie z.B. einer least-square Methode oder einer Kalmanfilter Methode.

Erfindungsgemäß stellt das Kippmodell eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit der gemessenen Fahrzustandsgröße dar. Eine derartige Funktion kann beispielsweise eine lineare Abhängigkeit

15 des Kippwinkels zur gemessenen Fahrzustandsgröße darstellen. Beispielsweise kann es sich um eine lineare Abhängigkeit des Nickwinkels nw zur Fahrzeuglängsbeschleunigung ax handeln, was durch folgende Gleichung beispielhaft ausgedrückt ist:

$$nw = nw_0 + \left(\frac{1}{k}\right) * ax$$

Mit nw_0 ist der Nickwinkeloffset gemeint. Der Nickwinkeloffset entspricht dem Nickwinkel wenn die Längsbeschleunigung $ax = 0$ ist. Der Parameter k entspricht der Nicksteife

20 des Fahrzeugs.

Ferner können nichtlineare Kennlinien oder auch die Berücksichtigung einer Dämpfung mit in das Kippmodell eingehen.

Es können verschiedene Fahrzustandsgrößen, d.h. Messgrößen wie z.B. eine Gierrate,

25 eine Längsbeschleunigung, eine Querschleunigung, eine Vertikalbeschleunigung, ein Lenkwinkel, ein Antriebsmoment und/oder ein Bremsmoment mit in das Kippmodell eingehen.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst schließlich auch das Bestimmen des Kippzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem ersten Messwert

der Fahrzustandsgröße und/oder einem zweiten anhand der Inertialsensorik gemessenen Messwert der Fahrzustandsgröße. Der Kippzustand des Fahrzeugs kann in manchen Ausführungsbeispielen der mittels dem Kippmodell bestimmte Nickwinkel sein.

5 In manchen Ausführungsbeispielen ist das Fahrzeug mit einer Leuchtweiten- und/oder Leuchtrichtungsregulierung des mindestens einen Fahrzeugscheinwerfers ausgestattet. In manchen Ausführungsbeispielen wird basierend auf dem bestimmten Kippzustand des Fahrzeugs die Leuchtweiten- und/oder Leuchtrichtungsregulierung gesteuert. D.h. die Winkeleinstellung des Leuchtmittels wird in Abhängigkeit des Kippzustandes
10 des Fahrzeugs eingestellt. Dies wird insbesondere bei einem Frontscheinwerfer des Kraftfahrzeugs durchgeführt. Die Winkeleinstellung kann grundsätzlich um alle Achsen des Kraftfahrzeugs erfolgen.

In manchen Ausführungsbeispielen entspricht die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuglängsachse und die Inertialsensorik weist einen Beschleunigungssensor zum Messen der Längsbeschleunigung auf. In manchen Ausführungsbeispielen entspricht der erste Wert der Fahrzustandsgröße einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert, wobei basierend auf dem ersten Messwert der Nickwinkel
15 ermittelt wird. Das Ermitteln des Nickwinkels umfasst dabei zum einen das Bestimmen eines Geschwindigkeitsänderungsvektors basierend auf der vektoriellen Differenz eines ersten Vektors und einem Erdbeschleunigungsvektor, wobei der erste Vektor auf dem Längsbeschleunigungsmesswert basiert, und zum anderen das Bestimmen des Nickwinkels durch Übernahme des Winkels des Geschwindigkeitsänderungsvektors oder, alternativ, durch Aufintegration und/oder Filterung des Geschwindigkeitsänderungsvektors und Auswertung der Orientierung des daraus resultierenden Geschwindigkeitsvektors.
20

25 In manchen Ausführungsbeispielen weist die Inertialsensorik zusätzlich einen Beschleunigungssensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugs entlang einer Fahrzeughochachse, auf. Ferner ist zusätzlich das Messen eines Wertes der Vertikalbeschleunigung anhand des Beschleunigungssensors umfasst. Dabei umfasst das Ermitteln des Nickwinkels das Bestimmen
30 eines Geschwindigkeitsänderungsvektors basierend auf der vektoriellen Differenz eines ersten Vektors und einem Erdbeschleunigungsvektor, wobei der erste Vektor auf dem Längsbeschleunigungsmesswert basiert, und wobei der erste Vektor zusätzlich auf dem

Vertikalbeschleunigungsmesswert basiert derart, dass der erste Vektor eine Vektorsumme des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors bildet.

5 In manchen Ausführungsbeispielen weist das Fahrzeug eine Fahrzeuginnenachse und eine Fahrzeugquerachse auf und der Kippwinkel ist der Nickwinkel. Das Ermitteln des Nickwinkels umfasst dabei das Bestimmen eines Fahrzeugneigungswinkels zwischen der Fahrzeuginnenachse des Fahrzeugs und einer Horizontalen basierend auf dem ersten Längsbeschleunigungsmesswert, das Bestimmen eines Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen, und schließlich das Bestimmen des Nickwinkels als Differenz
10 zwischen dem Fahrzeugneigungswinkel und dem Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen. Diese Vorgehensweise zum Bestimmen des Nickwinkels funktioniert auch in Beschleunigungs- und Bremsphasen des Fahrzeugs. Somit kann der Nickwinkel insbesondere auch bei auftretenden verschiedenen Beschleunigungen des Fahrzeugs bestimmt werden. Die sich daraus ergebenden Wertepaare aus Längsbeschleunigung und entsprechendem Nickwinkel dienen in einem nächsten Schritt dem Abgleich
15 des Kippmodells. Mit einem derart abgeglichenen Kippmodell kann zu jedem Zeitpunkt der Kippzustand des Fahrzeugs – in diesem Fall der Nickwinkel – bestimmt bzw. berechnet werden, um beispielsweise eine Leuchtweitenregulierung zu steuern.

In manchen Ausführungsbeispielen entspricht die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuginnenachse und die Inertialsensorik weist einen Beschleunigungssensor zum Messen eines Längsbeschleunigungsmesswertes auf. In manchen Ausführungsbeispielen entspricht der erste Wert der Fahrzustandsgröße einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert, wobei basierend auf dem ersten Messwert der Nickwinkel ermittelt wird. Ferner umfasst in manchen Ausführungsbeispielen
25 das Bestimmen eines Fahrzeugneigungswinkels zwischen der Fahrzeuginnenachse des Fahrzeugs und einer Horizontalen basierend auf dem ersten Längsbeschleunigungsmesswert, dass eine Fahrzeuggeschwindigkeit gemessen wird und der Fahrzeugneigungswinkel basierend auf der Differenz des ersten Längsbeschleunigungsmesswerts und der zeitlichen Ableitung der Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt wird. In
30 linearisierter Form für kleine Winkel dargestellt, kann der Fahrzeugneigungswinkel γ beispielsweise mit Hilfe folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\gamma = \left(ax - \frac{dv}{dt} \right) / 9,81$$

Dabei entspricht a_x der Längsbeschleunigung und $\frac{dv}{dt}$ der zeitlichen Ableitung der Fahrzeuggeschwindigkeit v .

In manchen Ausführungsbeispielen wird die Fahrzeuggeschwindigkeit entweder auf Basis von Radsensoren, von satellitengestützten Messungen oder von Radar- oder Videosensorik gemessen. Ein Radsensor kann beispielsweise ein Raddrehzahlsensor oder ein Radgeschwindigkeitssensor sein. Satellitengestützte Messungen, d.h. Messungen eines Satelliten gestützten Positionierungssystems (z.B. GPS, Glonass und Galileo) bestimmen ein Positions- oder Geschwindigkeitssignal, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit direkt als Signal von dem globalen Positionierungssystem bereitgestellt wird oder sich aus der Ableitung der Position ergibt. Es können auch nur einzelne Komponenten der Geschwindigkeit genutzt werden. Das satellitengestützte Geschwindigkeitssignal basiert dabei in der Regel auf der Auswertung des Dopplereffekts.

