

(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. Juni 2018 (21.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/108397 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01C 22/02 (2006.01) B62D 15/02 (2006.01)
G01C 21/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/078685

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. November 2017 (09.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 225 140.6
15. Dezember 2016 (15.12.2016) DE

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

(72) Erfinder: DEMIRAL, Christopher; Geisenfelder Str. 11,
85053 Ingolstadt (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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A RELATIVE POSITION OF A MOTOR VEHICLE, POSITION DETERMINATION
SYSTEM FOR A MOTOR VEHICLE AND MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINER RELATIVEN POSITION EINES KRAFTFAHRZEUGS,
POSITIONSBESTIMMUNGSSYSTEM FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG UND KRAFTFAHRZEUG

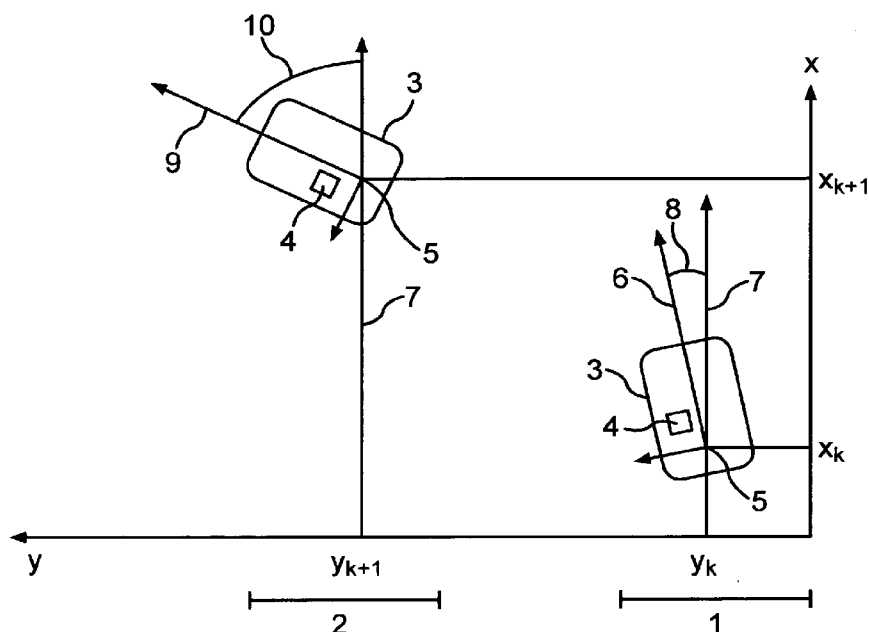


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a current position (x_{k+1} , y_{k+1}) of a motor vehicle (3) relative to an initial position (x_k , y_k) previously held by the motor vehicle (3). Changes in the wheel position between the initial position (x_k , y_k) and the current position (x_{k+1} , y_{k+1}) are measured for at least two wheels of the motor vehicle (3). A motion vector of the motor vehicle (3) is individually calculated from each of the wheel position changes. The individual motion vectors are then averaged. The current position (x_{k+1} , y_{k+1}) is then determined by adding the averaged motion vector, which, starting from a reference direction (7),



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)

has been rotated by a yaw angle of the motor vehicle (3), to the initial position (x_k, y_k), wherein the yaw angle is determined using a yaw rate provided by a yaw rate sensor of the motor vehicle (3). The invention also relates to a position determination system (4) and to a motor vehicle (3) equipped with such a system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) eines Kraftfahrzeugs (3) relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug (3) eingenommenen Ausgangsposition (x_k, y_k). Dabei werden jeweilige Radstellungsveränderungen zwischen der Ausgangsposition (x_k, y_k) und der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) für wenigstens zwei Räder des Kraftfahrzeugs (3) gemessen. Jeweils einzeln wird aus jeder der Radstellungsveränderungen ein Bewegungsvektor des Kraftfahrzeugs (3) berechnet. Die einzelnen Bewegungsvektoren werden dann gemittelt. Die aktuelle Position (x_{k+1}, y_{k+1}) wird dann durch Addition des ausgehend von einer Referenzrichtung (7) um einen jeweiligen Gierwinkel des Kraftfahrzeugs (3) rotierten gemittelten Bewegungsvektors zu der Ausgangsposition (x_k, y_k) bestimmt, wobei der Gierwinkel unter Verwendung einer von einem Gierraten-sensor des Kraftfahrzeugs (3) bereitgestellten Gierrate bestimmt wird. Die Erfindung betrifft auch ein Positionsbestimmungssystem (4) und ein mit einem solchen ausgestattetes Kraftfahrzeug (3).

-
- 5 Verfahren zum Bestimmen einer relativen Position eines Kraftfahrzeugs,
Positionsbestimmungssystem für ein Kraftfahrzeug und Kraftfahrzeug
-

BESCHREIBUNG:

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer aktuellen Position eines Kraftfahrzeugs relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug eingenommenen Ausgangsposition sowie ein entsprechendes Positionsbestimmungssystem für ein Kraftfahrzeug und ein Kraftfahrzeug mit einem solchen

15 Positionsbestimmungssystem.

20

Heutzutage ist es üblich, dass Sensoren, beispielsweise Umfeldsensoren eines Kraftfahrzeugs, einen Sensor- oder Messwert zu einem festen Messzeitpunkt liefern. Um bei einer Bewegung des Kraftfahrzeugs eine sinnvolle Verfolgung und Verarbeitung von mehreren aufeinanderfolgenden Messungen zu ermöglichen und/oder Daten von mehreren Sensoren mit unterschiedlichen Messzeitpunkten sinnvoll und konsistent fusionieren zu können, wird eine jeweilige Positionsveränderung des Sensors beziehungsweise des Fahrzeugs zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten benötigt. Hierfür gibt es im Stand der Technik verschiedene Ansätze. Ein erster Ansatz verwendet eine Integration von Messdaten einer Inertialsensorik. Ein zentraler Aspekt kann dabei ausgedrückt werden durch folgende Gleichungen, welche eine Berechnung einer jeweiligen aktuellen Position – beschrieben durch die Koordinaten x_{k+1} , y_{k+1} – aus einer vorherigen Position – beschrieben durch die Koordinaten x_k , y_k – beschreiben:

25

30

$$x_{k+1} = x_k + v / \text{yawrate} \cdot [-\sin(\text{yaw}_k) + \sin(\Delta t \cdot \text{yawrate} + \text{yaw}_k)]$$

$$y_{k+1} = y_k + v / \text{yawrate} \cdot [\cos(\text{yaw}_k) - \cos(\Delta t \cdot \text{yawrate} + \text{yaw}_k)] ,$$

mit dem Gierwinkel yaw_k und der Gierrate yawrate .

