

(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
19. Januar 2017 (19.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/009237 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01C 9/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/066300

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juli 2016 (08.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 111 350.3 14. Juli 2015 (14.07.2015) DE

(71) Anmelder: HELLA KGAA HUECK & CO. [DE/DE];
Rixbecker Straße 75, 59552 Lippstadt (DE).

(72) Erfinder: IRLE, Henning; Weissdornallee 40, 59557
Lippstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ASCERTAINING AN INCLINATION OF A VEHICLE BODY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER NEIGUNG EINER FAHRZEUGKAROSSERIE

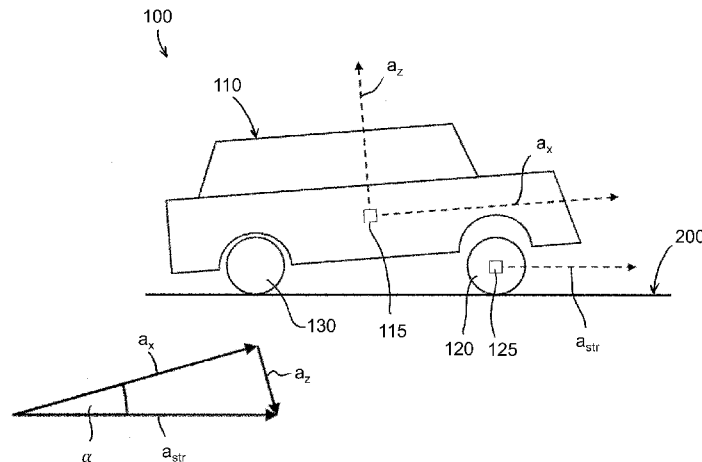
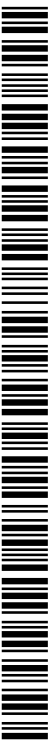


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for ascertaining an inclination (α) of a vehicle body (110) of a vehicle (100) relative to a street (200) by means of a first sensing device (115) provided in a stationary manner with respect to the vehicle component (110), by means of a second sensing device (125) which is assigned to a wheel (120) of the vehicle (100), and by means of a third sensing device. The method has the following steps: the first sensing device (115) is used to ascertain an acceleration (a_x) of the vehicle body (110) in the vehicle longitudinal direction (x), the first sensing device (115) is used to ascertain an acceleration (a_z) of the vehicle (100) in the direction of a vehicle (100) vertical axis (z) which is orthogonal to the vehicle longitudinal direction, the second sensing device (125) is used to ascertain an acceleration (a_{str}) of the vehicle (100) in the direction of the street (200), and the third sensing device is used to ascertain a gravitational acceleration component (g_x) acting in the vehicle longitudinal direction (x) and a gravitational acceleration component (g_z) acting in the vertical axis direction (z) of the vehicle (100) on the basis of the gravitational acceleration (g). The inclination (α) of the vehicle body (110) relative to the street (200) is ascertained using the formula $\alpha = \arcsin(-a_x/R) - \arctan(B/A)$ or a conversion of said calculation into numerical mathematical algorithms, wherein $R = \sqrt{A^2 + B^2}$, $A = g \cdot \cos(\beta)$, $B = g \cdot \sin(\beta) - a_{str}$, and $\beta = -\arcsin\left\{\frac{(a_x^2 + a_z^2 - a_{str}^2 - g^2)}{2 \cdot a_{str} \cdot g}\right\}$.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/009237 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Neigung (α) einer Fahrzeugkarosserie (110) eines Fahrzeugs (100) gegenüber einer Straße (200) mittels eines ortsfest in Bezug zu der Fahrzeugkomponente (110) vorgesehenen ersten Messaufnehmers (115), mittels eines zweiten Messaufnehmers (125), welcher einem Rad (120) des Fahrzeugs (100) zugeordnet ist, und mittels eines dritten Messaufnehmers umfassend die folgenden Schritte: unter Verwendung des ersten Messaufnehmers (115) wird eine Beschleunigung (a_x) der Fahrzeugkarosserie (110) in eine Fahrzeuglängsrichtung (x) ermittelt, unter Verwendung des ersten Messaufnehmers (115) wird eine Beschleunigung (a_z) des Fahrzeugs (100) in Richtung einer zu der Fahrzeuglängsrichtung orthogonalen Hochachse (z) des Fahrzeugs (100) ermittelt, unter Verwendung des zweiten Messaufnehmers (125) wird eine Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) ermittelt und unter Verwendung des dritten Messaufnehmers werden auf Basis der Erdbeschleunigung (g) eine in die Fahrzeuglängsrichtung (x) wirkende Erdbeschleunigungskomponente (g_x) und eine in die Hochachsenrichtung (z) des Fahrzeugs (100) wirkende Erdbeschleunigungskomponente (g_z) ermittelt, wobei die Neigung (α) der Fahrzeugkarosserie (110) gegenüber der Straße (200) durch die Formel $\alpha = \arcsin(-a_x/R) - \arctan(B/A)$ oder eine Umsetzung dieser Berechnung in numerische mathematische Algorithmen ermittelt wird mit $R = \sqrt{A^2 + B^2}$, $A = g \cdot \cos(\beta)$, $B = g \cdot \sin(\beta) - a_{str}$ und $\beta = -\arcsin\{(a_x^2 + a_z^2 - a_{str}^2 - g^2) / (2 \cdot a_{str} \cdot g)\}$.