In manchen Ausführungsbeispielen umfasst das Bestimmen eines Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen, dass der Winkel basierend auf einer Höhenänderung über mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt ermittelt wird, wobei die Höhenänderung über den mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt basierend auf einer Luftdruckmessung, einer satellitengestützten Messung, einem Funknetz und/oder einer Kartendatenbank bestimmt wird. Der für die Luftdruckmessung benötigte barometrische Luftdruck kann beispielsweise von einem Eingangssignal der Motorsteuerung zur Verfügung gestellt werden. Bei der Kartendatenbank kann es sich um das standardisierte Format für Kartendatenbanken in Navigationssystemen (NDS) handeln. Es ist auch denkbar, die Höhenänderung über den mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt unter Verwendung mehrerer Methoden aus Luftdruckmessung, satellitengestützter Messung, Funknetz und/oder Kartendatenbank zu bestimmen, um mögliche Fehler der verwendeten Sensoren zu erkennen.

Das Bestimmen des Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen kann auch direkt aus einem Geschwindigkeitsvektor bestimmt werden, der von einer satellitengestützten Messung bereitgestellt wird. Der Winkel kann hierbei über eine gewisse Zeit gefiltert werden.

In manchen Ausführungsbeispielen entspricht die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuglängsachse und die Inertialsensorik weist einen Be-

schleunigungssensor zum Messen eines Längsbeschleunigungsmesswertes auf. Ferner weist die Inertialsensorik zusätzlich zum Beschleunigungssensor einen Drehratensensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Fahrzeugquerachse (auch Nickrate genannt), auf. Das Messen anhand einer Inertialsensorik umfasst dabei das Messen eines ersten Wertes einer Fahrzustandsgröße, die einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert entspricht und zusätzlich das Messen mindestens eines Wertes der Drehgeschwindigkeit anhand des Drehratensensors. Das Bestimmen des Fahrzeugneigungswinkels basiert dabei auf einer Integration des mindestens einen Drehgeschwindigkeitsmesswerts. Das Bestimmen des Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basiert dabei auf der vektoriellen Differenz des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und eines Erdbeschleunigungsvektors. Die verbleibende Beschleunigungskomponente entspricht dem Geschwindigkeitsgradienten, der durchschnittlich parallel zur Fahrbahnoberfläche liegt.

In manchen Ausführungsbeispielen weist die Inertialsensorik zusätzlich zum Beschleunigungssensor einen Drehratensensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Fahrzeugquerachse, und zusätzlich einen Beschleunigungssensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugs entlang einer Fahrzeughochachse, auf. Dabei umfasst das Messen eines ersten Wertes einer Fahrzustandsgröße anhand einer Inertialsensorik zusätzlich das Messen mindestens eines Wertes der Drehgeschwindigkeit anhand des Drehratensensors sowie das Messen eines Wertes der Vertikalbeschleunigung anhand des Beschleunigungssensors. Das Bestimmen des Fahrzeugneigungswinkels basiert dabei auf einer Integration des mindestens einen Drehgeschwindigkeitsmesswerts. Das Bestimmen des Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basiert dabei auf der Vektorsumme der Komponenten des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors, und auf der vektoriellen Differenz aus der Vektorsumme und einem Erdbeschleunigungsvektor. Vorteilhafterweise steht gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Kippzustand des Fahrzeugs bereits beim ersten Anfahren des Fahrzeugs zur Verfügung.

Die Inertialsensorik kann beispielsweise auch sechs Sensoren für die Bestimmung von Beschleunigungen und Drehraten für jeweils alle drei Raumrichtungen aufweisen. Die

Sensorik kann dann drei Drehratensensoren entlang der Hauptachsen des Fahrzeugs sowie drei Beschleunigungssensoren umfassen. Die Drehratensensoren sind so angeordnet, dass sie die Komponenten des Vektors der momentanen Winkelgeschwindigkeit des Fahrzeuges bezüglich drei Richtungen messen. Die Beschleunigungssensoren sind so angeordnet, dass sie die Komponenten des Beschleunigungsvektors eines fahrzeugfesten Punktes in Längs- und Querrichtung des Fahrzeugs und vertikal zur Aufstandsfläche des Fahrzeugs messen. Grundsätzlich ist es mit Hilfe einer Inertialsensorik möglich, Beschleunigung und/oder Drehrate in mindestens einer Raumrichtung zu bestimmen. Das Bestimmen von Beschleunigungen und Drehraten in jeweils drei Raumrichtungen ermöglicht eine hohe Genauigkeit in der Bestimmung des Fahrzeugzustandes in verschiedensten Fahrsituationen (z.B. Kurvenfahrt mit Seitenneigung des Fahrzeugs).

In manchen Ausführungsbeispielen wird während der Fahrt des Fahrzeuges laufend ein erster Wert einer Fahrzustandsgröße gemessen, ein Kippwinkel des Fahrzeugs basierend auf dem ersten Messwert ermittelt und basierend auf dem ermittelten Kippwinkel und dem ersten Messwert der mindestens eine Modellparameter des Kippmodells abgeglichen. In manchen Ausführungsbeispielen werden im Zuge des Ermitteln des Kippwinkels Änderungen des Kippverhaltens des Fahrzeugs aufgrund einer Änderung der Gewichtsverteilung des Fahrzeugs, wie beispielsweise durch eine Abnahme der Spritmenge im Tank des Fahrzeugs, erfasst. Dies bewirkt beim Abgleichen des Kippmodells eine Änderung des mindestens einen Modellparameters des Kippmodells während der Fahrt des Fahrzeugs. Eine Änderung des Kippverhaltens des Fahrzeugs ist auch aufgrund von auftretenden Schwankungen der Windgeschwindigkeit während der Fahrt des Fahrzeugs denkbar.

In manchen Ausführungsbeispielen weist das Fahrzeug eine Fahrzeuglängsachse und eine Fahrzeugquerachse auf und der Kippwinkel ist der Nickwinkel. In manchen Ausführungsbeispielen wird beim Stoppen des Fahrzeugs der Nickwinkel, der Fahrzeugneigungswinkel und/oder der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen gespeichert und beim darauffolgenden Losfahren der Fahrzeugneigungswinkel bestimmt. Darauf basierend wird dann der Kippzustand des Fahrzeugs ermittelt. Wird das Fahrzeug beispielsweise auf einer abschüssigen Straße abgestellt, ist zu diesem Zeitpunkt der Neigungswinkel des Fahrzeugs und der Nickwinkel des Fahrzeugs bekannt. Daraus lässt sich unmittelbar der Neigungswinkel der Fahrbahnoberfläche ermitteln, welcher

innerhalb des Messsystems abgespeichert wird. Sobald das Fahrzeug erneut losfährt wird zunächst der aktuelle Neigungswinkel des Fahrzeugs bestimmt. Aus der Kombination des Fahrzeugneigungswinkels mit dem abgespeicherten Fahrbahnneigungswinkel (vorausgesetzt die Fahrbahnneigung hat sich nicht geändert) wird unmittelbar der aktuelle Nickwinkel bestimmt. Dieser kann sich beispielsweise aufgrund einer geänderten Beladung des Fahrzeuges verändert haben. Eine Nickwinkeländerung zwischen einem Vorgang des Fahrzeugstopps und wieder -losfahrens kann beispielsweise auch auf Basis der Änderung des Fahrzeugneigungswinkels zwischen den zwei Zuständen bestimmt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann durch ein Computerprogramm, das Programmcodemittel aufweist und auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist, auf einem Computer ausgeführt werden.

Zurückkommend zu den Figuren zeigt die Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs auf einer geneigten Fahrbahnoberfläche, wobei das Fahrzeug einen Nickwinkel aufweist. Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs auf einer ebenen Fahrbahnoberfläche, wobei das Fahrzeug einen Nickwinkel aufweist. Fig. 3 veranschaulicht ein schematisches Diagramm zweier beispielhafter Kennlinien eines Nickwinkels in Abhängigkeit der Längsbeschleunigung und die Fig. 4 und Fig. 5 veranschaulichen ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines ersten und zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Das in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellte Fahrzeug 10 weist ein fahrzeugfestes Koordinatensystem auf. Es ist ein dreidimensionales Koordinatensystem mit einer x' -Achse, einer y' -Achse und einer z' -Achse. Das fahrzeugfeste Koordinatensystem ist fest mit dem Fahrzeugaufbau bzw. der Karosserie des Fahrzeugs 10 verbunden. So ist die x' -Achse repräsentativ für die Achse in Längsrichtung des Fahrzeugs 10, die y' -Achse repräsentativ für die Querachse des Fahrzeugs 10 und die z' -Achse repräsentativ für die Hochachse des Fahrzeugs 10. Der Ursprung des Koordinatensystems ist im Schwerpunkt 18 des Fahrzeugs 10 angeordnet.