35

Nachteilig ist dabei, dass für kleine Gierraten yawrate , wie sie bei jeder Geradeausfahrt und beim Parken häufig vorkommen, der Nenner des jeweiligen Bruchs klein wird, sodass die Änderung der Position sozusagen unstetig wird und effektiv nur mit geringer Auflösung bestimmt werden kann. Hier muss ab einem unteren Schwellwert der Gierrate diese vernachlässigt und die Be-

rechnungsvorschrift geändert werden. Damit ist jedoch insgesamt eine Verschlechterung der Genauigkeit bei der Bestimmung der Position beziehungsweise der Positionsänderung verbunden.

- 5 Ein zweiter Ansatz nutzt die Odometrie. Hier erfolgt die Berechnung der Position und einer Ausrichtung des Kraftfahrzeugs direkt aus Wegimpulsen von den Radencodern einzelner Räder unter Berücksichtigung einer Ackermannsteuerung des Kraftfahrzeugs. Eine Änderung der Ausrichtung wird dabei entweder aus einer Differenz der Bewegungen der einzelnen Räder an
10 einer Achse oder aus Radlenkwinkel, Geschwindigkeit und Radstand berechnet. Die Wegimpulse für die einzelnen Räder werden bei Serienfahrzeugen von Radencodern geliefert, welche nur eine geringe Auflösung bieten, sodass beispielsweise erst nach einer Bewegung oder zurückgelegten Strecke von 0,02 m ein neuer Wegimpuls geliefert wird. Diese geringe Auflösung
15 der Radencoder führt vor allem bei langsamer Fahrt zu Problemen, da die jeweiligen Messwerte sich sprunghaft verändern. Insbesondere diese sprunghafte oder ruckartige erfasste Änderung der Ausrichtung wirkt sich nachteilig bei der Verarbeitung von Daten der Umfeldsensorik aus. Insbesondere Parkmanöver, bei denen es auf Genauigkeiten im Zentimeterbereich
20 ankommt, können so – vor allem in einem autonomen oder teilautonomen Betrieb – nicht zufriedenstellend umgesetzt werden.

- Aus der DE 10 2005 018 834 A1 sind ein System und ein Verfahren zur Bestimmung einer aktuellen Kraftfahrzeugposition und einer aktuellen Aus-
25 richtung eines Kraftfahrzeugs bekannt. Dabei dient eine Transpondereinheit des Kraftfahrzeugs zur Erfassung einer Position eines Transponders, der von dem Kraftfahrzeug passiert wird

- Die DE 10 2014 202 369 A1 beschreibt ein Verfahren zur Steuerung/Regelung von vierrad-gelenkten Fahrzeugen. Dabei wird ein Hinterrad-
30 Lenkwinkel erfasst und basierend auf diesem und einem Skalierungsfaktor ein Vorwärtssteuerung/-regelung-Querbefleunigungswert bestimmt. In Reaktion auf diesen Wert erfolgt ein Steuern/Regeln eines Betriebs von den lenkbaren Vorderrädern und den lenkbaren Hinterrädern. Ein gesamter effektiver
35 Lenkwinkelwert kann basierend auf dem Vorderrad-Lenkwinkel, dem effektiven Hinterrad-Lenkwinkel und einem doppelten Ackermanngeometrie-Lenkwinkelwert bestimmt werden.

Die DE 10 2008 045 618 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Sensoren eines Fahrzeugs. Dabei werden während einer Fahrt des Fahrzeugs Sensorpositionsdaten mittels eines zu kalibrierenden Sensors erfasst und Modellpositionsdaten ermittelt. Die Modellpositionsdaten werden mittels einer Fahrzustandsgröße des Fahrzeugs gebildet und einem Fahrzeugmodell zugeführt, wobei die Modellpositionsdaten zur Ermittlung einer Sensorposition des zu kalibrierenden Sensors herangezogen werden. Als Fahrzustandsgrößen können eine Fahrzeugposition, ein Lenkwinkel, ein Gierwinkel und/oder daraus ermittelte Größen erfasst werden.

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Bestimmung einer relativen Position eines Kraftfahrzeugs zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen sowie in der nachfolgenden Beschreibung und in der Zeichnung angegeben.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Bestimmen einer aktuellen Position eines Kraftfahrzeugs relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug eingenommenen Ausgangsposition umfasst mehrere, nachfolgend erläuterte Verfahrensschritte. Zunächst erfolgt ein Messen einer jeweiligen Radstellungsveränderung in Umfangsrichtung zwischen der Ausgangsposition und der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs für wenigstens zwei Räder des Kraftfahrzeugs mittels einer jeweiligen Sensoreinrichtung. Die Radstellungsveränderungen der einzelnen Räder geben also an, wie weit oder um welchen Winkel das jeweilige Rad bei einer Bewegung des Kraftfahrzeugs von der Ausgangsposition in die aktuelle Position rotiert, gerollt oder abgerollt ist. Die Radstellungsveränderung kann beispielsweise mittels eines Radencoders bestimmt werden. Die jeweiligen Radstellungsveränderungen können auch für mehr als zwei Räder – insbesondere bei herkömmlichen Personenkraftwagen bevorzugt für vier oder alle Räder – gemessen werden.

In einem weiteren Verfahrensschritt erfolgt jeweils einzeln ein Bestimmen eines jeweiligen Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs aus jeder der gemessenen Radstellungsveränderungen mittels einer Berechnungseinrichtung des Kraftfahrzeugs. Mit anderen Worten wird also für ein einzelnes Rad aus dessen Radstellungsveränderung ein Bewegungsvektor des Kraftfahrzeugs berechnet und dies wird getrennt oder unabhängig voneinander für jedes der