Verfahren zur Ermittlung einer Neigung einer Fahrzeugkarosserie

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Neigung einer Fahrzeugkarosserie eines Fahrzeugs mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Die Ermittlung der Neigung einer Fahrzeugkarosserie gegenüber der Straße ist für verschiedene Fahrzeugapplikationen und -anwendungen von Interesse. Beispielsweise ist in vielen Fällen gesetzlich vorgeschrieben, Scheinwerfer mit einer Leuchtweitenregulierung auszustatten, um so eine Blendung des Gegenverkehrs zu verhindern und Verkehrsunfälle zu vermeiden. Ebenso werden Informationen zur Neigung der Fahrzeugkarosserie im Rahmen der Fahrwerksdämpfung beziehungsweise der Niveauregulierung verwendet. Dabei ist es bis heute üblich, die Lage der Karosserie zur Straße durch eine Messung einer Einfederung der Fahrzeugfedern an der Hinterachse und der Vorderachse zu bestimmen und aus der Differenz der Messwerte auf die Neigung der Fahrzeugkarosserie zu schließen. In fast allen Fällen wird hierzu ein gestängebehafteter, teilmechanisch wirkender Niveausensor verwendet, welcher benachbart zu den Fahrzeugfedern unter dem Fahrzeug vorgesehen ist.

In der praktischen Verwendung machen die konventionellen Niveausensoren regelmäßig Probleme. Sie unterliegen zum einen aufgrund der ständigen Bewegung des Fahrzeugs einem mechanischen Verschleiß. Zudem ist eine Ankopplung über ein Gestänge kalibrierungsaufwendig und instandhaltungsintensiv. Ferner ist der Verbau unter dem Fahrzeug ungünstig, da die Sensoren nur schwer zugänglich sind. Eine mechanische Beschädigung kann darüber hinaus etwa durch in den Wirkbereich beziehungsweise Bewegungsbereich des Niveausensors eindringendes Astwerk hervorgerufen werden. Es besteht daher allgemein das Bestreben, die Neigung der Fahrzeugkarosserie durch gestängelose Niveausensoren zu ermitteln.