Zudem ist ein Weltkoordinatensystem bzw. Erdkoordinatensystem E so vorgegeben, dass eine x -Achse repräsentativ ist für eine horizontale Achse, dass eine y -Achse repräsentativ ist für eine horizontale Achse in die Bildebene hinein und dass eine z -Achse repräsentativ ist für eine vertikale Achse.

Das Fahrzeug 10 weist vorzugsweise vier Räder auf. Das Fahrzeug 10 kann jedoch auch mehr oder weniger Räder aufweisen.

Wenn das Fahrzeugverhalten um den Schwerpunkt 18 als Bewegung eines starren Körpers im dreidimensionalen Raum angenommen wird, dann kann das Fahrzeugverhalten als eine Bewegung mit sechs Freiheitsgraden definiert werden. Eine lineare Bewegung entlang der x' -Achse entspricht einer Längsbewegung des Fahrzeugs 10, eine lineare Bewegung entlang der y' -Achse entspricht einer Querbewegung des Fahrzeugs 10 und eine lineare Bewegung entlang der z' -Achse entspricht einer vertikalen Bewegung des Fahrzeugs 10. Entsprechend entspricht eine Drehbewegung um die x' -Achse einer Roll- und Wankbewegung des Fahrzeugs 10, eine Drehbewegung um die y' -Achse einer Nickbewegung des Fahrzeugs 10 und eine Drehbewegung um die z' -Achse einer Gierbewegung des Fahrzeugs 10.

In Fig. 1 ist das Fahrzeug 10 auf einer geneigten Fahrbahnoberfläche 14 dargestellt, die gegenüber der horizontalen Achse des Weltkoordinatensystems E eine Fahrbahnsteigung β aufweist. Mit x' ist die Längsachse des Fahrzeugs 10 mit geneigter bzw. ausgelenkter Karosserie (z.B. aufgrund von Beladung und/oder positiver/negativer Fahrzeugbeschleunigung) dargestellt. Die gepunktete Achse stellt die Horizontale bzw. die x -Achse des Weltkoordinatensystems E dar. Der zwischen der x' -Achse und der Fahrbahnoberfläche 14 eingeschlossene Winkel ist der Nickwinkel α . Der zwischen der x' -Achse und der x -Achse eingeschlossene Winkel ($\alpha + \beta$) ist der Neigungswinkel des Fahrzeugs 10 zur Horizontalen. Der Nickwinkel α stellt einen Drehwinkel des Fahrzeugs 10 um die y' -Achse (siehe fahrzeugfestes Koordinatensystem in Fig. 1; dort zeigt die y' -Achse in die Bildebene hinein) dar. Eine Fahrzeuggeschwindigkeit v repräsentiert die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 10 entlang der Fahrbahnoberfläche 14.

Eine Nickrate ist repräsentativ für eine Drehung des Fahrzeugs 10 um die Fahrzeugquerachse (entspricht y' -Achse). Die Nickrate wird durch einen Nickratensensor ermittelt, der an dem Fahrzeug angebracht ist (nicht gezeigt). Ein Nicken des Fahrzeugs 10 mit der Nickrate wird beispielsweise durch Änderung einer Längsbeschleunigung des Fahrzeugs 10 hervorgerufen.

In Fig. 2 ist das Fahrzeug 10 auf einer ebenen Fahrbahnoberfläche 14 dargestellt, d.h. die Fahrbahnoberfläche 14 entspricht der horizontalen Achse des Weltkoordinatensystems E. Mit x' ist die Längsachse des Fahrzeugs 10 mit geneigter bzw. ausgelenkter

Karosserie (z.B. aufgrund von Beladung und/oder positiver/negativer Fahrzeugbeschleunigung) dargestellt. Der zwischen der x' -Achse und der Fahrbahnoberfläche 14 eingeschlossene Winkel α ist der Nickwinkel α . Eine Längsbeschleunigung ax repräsentiert eine Beschleunigung des Fahrzeugs 10 in Längsrichtung.

- 5 In Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm 30 zweier beispielhafter Kennlinien des Nickwinkels α des Fahrzeugs 10 in Abhängigkeit der Längsbeschleunigung ax des Fahrzeugs 10 dargestellt. Die gestrichelte Linie entspricht einer Kennlinie eines leeren bzw. nichtbeladenen Fahrzeugs 10. Die gepunktete Linie entspricht dagegen einer beispielhaften Kennlinie des Fahrzeugs 10 in beladenem Zustand. Das Diagramm 30 veranschaulicht exemplarisch einen Unterschied des Nickwinkels α beispielsweise aufgrund
- 10 einer Änderung der Beladung des Fahrzeugs 10. So weist die Kennlinie des beladenen Fahrzeugs 10 für den Zustand, dass keine Längsbeschleunigung ax vorhanden ist, bereits einen deutlich größeren Nickwinkel α auf als das nichtbeladene Fahrzeug 10. In einer vereinfachten Form könnte die Kennlinie linearisiert werden, d.h. eine lineare Ab-
- 15 hängigkeit darstellen. Eine beispielhafte Gleichung könnte wie folgt aussehen:

$$\alpha = nw0 + \left(\frac{1}{k}\right) * ax$$

wobei der Nickwinkel α und $nw0$ der Nickwinkeloffset ist. Der Nickwinkeloffset entspricht dem Nickwinkel α wenn die Längsbeschleunigung $ax = 0$ ist. Der Parameter k entspricht der Nicksteife des Fahrzeugs.

- 20 Zurückkehrend zu Fig. 4 ist dort ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels gezeigt. Dieses entspricht einer Darstellung im fahrzeuggebundenen Koordinatensystem (x' , y' , z').

- Im Schritt 40 wird zunächst ein Längs- und Vertikalbeschleunigungsmesswert des Fahrzeugs anhand zweier Beschleunigungssensoren, die an dem Fahrzeug angebracht
- 25 sind, gemessen.

- Basierend auf der Vektorsumme der Komponenten des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors, und basierend auf der vektoriellen Differenz aus der Vektorsumme und einem Erdbeschleunigungsvektor, wird nun in Schritt 42 ein Geschwindig-
- 30 keitsänderungsvektor bestimmt. Der Nickwinkel ergibt sich in Schritt 42 dann durch

Übernahme des Winkels des Geschwindigkeitsänderungsvektors oder, alternativ, durch Aufintegration und/oder Filterung des Geschwindigkeitsänderungsvektors und Auswertung der Orientierung des daraus resultierenden Geschwindigkeitsvektors.

5 Basierend auf dem ermittelten Nickwinkel und dem Längsbeschleunigungsmesswert wird in Schritt 44 der mindestens eine Modellparameter des Kippmodells abgeglichen. Das Kippmodell stellt eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit der in Schritt 60 gemessenen Fahrzu-

10 standgröße (z.B. Längsbeschleunigung) dar.

Schritt 46 entspricht dem Bestimmen des Nickzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem Längsbeschleunigungsmesswert.

Dieses Verfahren aus der Perspektive des Fahrzeugkoordinatensystems (X' , Y' , Z') lässt sich wie folgt zusammenfassen: Aus Messungen der Beschleunigung des Fahrzeugs 10 (z.B. zunächst nicht bewegtes Fahrzeug, dann anfahrendes Fahrzeug) ergibt sich, welche Richtung die Geschwindigkeitsänderung gemessen im Fahrzeugkoordinatensystem (X' , Y' , Z') aufweist. Daraus lässt sich direkt der Nickwinkel α ermitteln, als Winkel zwischen dieser Richtung und der X' -Achse des Fahrzeugkoordinatensystems (X' , Y' , Z').

Wenn beispielsweise das Fahrzeug 10 auf einer Ebene steht, dann zeigt der gemessene Beschleunigungsvektor in Richtung der vertikalen z -Achse. Diese gemessene Beschleunigung rührt ausschließlich von der Erdbeschleunigung her.