- Räder, deren Radstellungsveränderungen gemessen wurde, durchgeführt. Die Bestimmung der einzelnen Bewegungsvektoren kann dabei nacheinander aber auch parallel erfolgen, was beispielsweise abhängig sein kann von der konkreten Ausgestaltung und Rechenkapazität der Berechnungseinrichtung. Beispielsweise können also für vier Räder des Kraftfahrzeugs jeweils unabhängig voneinander eine Radstellungsveränderung gemessen werden, sodass nunmehr auch vier einzelne, daraus berechnete Bewegungsvektoren des Kraftfahrzeugs vorliegen.
- 10 In einem nachfolgenden Verfahrensschritt werden diese bestimmten oder berechneten Bewegungsvektoren gemittelt. Alle zuvor einzeln vorliegenden Bewegungsvektoren für die jeweilige Bewegung des Kraftfahrzeugs aus der Ausgangsposition in die aktuelle Position werden also zu einem einzigen gemittelten Bewegungsvektor des Kraftfahrzeugs verrechnet. Der Bewegungsvektor ist hier eine vektorielle Größe, welche die Bewegung des Kraftfahrzeugs beschreibt oder charakterisiert. Der Bewegungsvektor kann beispielsweise eine x- und eine y-Komponente aufweisen, um eine Bewegung in einer Ebene zu beschreiben, in der sich das Kraftfahrzeug bewegt. Dabei kann ein vorbestimmtes Koordinatensystem als Referenz definiert und vorgegeben sein. Das Referenzkoordinatensystem, das heißt also die Referenz-x- und die Referenz-y-Richtung, können dabei fest und von einer tatsächlichen aktuellen Ausrichtung oder Bewegung des Kraftfahrzeugs unabhängig sein. Es ist jedoch auch möglich, als Referenzrichtung beispielsweise eine vorherige Bewegungsrichtung oder Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs zu verwenden. Beispielsweise kann die Richtung derjenigen Bewegung, die das Kraftfahrzeug in die Ausgangsposition geführt hat, als Referenzrichtung für die Bewegung von der Ausgangsposition in die aktuelle Position dienen. Letztere kann dann als Referenzrichtung für eine nachfolgende Bewegung des Kraftfahrzeugs aus der aktuellen Position in eine zukünftige Position dienen, wodurch sich also ein iterativer oder verketteter Prozess ergibt. Eine weitere Möglichkeit kann es beispielsweise sein, eine jeweils bei der letzten Inbetriebnahme des Kraftfahrzeugs gegebene Ausrichtung als Referenzrichtung während des jeweils aktuellen Betriebs bis zu einem Abschalten des Kraftfahrzeugs zu verwenden.
- 35 In einem weiteren Verfahrensschritt erfolgt ein Bestimmen der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs mittels der Berechnungseinrichtung durch Addition des ausgehend von der Referenzrichtung um einen jeweiligen Gierwinkel des Kraftfahrzeugs rotierten gemittelten Bewegungsvektors des Kraft-

fahrzeugs zu der Ausgangsposition. Die Ausgangsposition dient also als Anfangspunkt oder Startpunkt für den Bewegungsvektor. Der Gierwinkel wird unter Verwendung einer von einem Gierratensensor des Kraftfahrzeugs bereitgestellten Gierrate bestimmt und gibt die Ausrichtung des Kraftfahrzeugs an. Bevorzugt kann dabei eine Zeitspanne erfasst werden, welche für die Bewegung des Kraftfahrzeugs von der Ausgangsposition in die aktuelle Position benötigt wird. Der Gierwinkel kann dann bevorzugt durch Multiplikation dieser Zeitspanne mit der für diese Zeitspanne berechneten mittleren Gierrate bestimmt werden. Alternativ kann vorteilhaft auch ein jeweils aktueller oder zuletzt bestimmter Wert der Gierrate verwendet werden, wodurch gegebenenfalls ein Berechnungs- oder Datenverarbeitungsaufwand minimiert werden kann. Ein daraus entstehender theoretischer Fehler bei der Bestimmung der aktuellen Position kann vernachlässigt werden, da aufgrund der typischen Masse und Beschleunigung des Kraftfahrzeugs eine Änderung der Gierrate während der bevorzugt betrachteten Zeitspannen keinen signifikanten Einfluss hat. Die betrachteten Zeitspannen können insbesondere in der Größenordnung von 10 bis 100 ms liegen, jedenfalls aber kürzer als eine Sekunde sein. Der Gierwinkel kann auch direkt durch eine Integration der während der Zeitspanne gemessenen Gierrate bestimmt werden.

Insgesamt kann durch das erfindungsgemäße Verfahren die jeweilige aktuelle Position des Kraftfahrzeugs relativ zu oder ausgehend von der zuvor eingenommenen Ausgangsposition bestimmt werden. Die aktuelle Position kann dann ihrerseits wiederum als Ausgangsposition für eine weitere, nachfolgende Positionsbestimmung dienen. Auf diese Weise kann durch iterative oder wiederholte Anwendung des Verfahrens ein Weg des Kraftfahrzeugs schrittweise oder abschnittsweise bestimmt oder verfolgt werden, wofür vorteilhaft insbesondere keine fahrzeugexternen Positionsbestimmungsmittel, wie beispielsweise ein satellitengestütztes Navigationssystem, notwendig sind oder verwendet werden müssen. Dadurch kann die aktuelle Position des Fahrzeugs vorteilhaft beispielsweise auch in Gebäuden, unter Tage oder allgemein in Situationen ohne verlässliche Datenverbindung zu fahrzeugexternen Einrichtungen bestimmt werden. Zudem kann die erzielbare Genauigkeit mit deutlich geringerem Aufwand eingestellt, insbesondere verbessert, werden als etwa bei der Verwendung eines satellitengestützten Navigationssystems.

Durch die Verwendung der Radstellungsveränderungen, das heißt der entsprechenden Sensor- oder Messwerte oder Informationen für mehrere Räder,

der, kann vorteilhaft eine Verbesserung der effektiven Auflösung und der Genauigkeit bei der Bestimmung des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs und letztlich der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs erzielt werden. Beispielsweise können zur Bestimmung der Radstellungsveränderung günstige Radencoder verwendet werden, welche eine begrenzte Winkelauflösung aufweisen. Durch die Mittelung kann aufgrund von Stellungsunterschieden der jeweiligen Radencoder für die einzelnen Räder insgesamt bei Verwendung von N Radencodern eine bis zu N-fache Auflösung gegenüber der Verwendung eines einzelnen Radencoders erzielt werden. Beispielsweise kann die Verwendung von 4 Radencoder im Idealfall also die vierfache Auflösung oder Genauigkeit erzielt werden. Ein einzelner Radencoder kann beispielsweise eine ring- oder kreisförmige Zahnung mit beispielsweise 48 Zähnen und somit 96 Flanken aufweisen, welche mit dem jeweiligen Rad mitrotiert und anhand derer die Rotation des Rades erfasst wird.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung bezeichnen die verwendeten Begriffe „Rad“ und „Räder“ entsprechend ausgebildete Bodenkontaktelemente des Kraftfahrzeugs. Mit anderen Worten ist das Kraftfahrzeug also während einer Bewegung oder während einer Fahrt – insbesondere von der Ausgangsposition in die aktuelle Position – entlang und auf einer Fahrbahn über das jeweilige Rad beziehungsweise über die jeweiligen Räder oder Bodenkontaktelemente an der Fahrbahn abgestützt, wobei das Rad beziehungsweise die Räder entlang und auf der Fahrbahn abrollen.

In vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann als Gierwinkel beim Bestimmen der aktuellen Position der mittlere Gierwinkel des Kraftfahrzeugs zwischen der Ausgangsposition und der aktuellen Position verwendet werden. Wenn sich das Kraftfahrzeug beispielsweise auf einem Kreisbogen bewegt, das heißt also eine Kurve fährt, so bewegt es sich tatsächlich in kontinuierlich wechselnden Richtungen. Durch die Verwendung des mittleren Gierwinkels, das heißt also der mittleren Richtung, Ausrichtung oder Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs während der Bewegung auf dem Kreisbogen zwischen der Ausgangsposition und der aktuellen Position kann vorteilhaft ein Fehler bei der Bestimmung der aktuellen Position gegenüber klassischen Ansätzen, welche beispielsweise die zuerst oder zuletzt erfasste Ausrichtung verwenden, reduziert werden.

Bevorzugt kann die aktuelle Position $\mathbf{P}_{k+1}$ werden als

$$\mathbf{P}_{k+1} = \mathbf{P}_k + \mathbf{s} \cdot \mathbf{R}(\delta) ,$$

wobei $\mathbf{P}_k$ die Ausgangsposition, $\mathbf{s}$ den gemittelten Bewegungsvektor, $\mathbf{R}(\delta)$ eine Rotationsmatrix um den Winkel δ mit

$$\delta = \text{yaw}_k + 0,5 \cdot \Delta_t \cdot \text{yawrate}$$

bezeichnen, yawrate die von dem Gierratensensor des Kraftfahrzeugs bereitgestellte Gierrate angibt und der aktuelle Gierwinkel yaw_{k+1} des Kraftfahrzeugs in der aktuellen Position berechnet wird aus der Gierrate yawrate und einem in der Ausgangsposition vorliegenden Gierwinkel yaw_k als

$$\text{yaw}_{k+1} = \text{yaw}_k + \text{yawrate} \cdot \Delta_t,$$

wobei Δ_t die während der Bewegung des Kraftfahrzeugs aus der Ausgangsposition in die aktuelle Position verstrichene Zeitspanne angibt.

Der gemittelten Bewegungsvektor $\mathbf{s}$ kann ein zweidimensionaler Vektor mit einem x- und einem y-Anteil sein gemäß $\mathbf{s} = (s_x, s_y)$. Die Rotationsmatrix oder Drehmatrix $\mathbf{R}$ kann für eine Rotation in einer Ebene gegeben sein als

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} \cos \delta & -\sin \delta \\ \sin \delta & \cos \delta \end{pmatrix}.$$

Die mit fetter Formatierung dargestellten Größen $\mathbf{P}_k$, $\mathbf{P}_{k+1}$ und $\mathbf{s}$ sind vektorielle Größen.

Vorteilhaft ergibt sich somit ein Gleichungssystem, das keine Unstetigkeitsstelle hat und damit durchgehend und problemlos für alle Fahrmanöver eingesetzt werden kann. So treten beispielsweise keinerlei numerische Probleme bei sehr kleinen Gierraten auf. Damit ist das entsprechende Verfahren, insbesondere in der beschriebenen Implementierungsart, besonders geeignet beispielsweise zur Positionsbestimmung und Weg- oder Trajektorienverfolgung des Fahrzeugs bei autonomen oder teilautonomen Rangier- oder Parkmanövern. Die durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erhaltenen Positionsdaten können vorteilhaft einem Fahrerassistenzsystem des Kraftfahrzeugs, beispielsweise einer Trajektorienfolgeregelung, bereitgestellt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass beim jeweiligen Bestimmen des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs aus den einzelnen Radstellungsveränderungen ein jeweiliger Radlenkwinkel und/oder eine Ackermanngeometrie des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden. Mit anderen Worten können also beispielsweise von zusätzlichen oder separaten Lenkwinkelsensoren bereitgestellte Daten oder Messwerte sowie fahrzeugspezifische Daten beispielsweise bezüglich einer Größe, Anordnung und/oder Stellung jeweiliger Hebelarme einer Ackermannlenkung des Kraftfahrzeugs ausgewertet und berücksichtigt werden. Hierdurch kann eine Ge-

naugigkeit und Zuverlässigkeit bei der Bestimmung der Bewegungsvektoren und damit letztlich auch bei der Bestimmung der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs erzielt werden. Es ist auch möglich, die die Radlenkwinkel und/oder die Ackermanngeometrie betreffenden Daten zur Plausibilisierung der übrigen Messwerte und/oder berechneten Größen zu verwenden. Eine
5 derartige vergrößerte Datenbasis kann vorteilhaft zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, was insbesondere für autonome oder teilautonome Fahrmanöver und/oder Assistenzsysteme des Kraftfahrzeugs besonders relevant und vorteilhaft ist.

10

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass beim jeweiligen Bestimmen des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs die einzelnen Radstellungsveränderungen in einen jeweiligen Bewegungsvektor eines fahrzeugeigenen Bezugspunktes umgerechnet werden, wobei für alle
15 Radstellungsveränderungen derselbe Bezugspunkt verwendet wird. Damit ergeben sich aus den einzelnen Radstellungsveränderungen also jeweilige berechnete Bewegungen oder Bewegungsvektoren des fahrzeugeigenen und fahrzeugfesten Bezugspunktes als Bewegungen oder Bewegungsvektoren des Kraftfahrzeugs. Durch die Betrachtung eines einzigen Bezugspunktes oder durch den Bezug auf einen einzigen Bezugspunkt kann eine einfache
20 Berechnung und Modellierung der Bewegung des Kraftfahrzeugs und damit auch der Bestimmung der aktuellen Position realisiert oder implementiert werden. Beispielsweise kann als Bezugspunkt ein Mittelpunkt einer Hinterachse des Kraftfahrzeugs verwendet werden. Durch die Verwendung
25 eines derartigen festgelegten gemeinsamen Bezugspunktes kann auf besonders einfache Art und Weise eine Konsistenz und Vergleichbarkeit aller berechneten Daten sichergestellt werden. Dies gilt sowohl für verschiedene, dasselbe Kraftfahrzeug betreffende Daten als auch für Daten unterschiedlicher Kraftfahrzeuge.