In jüngerer Vergangenheit werden Bestrebungen bekannt, Beschleunigungssensoren zur Bestimmung der Neigung der Fahrzeugkarosserie einzusetzen. Die Neigung wird beispielsweise durch eine zweimalige Integration eines sensorisch erfassten Beschleunigungssignals ermittelt. Ein erster Sensor ist hierbei der Fahrzeugkarosserie und ein zweiter Sensor ist der Radaufhängung zugeordnet. Es ist jedoch so, dass die Integration fehleranfällig ist und eine langzeitstabile Positionserfassung in der Praxis nicht realisierbar scheint. Darüber hinaus müssen aufwendige Verfahren zur Ermittlung beziehungsweise Kompensation eines den Messwert überlagerten Rauschens durchgeführt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es insofern, ein verbessertes Verfahren zur Ermittlung der Neigung der Fahrzeugkarosserie des Fahrzeugs gegenüber der Straße anzugeben.

Zur Lösung der Aufgabe weist die Erfindung die Merkmale des Patentanspruchs 1 auf. Eine analoge numerisch-algorithmische Umsetzung dieser Berechnung kann beispielsweise durch eine Reihenentwicklung der trigonometrischen Größen oder eine numerische Lösung erfolgen.

Der besondere Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Neigung der Karosserie des Fahrzeugs über gestängelose Messaufnehmer erfasst und unter Anwendung trigonometrischer Funktionen bestimmt werden kann. Da auf Integralbildung bei der Bestimmung der Fahrzeugkarosserieneigung verzichtet wird, ist die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens ungleich größer als die Genauigkeit bekannter Verfahren. Darüber hinaus können zur Anwendung des Verfahrens Messwerte über im Fahrzeug ohnehin vorgesehene Sensoren, beispielsweise Beschleunigungssensoren des elektronischen Stabilitätsprogramms (ESP), verwendet werden. Auf zusätzliche Sensoren kann insofern verzichtet werden mit der Folge, dass die Kosten und der Verkabelungsaufwand reduziert werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Neigung der Fahrzeugkarosserie besonders präzise bestimmt beziehungsweise korrigiert, indem zu-

sätzlich zu der Ermittlung der Beschleunigung in die Fahrzeuginnenrichtung und die Hochachsenrichtung des Fahrzeugs eine Beschleunigung in eine Fahrzeugquerrichtung, das heißt orthogonal zur Fahrzeuginnenrichtung und zur Hochachsenrichtung bestimmt wird. Die in die Fahrzeugquerrichtung bestimmte Beschleunigung wird insbesondere während einer Kurvenfahrt oder eines Lenkmanövers zur präzisen Bestimmung der Neigung der Fahrzeugkarosserie gegenüber der Straße in einer durch die Fahrzeuginnenrichtung und die Hochachsenrichtung definierten primären Messebene verwendet.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung kann eine weitere Korrektur der Neigung der Fahrzeugkarosserie gegenüber der Straße erfolgen, indem ein Schlupfwert für das mit dem zweiten Messaufnehmer ausgestattete Rad bestimmt und dazu verwendet wird, beim Auftreten eines Schlupfs an dem Rad den Wert für die Beschleunigung des Fahrzeugs in Richtung der Straße zu korrigieren. Ebenso kann der Wert für die Beschleunigung des Fahrzeugs in Richtung der Straße korrigiert werden, wenn eine Veränderung eines Durchmessers des den zweiten Messaufnehmer aufweisenden Rads festgestellt wird. Die Durchmesseränderung kann beispielsweise über einen an dem Rad vorgesehenen Reifendrucksensor bestimmt werden. Jeweils verbessert sich durch das Verarbeiten der weiteren Messwerte die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der Neigung der Fahrzeugkarosserie gegenüber der Straße.