Beim Losfahren des Fahrzeuges 10 kommt infolge des Losfahrens zu der Erdbeschleunigung zumindest eine Längsbeschleunigung hinzu. Außerdem kann sich dadurch der Kippzustand des Fahrzeugs 10 ändern. Im Fahrzeugkoordinatensystem (X' , Y' , Z') wird die resultierende Beschleunigung gemessen.

25 Um hieraus den Geschwindigkeitsänderungsvektor dv/dt des Fahrzeugs 10 ermitteln zu können, der im Wesentlichen parallel zur Fahrbahnoberfläche 14 ausgerichtet ist, muss zunächst der im Fahrzeugkoordinatensystem gemessene resultierende Beschleunigungsvektor um den Erdbeschleunigungsvektor bereinigt werden.

Dieser liegt aufgrund des Kippens nicht mehr vertikal (z -Achse). Deshalb müssen hierzu dessen Komponenten entlang der Achsen des Fahrzeugkoordinatensystems (X' , Y' , Z')

ermittelt werden. Dazu wird wiederum die Neigung des Fahrzeugs 10 benötigt. Diese ist aufgrund der Integration der gemessenen Drehraten bekannt. Daraus ergibt sich der bereinigte Geschwindigkeitsänderungsvektor dv/dt , dessen Lage wiederum im Fahrzeugkoordinatensystem (X', Y', Z') gegenüber der X' -Achse dem Nickwinkel α entspricht.

Anstatt die Orientierung des Geschwindigkeitsänderungsvektors dv/dt auszuwerten ist es auch möglich, den Nickwinkel α durch Aufintegration bzw. Filterung des Geschwindigkeitsänderungsvektors dv/dt zu bestimmen. So entspricht die Orientierung des Geschwindigkeitsvektors v im Fahrzeugkoordinatensystem gerade dem Nickwinkel α .

Der Erdbeschleunigungsvektor, d.h. die Orientierung und der Wert, lässt sich auch während der Fahrt bestimmen, beispielsweise durch Beobachtung der Fahrzeugbewegung über einen gewissen Zeitraum.

Zurückkehrend zu Fig. 5 ist dort ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels gezeigt. Dieses entspricht einer Darstellung im erdgebundenen Koordinatensystem E.

Im Schritt 50 wird zunächst ein erster Wert einer Fahrzustandsgröße nämlich ein Längsbeschleunigungsmesswert des Fahrzeugs 10 anhand eines Beschleunigungssensors, der an dem Fahrzeug 10 angebracht ist, gemessen.

Basierend auf dem Längsbeschleunigungsmesswert wird nun in Schritt 52 ein Nickwinkel α ermittelt. Der Nickwinkel ist definiert als der Winkel relativ zur Fahrbahnoberfläche. Dabei wird zunächst ein Fahrzeugneigungswinkel basierend auf der Differenz des Längsbeschleunigungsmesswertes und der zeitlichen Ableitung der Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt. Ferner wird der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basierend auf einer Höhenänderung über mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt bestimmt. Schließlich wird der Nickwinkel als Differenz zwischen dem Fahrzeugneigungswinkel und dem Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen bestimmt.

Basierend auf dem ermittelten Nickwinkel und dem Längsbeschleunigungsmesswert wird in Schritt 54 der mindestens eine Modellparameter des Kippmodells abgeglichen. Das Kippmodell stellt eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende

Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit der in Schritt 50 gemessenen Fahrzustandsgröße (z.B. Längsbeschleunigung) dar. Das Kippmodell kann beispielsweise einer linearen Abhängigkeit des Nickwinkels zur Längsbeschleunigung des Fahrzeugs entsprechen (siehe obige Gleichung). Während der Fahrt des Fahrzeuges werden dauerhaft Wertepaare aus Nickwinkel und Längsbeschleunigung bestimmt und für das Abgleichen des Kippmodells verwendet.

Schritt 56 entspricht dem Bestimmen des Nickzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem Längsbeschleunigungsmesswert. Mit einem abgeglichenen Kippmodell kann zu jedem Zeitpunkt beispielsweise der Nickwinkel berechnet werden und bei Bedarf auch eine Leuchtweitenregulierung steuern. Dabei erhöht sich die Genauigkeit des bestimmten Nickzustandes mit zunehmender Fahrdauer aufgrund mehr eingegangener Wertepaare.

Zurückkehrend zu Fig. 6 ist dort ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens gemäß eines dritten bevorzugten Ausführungsbeispiels zeigt. Dieses entspricht einer Darstellung im erdgebundenen Koordinatensystem E.

Im Schritt 60 wird zunächst ein Längs- und Vertikalbeschleunigungsmesswert des Fahrzeugs anhand zweier Beschleunigungssensoren, die an dem Fahrzeug angebracht sind, gemessen. Ferner wird ein Drehgeschwindigkeitsmesswert des Fahrzeugs anhand eines Drehratensensors, der an dem Fahrzeug angebracht ist, gemessen.

Basierend auf den Längs- und Vertikalbeschleunigungsmesswerten und dem Drehgeschwindigkeitsmesswert wird nun in Schritt 62 ein Nickwinkel ermittelt. Dabei wird zunächst ein Fahrzeugneigungswinkel basierend auf einer Integration des mindestens einen Drehgeschwindigkeitsmesswertes bestimmt. Ferner wird der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basierend auf der Vektorsumme der Komponenten des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors, und basierend auf der vektoriellen Differenz aus der Vektorsumme und einem Erdbeschleunigungsvektor, bestimmt. Schließlich wird der Nickwinkel als Differenz zwischen dem Fahrzeugneigungswinkel und dem Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen bestimmt.

Basierend auf dem ermittelten Nickwinkel und dem Längsbeschleunigungsmesswert wird in Schritt 64 der mindestens eine Modellparameter des Kippmodells abgeglichen.

Das Kippmodell stellt eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit der in Schritt 60 gemessenen Fahrzustandsgröße (z.B. Längsbeschleunigung) dar.

5 Schritt 66 entspricht dem Bestimmen des Nickzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem Längsbeschleunigungsmesswert.

Das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel und das dritte bevorzugte Ausführungsbeispiel können auch ergänzend verwendet werden. Während die Qualität des ermittelten Kippzustandes beim ersten Ausführungsbeispiel mit zunehmender Fahrdauer zunimmt, liefert das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel bereits bei Fahrtbeginn eine
10 hohe Qualität des ermittelten Kippzustands. Vorteilhafterweise findet im Fahrzeug eine Kopplung der beiden Ausführungsbeispiele statt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Bestimmen eines Kippzustandes eines Fahrzeugs bezogen auf eine Fahrbahnoberfläche basierend auf einem mindestens einen Modellparameter umfassenden Kippmodell, wobei das Verfahren umfasst:
 - a) Messen eines ersten Wertes einer Fahrzustandsgröße anhand einer Inertialsensorik, die an dem Fahrzeug angebracht ist;
 - b) Ermitteln eines relativ zur Fahrbahnoberfläche definierten Kippwinkels des Fahrzeugs basierend auf dem ersten Messwert;
 - 10 c) Abgleichen des mindestens einen Modellparameters des Kippmodells basierend auf dem ermittelten Kippwinkel und dem ersten Messwert, wobei das Kippmodell eine auf dem mindestens einen Modellparameter basierende Funktion des Kippwinkels in Abhängigkeit der in Schritt a) gemessenen Fahrzustandsgröße darstellt; und
 - 15 d) Bestimmen des Kippzustandes des Fahrzeugs mittels des Kippmodells basierend auf dem ersten Messwert der Fahrzustandsgröße und/oder einem zweiten anhand der Inertialsensorik gemessenen Messwert der Fahrzustandsgröße.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fahrzeug eine Fahrzeuglängsachse und eine Fahrzeugquerachse aufweist, und
20 wobei der Kippwinkel der Nickwinkel ist, der einem Drehwinkel des Fahrzeugs um die Fahrzeugquerachse entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fahrzeug eine Fahrzeuglängsachse und eine Fahrzeugquerachse aufweist, und
25 wobei der Kippwinkel der Wankwinkel ist, der einem Drehwinkel des Fahrzeugs um die Fahrzeuglängsachse entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuglängsachse entspricht, und die Inertialsensorik einen Beschleunigungssensor zum Messen eines Längsbeschleunigungswertes aufweist,
30 wobei in Schritt a) der erste Wert einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert entspricht, und

wobei in Schritt b) das Ermitteln des Nickwinkels umfasst:

i) Bestimmen eines Geschwindigkeitsänderungsvektors basierend auf der vektoriellen Differenz eines ersten Vektors und einem Erdbeschleunigungsvektor, wobei der erste Vektor auf dem Längsbeschleunigungsmesswert basiert,