30

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass von dem Gierratensensor wenigstens alle 20 ms, bevorzugt alle 10 ms ein aktualisierter Wert der Gierrate bereitgestellt wird. Mit anderen Worten kann
35 also der Gierratensensor eine Abtast- oder Messrate von wenigstens 50 Hz, bevorzugt von wenigstens 100 Hz, aufweisen. Dadurch wird sichergestellt, dass zu jedem Zeitpunkt Daten zur Verfügung stehen, die aktuell genug sind um eine ausreichende Genauigkeit bei der Bestimmung der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs zu ermöglichen. Insbesondere kann so eine für beliebige Fahrmanöver ausreichende Genauigkeit gewährleistet werden. In ent-

sprechender Art und Weise kann bevorzugt auch durch die Sensoreinrichtung oder Sensoreinrichtungen beispielsweise bevorzugt wenigstens alle 20 ms oder alle 10 ms ein jeweils aktueller Wert der jeweiligen Radstellungsveränderung oder der jeweiligen Winkelstellung oder Rotation des jeweiligen Rades erfasst und bereitgestellt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Radstellungsveränderungen für Räder gemessen werden, die entlang einer Längserstreckung des Kraftfahrzeugs voneinander beabstandet angeordnet sind. Mit anderen Worten können also beispielsweise die jeweiligen Radstellungsveränderungen für wenigstens ein Vorderrad und ein Hinterrad des Kraftfahrzeugs gemessen werden. Für eine präzise Bestimmung der aktuellen Position kann es dabei besonders vorteilhaft sein, wenn Radstellungsveränderungen sowohl von wenigstens einem gelenkten Rad als auch von wenigstens einem ungelenkten Rad gemessen und verarbeitet oder verwendet werden, da hier – insbesondere bei einer Kurvenfahrt – unterschiedliche Bedingungen und Verhaltensweisen für die Räder vorliegen oder auftreten können. Die Räder, deren Radstellungsveränderungen gemessen werden, können also an unterschiedlichen Achsen angeordnet sein, wobei an der jeweiligen Position in Fahrzeuglängsrichtung eines Rades nur dieses eine Rad angeordnet sein kann oder aber mehrere Räder angeordnet sein können. Mit anderen Worten können also beispielsweise auch die jeweiligen Radstellungsveränderungen für alle oder eine beliebige Auswahl von Rädern eines dreirädrigen oder dreiradartigen Kraftfahrzeugs gemessen werden.

Ein erfindungsgemäßes Positionsbestimmungssystem für ein Kraftfahrzeug zum Bestimmen einer aktuellen Position des Kraftfahrzeugs relativ zu einer zuvor von dem Kraftfahrzeug eingenommenen Ausgangsposition umfasst wenigstens zwei Sensoreinrichtungen zum Messen einer jeweiligen Radstellungsveränderung in Umfangsrichtung von wenigstens zwei Rädern. Beispielsweise kann also für jedes Rad, dessen Radstellungsveränderung gemessen wird, eine eigene Sensoreinrichtung vorgesehen sein. Die Sensoreinrichtungen können jedoch auch als Teile einer einzigen größeren oder umfassenderen Sensorvorrichtung aufgefasst werden und ausgebildet sein. Das erfindungsgemäße Positionsbestimmungssystem umfasst zudem eine Berechnungseinrichtung und einen Gierratensensor und ist zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet. Die Berechnungseinrichtung kann insbesondere jeweilige Schnittstellen zum Empfang von Messwerten oder Sensordaten der Sensoreinrichtungen und des Gierratensensor

aufweisen. Die Berechnungseinrichtung kann über entsprechende Datenverbindungen direkt oder indirekt mit den Sensoreinrichtungen und dem Gierratensensor verbunden sein. Die Übermittlung der Messwerte oder Sensordaten kann beispielsweise auch über ein Bordnetz, beispielsweise einen CAN-Bus erfolgen. Die Berechnungseinrichtung kann beispielsweise ein Steuergerät sein und einen Prozessor sowie eine Speichereinrichtung umfassen. Dass das Positionsbestimmungssystem zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist, kann dabei beispielsweise bedeuten, dass in der Speichereinrichtung ein Programmcode abgelegt ist, welcher die zur Durchführung des Verfahrens notwendigen Verfahrens- und Berechnungsschritte codiert oder repräsentiert.

Eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystems für ein Kraftfahrzeug zum Bestimmen einer aktuellen Position des Kraftfahrzeugs relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug eingenommenen Ausgangsposition kann auch auf die zum Empfang der beschriebenen Messwerte oder Sensordaten bezüglich der Radstellungsveränderungen, der Gierrate und des Gierwinkels eingerichtete Berechnungseinrichtung beschränkt sein.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystems kann auf die Speichereinrichtung mit dem beschriebenen Programmcode beschränkt sein.

In jedem Fall kann es vorgesehen sein, dass in der Speichereinrichtung fahrzeugspezifische Größen, wie beispielsweise Größenangaben zu dem Kraftfahrzeug oder zu Teilen des Kraftfahrzeugs, insbesondere zu den Rädern, gespeichert sind. Beispielsweise können auch Daten bezüglich eines Schlupfverhaltens der Räder gespeichert sein. Diese Daten können beispielsweise in einem Kennfeld hinterlegt sein. In dem Kennfeld können beispielsweise auch eine Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und/oder ein Kurvenradius als weitere Größen oder Parameter enthalten sein.

Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug umfasst ein erfindungsgemäßes Positionsbestimmungssystem. Insbesondere weist das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug Sensoreinrichtungen zum Messen einer jeweiligen Radstellungsveränderung in Umfangsrichtung von wenigstens zwei Rädern sowie wenigstens einen Gierratensensor und eine Berechnungseinrichtung auf.

Die bisher und im Folgenden beschriebenen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, des erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystems und des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs sowie die entsprechenden jeweiligen Vorteile sind zumindest sinngemäß wechselseitig zwischen dem erfindungsgemäßen Verfahren, dem erfindungsgemäßen Positionsbestimmungssystem und/oder dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug austauschbar und übertragbar. Dies gilt auch für zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendete oder verwendbare Bauteile und Einrichtungen. Darüber hinaus können bisher und im Folgenden beschriebene einzelne Merkmale, Ausgestaltungen der Erfindung oder Teile davon auch einzeln und in beliebigen, hier nicht explizit einzeln beschriebenen, Kombinationen verwendet werden, um verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu erhalten. Aus diesem Grund sind die entsprechenden Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens hier nicht noch einmal für das erfindungsgemäße Positionsbestimmungssystem und das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug beschrieben.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie anhand der Zeichnung, welche ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung verdeutlicht. Dabei zeigt die einzige Figur eine schematische Draufsicht eines Kraftfahrzeugs in einer Ausgangsposition und einer aktuellen Position sowie ein als Referenz dienendes zweidimensionales Koordinatensystem.