Weiter kann vorgesehen sein, dass insbesondere für die Bestimmung der Neigung verwendete Beschleunigungswerte einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Insbesondere können zur Kontrolle des in Richtung der Straße bestimmten Beschleunigungswerts für das Fahrzeug beziehungsweise zur Kontrolle des Durchmessers des Rads über ein Satellitennavigationssystem, beispielsweise ein GPS-System, zur Verfügung gestellte Informationen, insbesondere eine Information über die gefahrene Distanz beziehungsweise die Fahrgeschwindigkeit, herangezogen werden. Ebenso kann vorgesehen sein, dass jedenfalls bei vernetzten Fahrzeugen mit einer Fahrzeug zu Fahrzeug-Kommunikationsinfrastruktur ein Vergleich der bestimmten Beschleunigung mit den für ein vorausfahrendes oder nachfolgendes Fahrzeug bestimmten Messwer-

ten in Bezug auf die Beschleunigung oder Geschwindigkeit und den Abstand zwischen den Fahrzeugen präzisiert wird.

Eine weitere Verbesserung der Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens kann erreicht werden, indem an dem Fahrzeug mehr als ein zweiter Messaufnehmer vorgesehen wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass zwei oder mehr Räder des Fahrzeugs mit einem eigenen zweiten Messaufnehmer ausgestattet sind. Jeweils wird über die Messaufnehmer ein Beschleunigungswert für das Fahrzeug in Richtung der Straße ermittelt. Indem zwei oder mehr unabhängig bestimmte Beschleunigungswerte vorliegen, kann ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienender Beschleunigungswert beispielsweise durch eine geeignete Mittelung oder Kumulation der einzelnen Messwerte bestimmt werden. Darüber hinaus können Messwertausreißer identifiziert werden.

Erfindungsgemäß kann der der Fahrzeugkarosserie zugeordnete erste Messaufnehmer unmittelbar der Fahrzeugkarosserie selbst oder einer anderen Fahrzeugkomponenten zugeordnet sein, welche starr oder annähernd starr mit der Fahrzeugkarosserie verbunden ist und insofern in gleicher Weise geneigt beziehungsweise beschleunigt wird wie die Fahrzeugkarosserie. Der dem Rad zugeordnete zweite Beschleunigungssensor kann im Bereich des Rads selbst oder der dem Rad zugeordneten Radaufhängung montiert werden.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird mittels des ersten Messaufnehmers, welcher der Fahrzeugkarosserie zugeordnet ist und welcher zur Bestimmung der Beschleunigung der Fahrzeugkarosserie in die Fahrzeuglängsrichtung beziehungsweise in die Hochachsenrichtung dient, Beschleunigungsmessungen unmittelbar in die Fahrzeuglängsrichtung selbst durchführen oder in eine um $45^\circ \pm 15^\circ$ zur Fahrzeuglängsrichtung geneigte Hauptmessrichtung. Beim Durchführen der Messung in die Fahrzeuglängsrichtung ist insbesondere die Messwertnachverarbeitung einfach gestaltet. Bei einer Durchführung der Messung in eine geneigt zur Fahrzeuglängsrichtung vorgesehene Hauptmessrichtung vereinfacht sich die Kalibrierung der Messaufnehmer und die Sensitivität der Messung kann verbessert werden.

Der für die antreibenden Räder bestimmte Schlupf kann insbesondere modellbasiert bestimmt beziehungsweise kompensiert werden. Zur Bestimmung des Schlupfs können die für das ESP-System vorgesehenen Sensoren verwendet werden.

Aus den weiteren Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung sind weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung zu entnehmen. Dort erwähnte Merkmale können jeweils einzeln für sich oder auch in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Die Zeichnungen dienen lediglich beispielhaft der Klarstellung der Erfindung und haben keinen einschränkenden Charakter.

Anhand der beigefügten Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Fahrzeug auf einer Straße in einem ersten Betriebszustand,

Fig. 2 das Fahrzeug nach Fig. 1 auf der Straße in einem zweiten Betriebszustand,

Fig. 3 das Fahrzeug nach Fig. 1 auf der Straße in einem dritten Betriebszustand und

Fig. 4 eine Vektorgrafik zur Visualisierung der Messdaten und der geometrischen Abhängigkeiten für den dritten Betriebszustand nach Fig. 3.