5 und

ii) Bestimmen des Nickwinkels

– durch Übernahme des Winkels des Geschwindigkeitsänderungsvektors oder

10

– durch Aufintegration und/oder Filterung des Geschwindigkeitsänderungsvektors und Auswertung der Orientierung des daraus resultierenden Geschwindigkeitsvektors.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Inertialsensorik zusätzlich einen Beschleunigungssensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugs entlang einer Fahrzeughochachse, aufweist, und

15

wobei in Schritt a) zusätzlich das Messen eines Wertes der Vertikalbeschleunigung anhand des Beschleunigungssensors umfasst ist; und

20

wobei in Schritt i) der erste Vektor zusätzlich auf dem Vertikalbeschleunigungsmesswert basiert derart, dass der erste Vektor eine Vektorsumme des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors bildet.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei in Schritt b) das Ermitteln des Nickwinkels umfasst:

25

i) Bestimmen eines Fahrzeugneigungswinkels zwischen der Fahrzeuglängsachse des Fahrzeugs und einer Horizontalen basierend auf dem ersten Messwert;

30

ii) Bestimmen eines Winkels der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen; und

iii) Bestimmen des Nickwinkels als Differenz zwischen dem Fahrzeugneigungswinkel und dem Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuglängsachse entspricht, und die Inertialsensorik einen Beschleunigungssensor zum Messen eines Längsbeschleunigungswertes aufweist,
- 5 wobei in Schritt a) der erste Wert einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert entspricht, und
- wobei in Schritt i) eine Fahrzeuggeschwindigkeit gemessen wird und der Fahrzeugneigungswinkel basierend auf der Differenz des ersten Längsbeschleunigungsmesswertes und der zeitlichen Ableitung der Fahrzeuggeschwindigkeit be-
- 10 stimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Fahrzeuggeschwindigkeit entweder auf Basis von Radsensoren, von satellitengestützten Positionierungssystemen oder von Radar- oder Videosensorik gemessen wird.
- 15
9. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem in Schritt ii) der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basierend auf einer Höhenänderung über mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt ermittelt wird, wobei die Höhenänderung über den mindestens einen zurückgelegten Fahrabschnitt basierend auf einer Luftdruck-
- 20 messung, einer satellitengestützten Messung, einem Funknetz und/oder einer Kartendatenbank bestimmt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Fahrzustandsgröße einer Längsbeschleunigung entlang der Fahrzeuglängsachse entspricht, und die Inertialsensorik einen Beschleunigungssensor zum Messen eines Längsbeschleunigungswertes
- 25 und einen Drehratensensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Fahrzeugquerachse, aufweist, und
- wobei in Schritt a) der erste Wert einem ersten Längsbeschleunigungsmesswert
- 30 entspricht und zusätzlich das Messen mindestens eines Wertes der Drehgeschwindigkeit anhand des Drehratensensors umfasst ist;
- wobei in Schritt i) der Fahrzeugneigungswinkel basierend auf einer Integration des

mindestens einen Drehgeschwindigkeitsmesswerts bestimmt wird, und wobei in Schritt ii) der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen basierend auf der vektoriellen Differenz eines ersten Vektors und einem Erdbeschleunigungsvektor bestimmt wird, wobei der erste Vektor auf dem Längsbeschleunigungsmesswert basiert.

5

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Inertialsensorik zusätzlich einen Beschleunigungssensor zum Messen einer weiteren Fahrzustandsgröße, nämlich der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugs entlang einer Fahrzeughochachse, aufweist, und wobei in Schritt a) zusätzlich das Messen eines Wertes der Vertikalbeschleunigung anhand des Beschleunigungssensors umfasst ist; und wobei in Schritt ii) der erste Vektor zusätzlich auf dem Vertikalbeschleunigungsmesswert basiert derart, dass der erste Vektor eine Vektorsumme des aus dem Längsbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors und des aus dem Vertikalbeschleunigungsmesswert ermittelten Vektors bildet.

10

15

12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der mindestens eine Modellparameter eine Nicksteife, eine Wanksteife und/oder einen Nickwinkeloffset umfassen kann, und bei dem der erste Messwert und/oder der zweite Messwert eine Nickrate, eine Rollrate, eine Gierrate, eine Längsbeschleunigung, eine Querschleunigung, eine Vertikalbeschleunigung, einen Lenkwinkel, einen Antriebsmoment und/oder einen Bremsmoment umfassen kann.

20

25

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen unbekannter Modellparameter in Schritt d) auf einer least-square oder Kalmanfilter Methode basiert.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fahrzeug mit einer Leuchtweiten- und/oder Leuchtrichtungsregulierung des mindestens einen Fahrzeugscheinwerfers ausgestattet ist; und wobei basierend auf dem in Schritt d) bestimmten Kippzustand des Fahrzeugs die Leuchtweiten- und/oder Leuchtrichtungsregulierung gesteuert wird.

30

15. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schritte a), b) und c) laufend während

der Fahrt des Fahrzeugs durchgeführt werden, wodurch Änderungen des Kippverhaltens des Fahrzeugs aufgrund einer Änderung der Gewichtsverteilung des Fahrzeugs erfasst werden.

- 5 16. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem beim Stoppen des Fahrzeugs der Nickwinkel, der Fahrzeugneigungswinkel und/oder der Winkel der Fahrbahnoberfläche zur Horizontalen gespeichert werden und beim darauffolgenden Losfahren der Fahrzeugneigungswinkel bestimmt wird und darauf basierend der Kippzustand des Fahrzeugs ermittelt wird.

10

17. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 – 16 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