Bei dem im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. Bei dem Ausführungsbeispiel stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsform jeweils einzelne, unabhängig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden und damit auch einzeln oder in einer anderen als der gezeigten Kombination als Bestandteil der Erfindung anzusehen sind. Des Weiteren ist die beschriebene Ausführungsform auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

Die einzige Figur zeigt in einer schematischen Draufsicht eine Ausgangssituation 1 und eine aktuelle Situation 2, in denen jeweils ein Kraftfahrzeug 3 in einer bestimmten Stellung oder Ausrichtung dargestellt ist. Die Ausgangssituation 1 ist dabei als zeitlich vor der aktuellen Situation liegend zu verste-

hen. Eine räumliche Relation zwischen der Ausgangssituation 1 und der aktuellen Situation 2, das heißt also auch zwischen den jeweiligen Stellungen oder Positionen des Kraftfahrzeugs 3, ist anhand eines Koordinatensystems mit einer x-Achse oder -Richtung und einer y-Achse oder -Richtung
5 veranschaulicht.

Das Kraftfahrzeug 3 umfasst ein Positionsbestimmungssystem 4, mittels welchem eine jeweilige Position des Kraftfahrzeugs 3 bestimmbar ist. Die jeweilige Position des Kraftfahrzeugs 3 wird dabei durch eine jeweilige Position eines fahrzeugeigenen und fahrzeugfesten Bezugspunktes 5 beschrieben und angegeben. Vorliegend handelt es sich bei dem Bezugspunkt 5 um einen Mittelpunkt einer hier nicht dargestellten Hinterachse des Kraftfahrzeugs 3. Alternativ könnten aber auch beliebige andere fahrzeugfest definierbare Punkte, Positionen oder Bauteile als Bezugspunkt 5 verwendet
15 werden.

Durch die Achsen des Koordinatensystems wird eine Ebene aufgespannt, in der sich das Kraftfahrzeug 3 bewegt beziehungsweise befindet. In der Ausgangssituation 1 befindet sich das Kraftfahrzeug 3 in einer Ausgangsposition, welche durch die Koordinaten x_k , y_k definiert ist. In dieser Ausgangsposition ist das Kraftfahrzeug 3 gemäß einer Ausgangsausrichtung 6 orientiert. Als Ausrichtung des Kraftfahrzeugs ist vorliegend eine Richtung einer Mittelachse in vorwärts gerichteter Fahrzeuglängsrichtung des Kraftfahrzeugs 3 definiert. Prinzipiell sind hier alternativ auch andere Definitionen der jeweiligen
25 Ausrichtung des Kraftfahrzeugs 3 möglich, sofern diese in allen Maßnahmen und Berechnungen zur Positionsbestimmung konsistent behandelt werden. Vorliegend ist eine Referenzrichtung 7, welche hier der Richtung der x-Achse des Koordinatensystems entspricht, definiert und vorgegeben. Die jeweilige Ausrichtung, hier also die Ausgangsausrichtung 6, des Kraftfahrzeugs kann relativ zu der Referenzrichtung 7 durch Angabe eines Gierwinkels beschrieben werden. Für die Ausgangssituation 1 wird die Ausgangsausrichtung 6 also beispielsweise durch die Angabe eines Ausgangsgierwinkels 8 angegeben, welcher eine Abweichung der Ausgangsausrichtung 6 von der Referenzrichtung 7 angibt oder beschreibt.

35

Ausgehend von der Ausgangssituation 1 hat sich das Kraftfahrzeug 3 bewegt, sodass die aktuelle Situation 2 die aktuelle Position des Kraftfahrzeugs 3 darstellt. In der aktuellen Situation 2 ist die aktuelle Position des Kraftfahrzeugs 3 ebenfalls durch die aktuelle Position des Bezugspunktes 5 gegeben.

In der aktuellen Situation 2 ist die aktuelle Position des Bezugspunktes 5 durch die Koordinaten x_{k+1} , y_{k+1} definiert. Zusätzlich zu der Positionsveränderung zwischen der Ausgangssituation 1 und der aktuellen Situation 2 hat bei der entsprechenden Bewegung des Kraftfahrzeugs 3 auch eine Veränderung der Ausrichtung des Kraftfahrzeugs 3 stattgefunden. In der aktuellen Situation 2 weist das Kraftfahrzeug 3 nunmehr eine aktuelle Ausrichtung 9 auf. Die aktuelle Ausrichtung 9 weicht um einen aktuellen Gierwinkel 10 von der Referenzrichtung 7 ab. Im vorliegenden Beispiel ist der aktuelle Gierwinkel 10 größer als der Ausgangsgierwinkel 8, was jedoch lediglich beispielhaft zu verstehen ist und keineswegs allgemein so sein muss.

Für die Bestimmung der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs 3 verarbeitet das Positionsbestimmungssystem 4 von jeweiligen, hier nicht dargestellten, Sensoreinrichtungen des Kraftfahrzeugs 3 bereitgestellte Daten, welche eine jeweilige Radstellung in Umfangsrichtung für die vier Räder angeben.

Mittels einer Berechnungseinrichtung des Positionsbestimmungssystems 4 kann also aus diesen die jeweiligen Radstellungen betreffenden Sensordaten eine jeweilige Radstellungsveränderung der einzelnen Räder bei der Bewegung des Kraftfahrzeugs von der Ausgangsposition in die aktuelle Position bestimmt werden. Für jedes Rad einzeln wird dann die jeweilige Radstellungsveränderung, welche ein Maß für eine von dem Kraftfahrzeug 3 zurückgelegte Wegstrecke ist, in eine Bewegung des Bezugspunktes 5 umgerechnet. Dabei werden ein jeweiliger Radlenkwinkel und jeweilige Hebelarme entsprechend einer Ackermanngeometrie des Kraftfahrzeugs 3 oder einer Ackermannlenkung des Kraftfahrzeugs 3 berücksichtigt. Die hieraus als Ergebnis erhaltenen Bewegungen des Bezugspunktes 5 können sich beispielsweise aufgrund von Messungenauigkeiten und/oder relativ zueinander unterschiedlichen Stellungen der jeweiligen Sensoreinrichtungen oder dergleichen voneinander unterscheiden. Um eine verbesserte Genauigkeit und Auflösung bei der Bestimmung der Positionsveränderung des Kraftfahrzeugs 3 zu erreichen, werden die – vorliegend beispielsweise vier – berechneten Bewegungen des Bezugspunktes 5 gemittelt. Durch die Mittelung ergibt sich eine einzige mittlere Bewegung oder ein einziger gemittelter Bewegungsvektor, welcher einen x- und einen y-Anteil haben kann.