Ein Fahrzeug 100 fährt in einem ersten Betriebszustand nach Fig. 1 auf einer Straße 200, welche eben und gegen den Horizont nicht geneigt angeordnet ist. An dem Fahrzeug 100 ist ein erster Messaufnehmer 115 vorgesehen, welcher einer Fahrzeugkarosserie 110 des Fahrzeugs 100 zugeordnet ist. Der erste Messaufnehmer 115 ist exemplarisch nach Art eines 2-Achsen-Beschleunigungssensors zur Ermittlung einer Beschleunigung a_x des Fahrzeugs 100 in eine Fahrzeuglängsrichtung x und einer

zweiten, orthogonal zur Beschleunigung a_x des Fahrzeugs 100 orientierten Beschleunigung a_z in Richtung einer Hochachse z des Fahrzeugs 100 ausgebildet.

Ferner ist einem Rad 120 des Fahrzeugs 100 ein zweiter Messaufnehmer 125 zugeordnet. Der zweite Messaufnehmer 125 ist beispielsweise als Raddrehzahl- oder ein Winkelgeschwindigkeitssensor realisiert. Durch Differentiation des Signals des Winkelgeschwindigkeitssensors (zweiter Messaufnehmer 125) kann unmittelbar eine Beschleunigung a_{str} des Fahrzeugs 100 in Richtung der Straße 200 bestimmt werden.

Für den ersten Betriebszustand soll angenommen werden, dass das Fahrzeug 100 unbeladen ist und die Fahrzeugkarosserie 110 nicht gegen die Straße 200 geneigt ist. Ebenfalls wird im ersten Modellierungsschritt die Erdbeschleunigung g nicht berücksichtigt. Dann folgt für die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 in die Fahrzeuglängsrichtung x und die Hochachsenrichtung z :

$$(1) \quad a_x = a_{str} \text{ und}$$

$$(2) \quad a_z = 0$$

mit $a_{str} = \Delta\omega/\Delta t$ und ω als Winkelgeschwindigkeit des Rads 120. Die Winkelgeschwindigkeit ω des Rads 120 ist unmittelbar proportional zur Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100.

Beispielsweise kann vorgesehen werden, dass die Beschleunigung a_{str} des Fahrzeugs 100 in Richtung der Straße 200 nicht allein durch den zweiten Messaufnehmer 125 bestimmt wird, der an dem Rad 120 des Fahrzeugs 100 vorgesehen ist. Es kann beispielsweise ein Mittelwert aus zwei oder vier zur Verfügung stehenden Winkelgeschwindigkeitssensoren 125 bestimmt werden, um die Fahrzeugbeschleunigung a_{str} des Fahrzeugs 100 in Richtung der Straße 200 möglichst exakt zu bestimmen. Weichen Messsignale der vier Sensoren 125 zu stark voneinander ab, können Ausreißerfilter vorgesehen werden. Gleiches gilt, wenn die ermittelte Winkelgeschwindigkeit ω nicht zu einem optional zusätzlich ermittelten Wert eines weiteren Beschleunigungs-

sensors passt. Es kann ferner vorgesehen werden, dass ein Radschlupf über einen modellbasierten Algorithmus bestimmt und kompensiert wird. Ebenfalls kann über eine Messung beziehungsweise eine indirekte Reifendruckbestimmung ein Durchmesser des Rads 120 bestimmt und Durchmesseränderungen bei der Ermittlung der Beschleunigung a_{str} des Fahrzeugs 100 in Richtung der Straße 200 berücksichtigt werden.

Anzumerken ist, dass der vorgestellte Algorithmus insbesondere dann zuverlässig funktioniert, wenn regelmäßige Brems- beziehungsweise Beschleunigungsvorgänge durchgeführt werden. Insbesondere bei einer Anwendung des Algorithmus im Bereich der dynamischen Leuchtweitenregelung ist hiervon auszugehen.