15

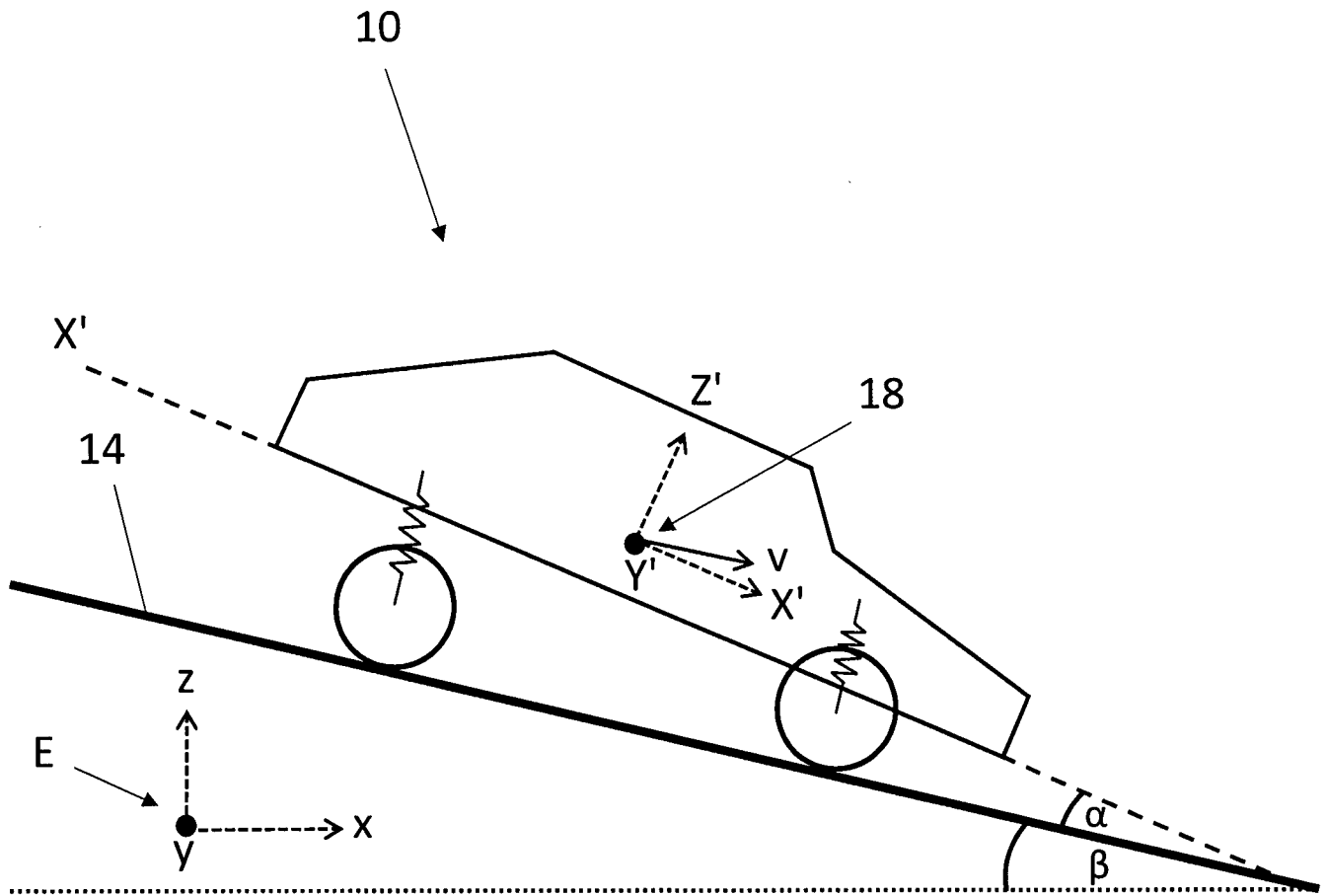


Fig. 1

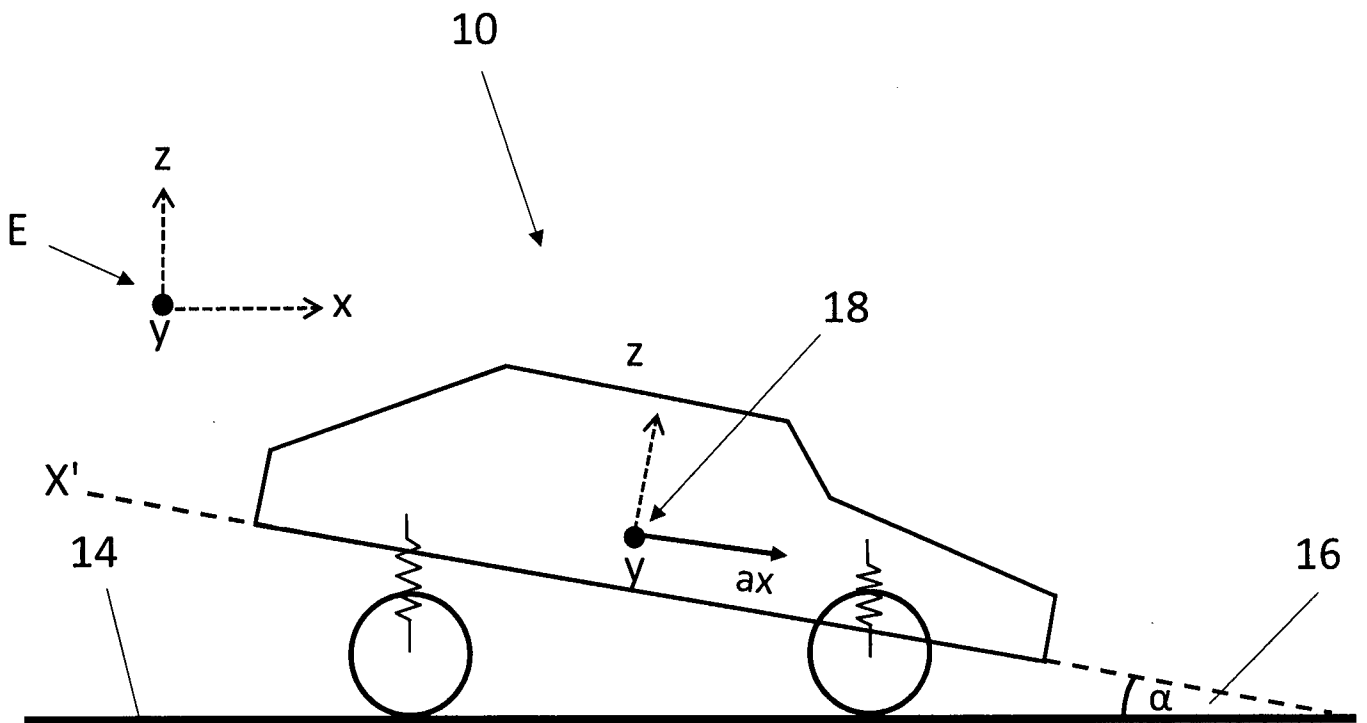


Fig. 2

3/6

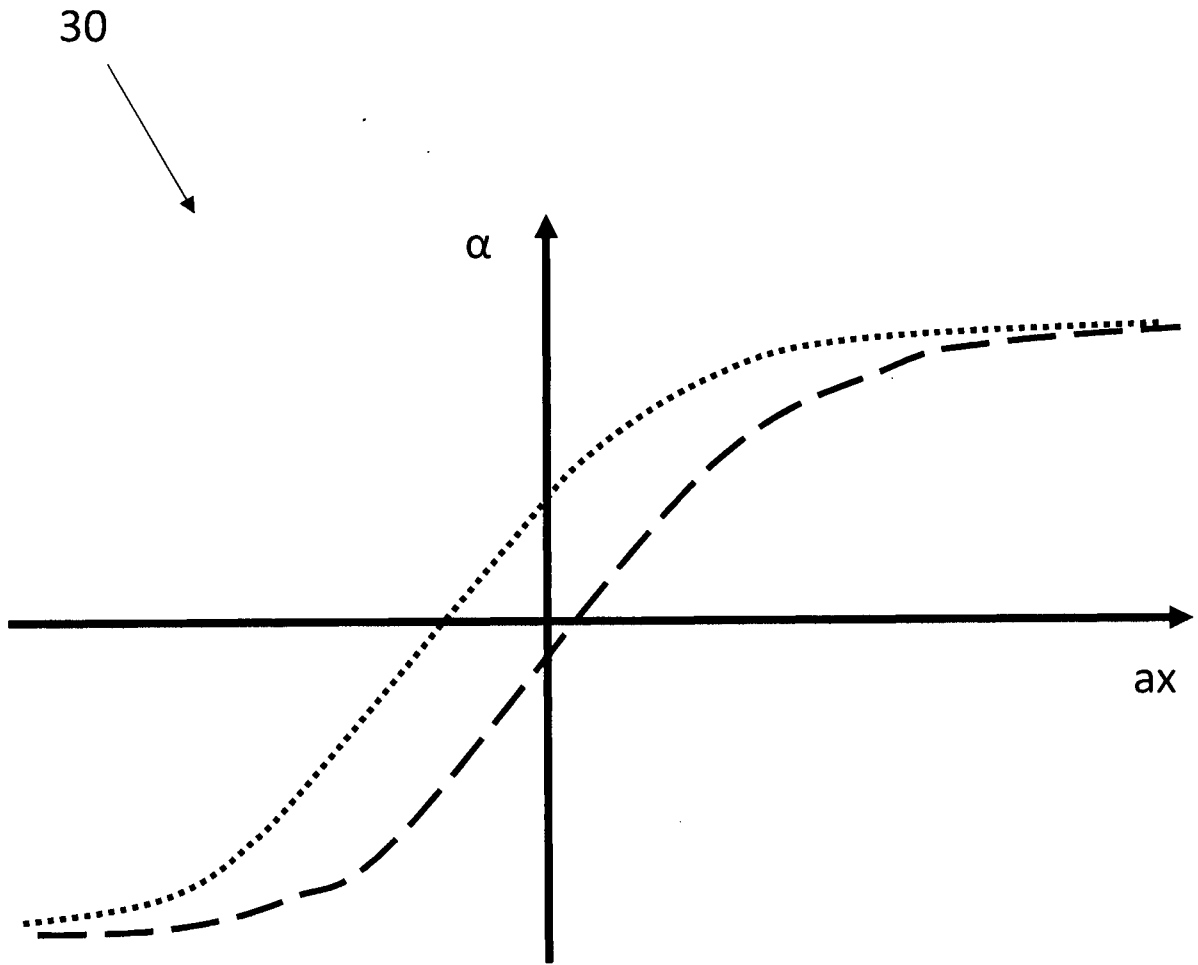


Fig. 3

4/6

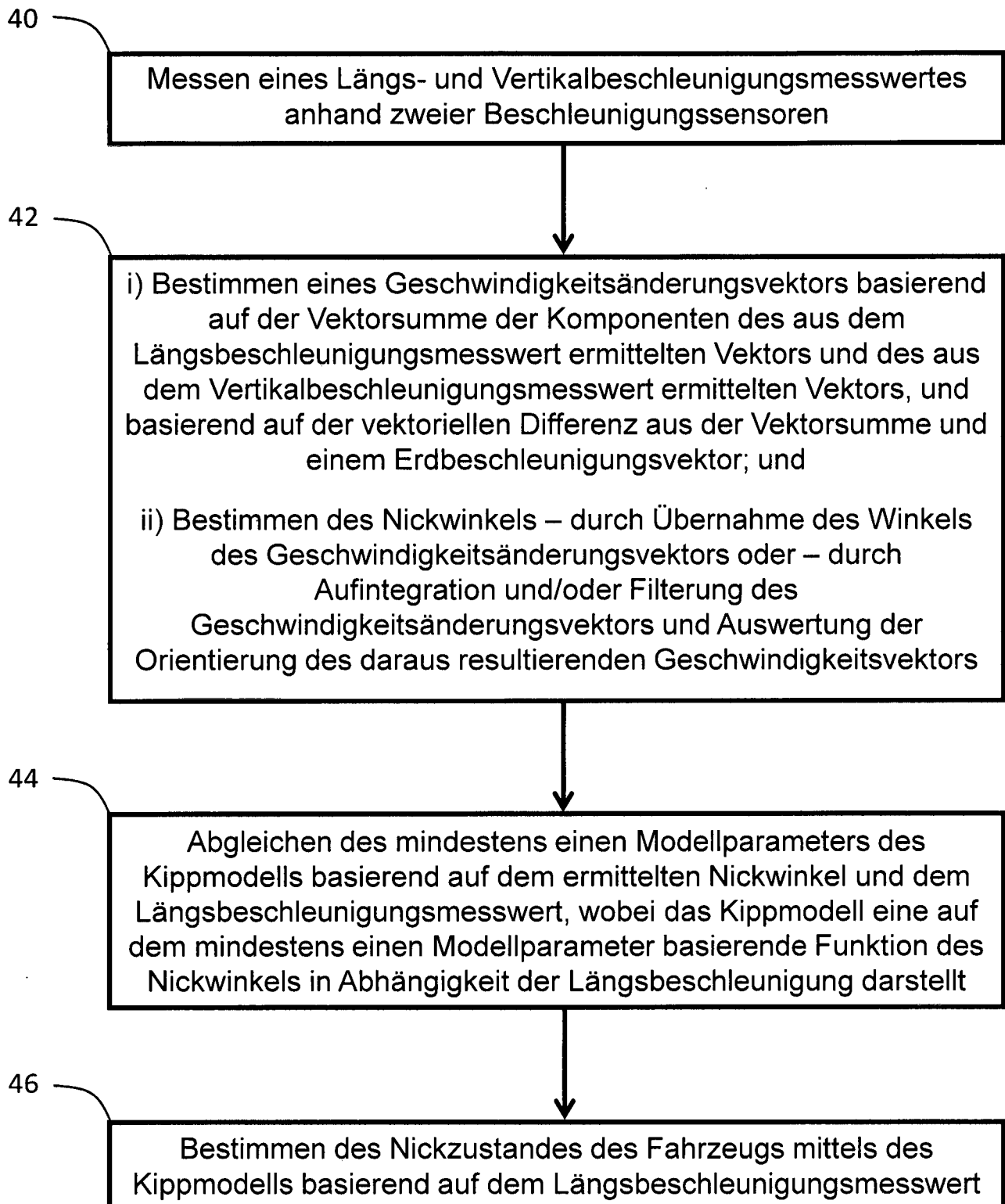


Fig. 4

5/6

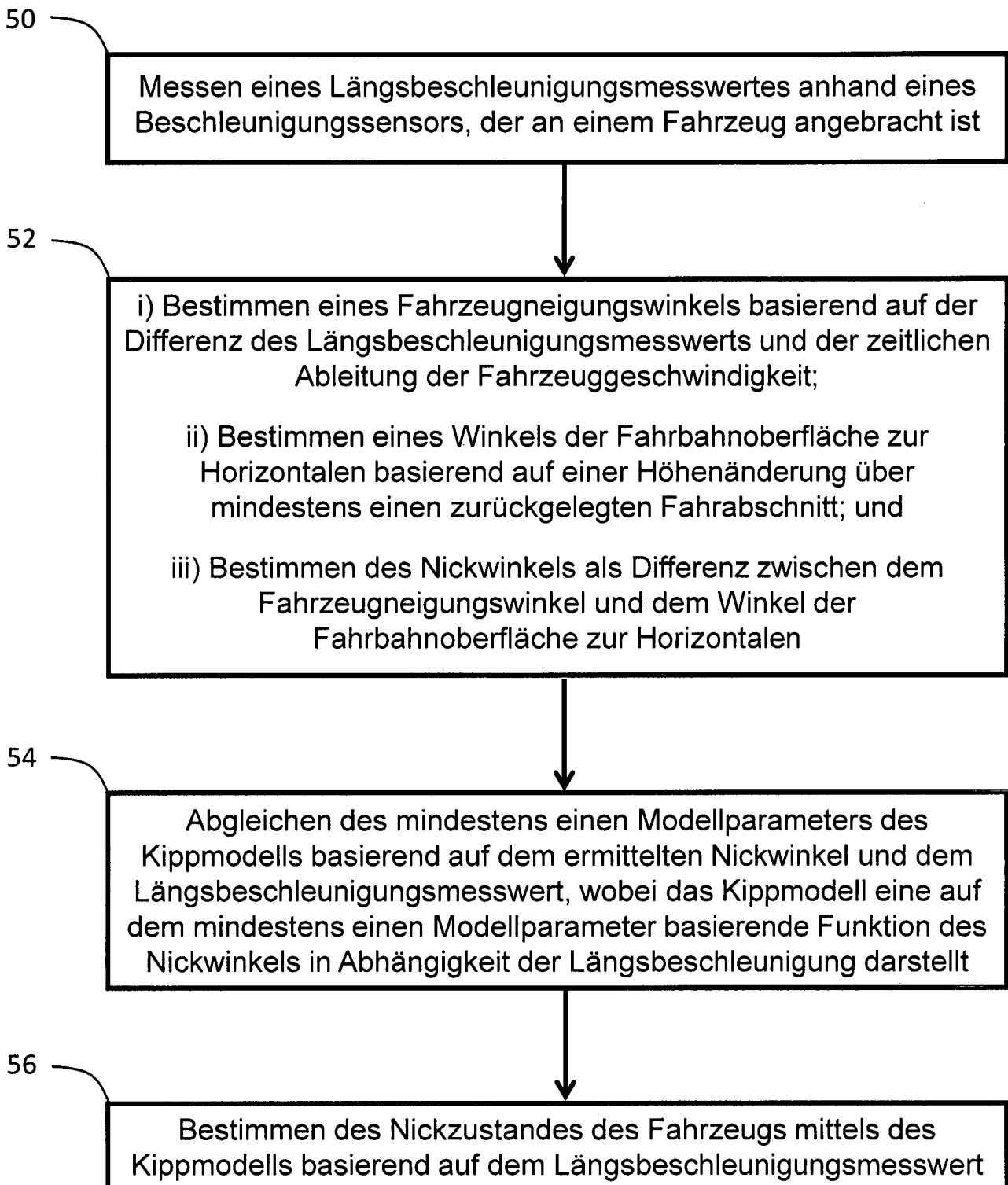


Fig. 5

6/6

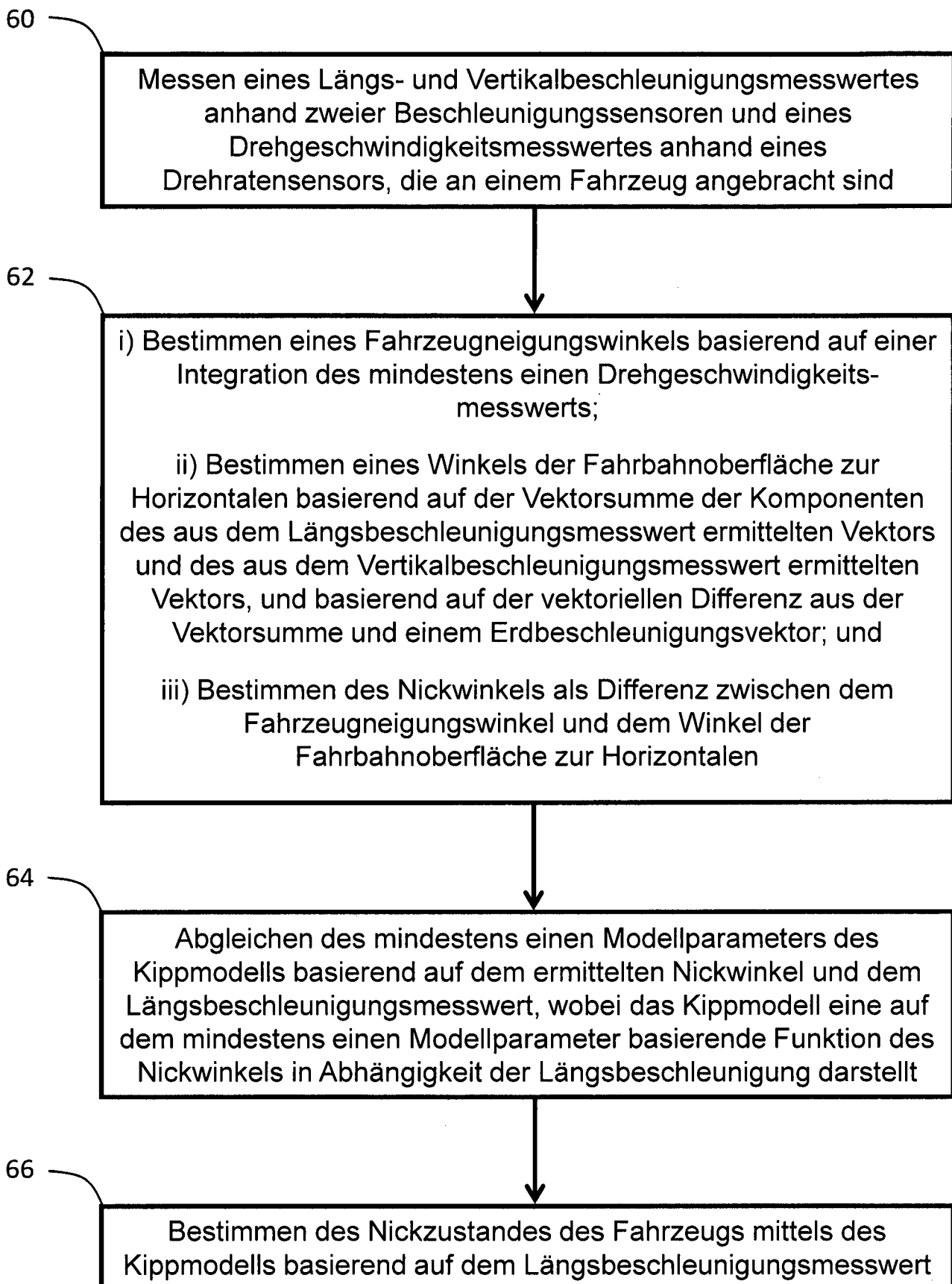


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/000127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B60W40/11 B60W40/112
 ADD. B60W50/00

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)
 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | EP 2 447 127 A2 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 2 May 2012 (2012-05-02) paragraphs [0029] - [0031]; figures 3A, 3B, 4 | 1,17 |
| A | WO 2014/179640 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 6 November 2014 (2014-11-06) paragraphs [0053] - [0077]; claims 8,9 | 1,17 |
| A | US 2009/187324 A1 (LU JIANBO [US] ET AL) 23 July 2009 (2009-07-23) paragraphs [0024] - [0029], [0036] | 1,17 |
| A | US 6 725 140 B2 (LU JIANBO [US] ET AL) 20 April 2004 (2004-04-20) column 5, line 28 - column 9, line 12 | 1,17 |

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 | "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 |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "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 |
| "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) | "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 |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | "&" document member of the same patent family |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