Das Positionsbestimmungssystem 4 oder das Kraftfahrzeug 3 umfasst auch einen Gierratensensor, dessen Messwerte oder Sensordaten die Berechnungseinrichtung ebenfalls verarbeitet. Darüber hinaus wird auch eine Zeit-

spanne Δ_t gemessen, welche für die Bewegung des Kraftfahrzeugs von der Ausgangsposition in die aktuelle Position benötigt wird oder benötigt worden ist. Mit den damit zur Verfügung stehenden Daten wird die aktuelle Position $\mathbf{P}_{k+1} = (x_{k+1}, y_{k+1})$ berechnet als

$$\mathbf{P}_{k+1} = \mathbf{P}_k + \mathbf{s} \cdot \mathbf{R}(\text{yaw}_k + 0,5 \cdot \Delta_t \cdot \text{yawrate})$$

aus der Ausgangsposition $\mathbf{P}_k$, dem mittleren Bewegungsvektor $\mathbf{s}$ und der Rotationsmatrix $\mathbf{R}$, durch welche der mittlere Bewegungsvektor $\mathbf{s}$ hier um den Winkel $(\text{yaw}_k + 0,5 \cdot \Delta_t \cdot \text{yawrate})$ rotiert wird. Darin geben yaw_k die Ausgangsausrichtung 6, Δ_t die bei der Bewegung von der Ausgangsposition in die aktuelle Position verstrichene Zeitspanne und yawrate die Gierrate an. Dabei kann als Gierrate yawrate etwa die in der aktuellen Position zuletzt gemessene Gierrate verwendet werden. Die aktuelle Ausrichtung 9 des Kraftfahrzeugs 3 kann berechnet werden als

$$\text{yaw}_{k+1} = \text{yaw}_k + \text{yawrate} \cdot \Delta_t \quad .$$

Anders als in der Figur dargestellt, können die aktuelle Position und die Ausgangsposition auch wesentlich näher beieinander liegen. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, die jeweils aktuelle Position des Kraftfahrzeugs 3 während eines Betriebs des Kraftfahrzeugs 3 oder zumindest während einer bestimmten Betriebsart, wie beispielsweise während eines Parkmanövers, in regelmäßigen Zeitabständen von beispielsweise 20 ms zu bestimmen.

Insgesamt zeigt das beschriebene Ausführungsbeispiel, wie durch die Erfindung eine aktuelle Position eines Kraftfahrzeugs relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug eingenommenen Ausgangsposition bestimmt werden kann.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Bestimmen einer aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) eines Kraftfahrzeugs (3) relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug (3) eingenommenen Ausgangsposition (x_k, y_k) mit den Verfahrensschritten:
 - Messen einer jeweiligen Radstellungsveränderung in Umfangsrichtung zwischen der Ausgangsposition (x_k, y_k) und der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) des Kraftfahrzeugs (3) für wenigstens zwei Räder des Kraftfahrzeugs (3) mittels einer jeweiligen Sensoreinrichtung,
 - jeweils einzeln Bestimmen eines jeweiligen Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs (3) aus jeder der Radstellungsveränderungen mittels einer Berechnungseinrichtung des Kraftfahrzeugs (3),
 - Mitteln der bestimmten Bewegungsvektoren des Kraftfahrzeugs (3),
 - Bestimmen der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) des Kraftfahrzeugs (3) mittels der Berechnungseinrichtung durch Addition des ausgehend von einer Referenzrichtung (7) um einen jeweiligen Gierwinkel des Kraftfahrzeugs (3) rotierten gemittelten Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs (3) zu der Ausgangsposition (x_k, y_k) , wobei
 - der Gierwinkel unter Verwendung einer von einem Gierratensensor des Kraftfahrzeugs (3) bereitgestellten Gierrate bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Gierwinkel beim Bestimmen der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) der mittlere Gierwinkel des Kraftfahrzeugs (3) zwischen der Ausgangsposition (x_k, y_k) und der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) verwendet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die aktuelle Position $\mathbf{P}_{k+1}(x_{k+1}, y_{k+1})$ berechnet wird als

$$\mathbf{P}_{k+1} = \mathbf{P}_k + \mathbf{s} \cdot \mathbf{R}(\delta) \quad ,$$
 wobei $\mathbf{P}_k$ die Ausgangsposition (x_k, y_k) , $\mathbf{s}$ den gemittelten Bewegungsvektor, $\mathbf{R}(\delta)$ eine Rotationsmatrix um den Winkel $\delta = \text{yaw}_k + 0,5 \cdot \Delta t \cdot \text{yawrate}$ bezeichnen, yawrate die von dem Gierratensensor des Kraftfahrzeugs (3) bereitgestellte Gierrate angibt, und
 - der aktuelle Gierwinkel $(10) \text{ yaw}_{k+1}$ des Kraftfahrzeugs in der aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) berechnet wird aus der Gierrate yawrate und einem in der Ausgangsposition (x_k, y_k) vorliegenden Gierwinkel (8) yaw_k als

$$\text{Yaw}_{k+1} = \text{yaw}_k + \text{yawrate} \cdot \Delta t,$$

wobei Δt die während der Bewegung des Kraftfahrzeugs (3) aus der Ausgangsposition (x_k, y_k) in die aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) verstrichene Zeitspanne angibt.

5

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim jeweiligen Bestimmen des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs (3) aus den einzelnen Radstellungsveränderungen ein jeweiliger Radlenkwinkel und/oder eine Ackermanngeometrie des Kraftfahrzeugs (3) berücksichtigt werden.
10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
15 beim jeweiligen Bestimmen des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs (3) die einzelnen Radstellungsveränderungen in einen jeweiligen Bewegungsvektor eines fahrzeugeigenen Bezugspunktes (5) umgerechnet werden, wobei für alle Radstellungsveränderungen derselbe Bezugspunkt (5) verwendet wird.
20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
25 von dem Gierratensensor wenigstens alle 20 ms, bevorzugt alle 10 ms, ein aktualisierter Wert der Gierrate bereitgestellt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Radstellungsveränderungen für Räder gemessen werden, die entlang einer Längserstreckung des Kraftfahrzeugs (3) voneinander beabstandet angeordnet sind.
8. Positionsbestimmungssystem (4) für ein Kraftfahrzeug (3) zum Bestimmen einer aktuellen Position (x_{k+1}, y_{k+1}) des Kraftfahrzeugs (3) relativ zu einer vorher von dem Kraftfahrzeug (3) eingenommenen Ausgangsposition (x_k, y_k) , wobei das Positionsbestimmungssystem (4) wenigstens
35 zwei Sensoreinrichtungen zum Messen einer jeweiligen Radstellungsveränderung in Umfangsrichtung von wenigstens zwei Rädern, eine Berechnungseinrichtung und einen Gierratensensor umfasst und zum Durchführen eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden An-

sprüche eingerichtet ist.

9. Kraftfahrzeug (3) mit einem Positionsbestimmungssystem (4) nach Anspruch 8.

1/1

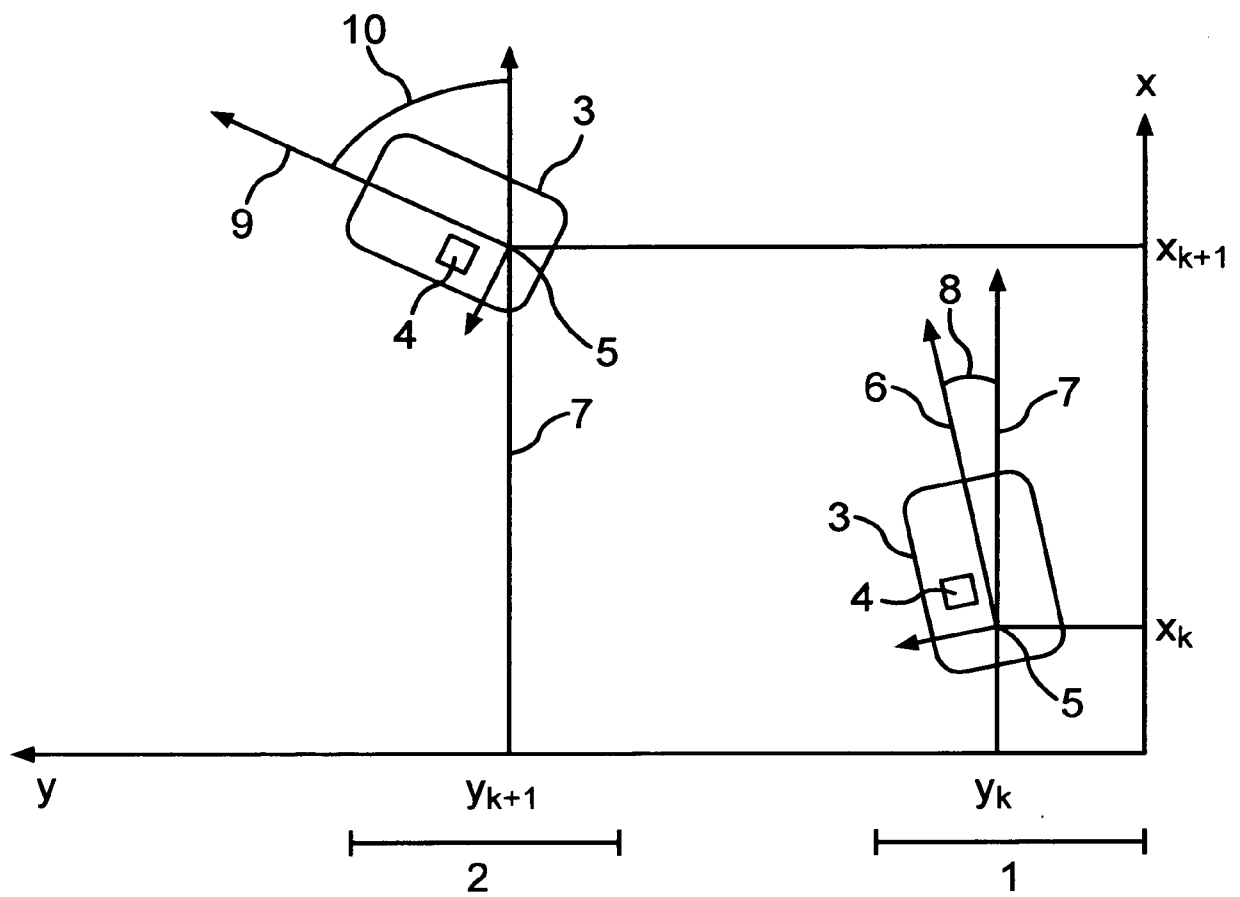


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/078685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01C22/02 G01C21/16 B62D15/02
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)

G01C B60K

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	US 2003/040849 A1 (HATHOUT JEAN-PIERRE [US] ET AL) 27 February 2003 (2003-02-27) paragraphs [0019] - [0022] -----	1-9
A	WO 2016/039411 A1 (AISIN SEIKI [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; DENSO CORP [JP]) 17 March 2016 (2016-03-17) paragraphs [0039], [0040] -----	1-9



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

12 February 2018

Date of mailing of the international search report

19/02/2018

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

Asthalter, Tanja

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/078685

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003040849	A1	27-02-2003	NONE

WO 2016039411	A1	17-03-2016	CN 107074242 A 18-08-2017
			DE 112015004171 T5 01-06-2017
			JP 2016060219 A 25-04-2016
			US 2017261326 A1 14-09-2017
			WO 2016039411 A1 17-03-2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01C22/02 G01C21/16 B62D15/02
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01C B60K

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	US 2003/040849 A1 (HATHOUT JEAN-PIERRE [US] ET AL) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Absätze [0019] - [0022] -----	1-9
A	WO 2016/039411 A1 (AISIN SEIKI [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; DENSO CORP [JP]) 17. März 2016 (2016-03-17) Absätze [0039], [0040] -----	1-9



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

12. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/02/2018

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

Asthalter, Tanja

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/078685

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003040849	A1	27-02-2003	KEINE

WO 2016039411	A1	17-03-2016	CN 107074242 A 18-08-2017
			DE 112015004171 T5 01-06-2017
			JP 2016060219 A 25-04-2016
			US 2017261326 A1 14-09-2017
			WO 2016039411 A1 17-03-2016