| | |
|---|---|
| Date of the actual completion of the international search 17 October 2016 | Date of mailing of the international search report 25/10/2016 |
|---|---|

| | |
|--|--|
| 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 Plenk, Rupert |
|--|--|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/000127

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date | |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|------------|
| EP 2447127 | A2 | 02-05-2012 | EP 2447127 A2 | 02-05-2012 |
| | | | JP 5787649 B2 | 30-09-2015 |
| | | | JP 2012106719 A | 07-06-2012 |
| | | | US 2012101692 A1 | 26-04-2012 |
| ----- | | | | |
| WO 2014179640 | A1 | 06-11-2014 | CN 105339226 A | 17-02-2016 |
| | | | DE 112014001807 T5 | 14-01-2016 |
| | | | US 2016068165 A1 | 10-03-2016 |
| | | | WO 2014179640 A1 | 06-11-2014 |
| ----- | | | | |
| US 2009187324 | A1 | 23-07-2009 | DE 102009005123 A1 | 30-07-2009 |
| | | | US 2009187324 A1 | 23-07-2009 |
| | | | US 2012209490 A1 | 16-08-2012 |
| | | | US 2014012477 A1 | 09-01-2014 |
| ----- | | | | |
| US 6725140 | B2 | 20-04-2004 | DE 10320544 A1 | 27-11-2003 |
| | | | GB 2388435 A | 12-11-2003 |
| | | | US 2003212482 A1 | 13-11-2003 |
| ----- | | | | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000127

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60W40/11 B60W40/112
 ADD. B60W50/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | EP 2 447 127 A2 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 2. Mai 2012 (2012-05-02) Absätze [0029] - [0031]; Abbildungen 3A, 3B,4 | 1,17 |
| A | WO 2014/179640 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 6. November 2014 (2014-11-06) Absätze [0053] - [0077]; Ansprüche 8,9 | 1,17 |
| A | US 2009/187324 A1 (LU JIANBO [US] ET AL) 23. Juli 2009 (2009-07-23) Absätze [0024] - [0029], [0036] | 1,17 |
| A | US 6 725 140 B2 (LU JIANBO [US] ET AL) 20. April 2004 (2004-04-20) Spalte 5, Zeile 28 - Spalte 9, Zeile 12 | 1,17 |

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 | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 17. Oktober 2016 | 25/10/2016 |

| | |
|--|--|
| 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 Plenk, Rupert |
|--|--|

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000127

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung | |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| EP 2447127 | A2 | 02-05-2012 | EP 2447127 A2 | 02-05-2012 |
| | | | JP 5787649 B2 | 30-09-2015 |
| | | | JP 2012106719 A | 07-06-2012 |
| | | | US 2012101692 A1 | 26-04-2012 |
| ----- | | | | |
| WO 2014179640 | A1 | 06-11-2014 | CN 105339226 A | 17-02-2016 |
| | | | DE 112014001807 T5 | 14-01-2016 |
| | | | US 2016068165 A1 | 10-03-2016 |
| | | | WO 2014179640 A1 | 06-11-2014 |
| ----- | | | | |
| US 2009187324 | A1 | 23-07-2009 | DE 102009005123 A1 | 30-07-2009 |
| | | | US 2009187324 A1 | 23-07-2009 |
| | | | US 2012209490 A1 | 16-08-2012 |
| | | | US 2014012477 A1 | 09-01-2014 |
| ----- | | | | |
| US 6725140 | B2 | 20-04-2004 | DE 10320544 A1 | 27-11-2003 |
| | | | GB 2388435 A | 12-11-2003 |
| | | | US 2003212482 A1 | 13-11-2003 |
| ----- | | | | |