In einem zweiten Schritt der Modellbildung soll angenommen werden, dass die Karosserie 110 des Fahrzeugs 100 insbesondere beispielsweise einer Beladung eine Neigung α gegenüber der weiterhin horizontal erstreckten Straße 200 aufweist. Es gilt dann, wie in Fig. 2 dargelegt, für die Beschleunigung a_x des Fahrzeugs 100 in eine Fahrzeuglängsrichtung x

$$(3) \quad a_x = a_{str} \cdot \cos(\alpha)$$

und für die Beschleunigung des Fahrzeugs 100 in die Hochachsenrichtung z

$$(4) \quad a_z = a_{str} \cdot \sin(\alpha).$$

Es wird an dieser Stelle deutlich, dass auf Basis der messtechnisch bestimmten Beschleunigungswerte a_x , a_z , a_{str} die Neigung α der Fahrzeugkarosserie 110 zur Straße 200 bestimmt werden kann.

Im nächsten Modellbildungsschritt nach Fig. 3 wird nun zusätzlich vorgesehen, dass die Straße 200 gegenüber dem Horizont um einen Winkel β geneigt ist und dass die Erdbeschleunigung g auf die Messaufnehmer 115, 125 wirkt.

Für die in die Fahrzeuginnenrichtung x und in die Hochachsenrichtung z des Fahrzeugs 100 wirkenden Komponenten der Erdbeschleunigung g gilt:

$$(5) \quad g_x = g \cdot \sin(\gamma) \text{ und}$$

$$(6) \quad g_z = g \cdot \cos(\gamma)$$

mit $\gamma = (\alpha + \beta)$.

Die Beschleunigungswerte a_x , a_z des Fahrzeugs 100 in die Fahrzeuginnenrichtung x und in die Hochachsenrichtung y bestimmen sich dann wie folgt:

$$(7) \quad a_x = a_{str} \cdot \cos(\alpha) - g_x \text{ und}$$

$$(8) \quad a_z = a_{str} \cdot \sin(\alpha) + g_z.$$

Das vollständige Vektordiagramm nach Fig. 4 zeigt die auf das Fahrzeug 100 wirkenden Beschleunigungen und die geometrische Orientierung im Detail. Berücksichtigt man die Beschleunigungsterme nach den Gleichungen (5) und (6) und quadriert man die Gleichungen (7) und (8), ergibt sich

$$(9) \quad a_x^2 = a_{str}^2 \cdot \cos^2(\alpha) - 2 \cdot a_{str} \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\gamma) + g^2 \cdot \sin^2(\gamma) \text{ und}$$

$$(10) \quad a_z^2 = a_{str}^2 \cdot \sin^2(\alpha) + 2 \cdot a_{str} \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\gamma) + g^2 \cdot \cos^2(\gamma).$$

Aus der Addition der beiden Gleichungen folgt mit $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

$$(11) \quad a_x^2 + a_z^2 = a_{str}^2 + g^2 + 2 \cdot a_{str} \cdot g \cdot [\sin(\alpha) \cdot \cos(\gamma) - \cos(\alpha) \cdot \sin(\gamma)].$$

und $\sin(C - D) = \sin(C) \cdot \cos(D) - \cos(C) \cdot \sin(D)$ weiter

$$(12) \quad \sin(\alpha - \gamma) = -\sin(\beta) = \frac{(a_x^2 + a_z^2 - a_{str}^2 - g^2)}{2 \cdot a_{str} \cdot g}.$$

Für den Winkel β der Straße 200 zum Horizont folgt daraus

$$(13) \quad \beta = -\arcsin\left\{\frac{(a_x^2 + a_z^2 - a_{str}^2 - g^2)}{2 \cdot a_{str} \cdot g}\right\}.$$

Über Gleichung (13) kann somit die unbekannte Orientierung der Straße 200 zum Horizont bestimmt werden, da alle anderen Terme entweder konstant sind oder auf Basis der Messung bestimmt werden können.

Weiter gilt für die Neigung α des Fahrzeugs 100 zur Straße 200:

$$(13) \quad a_{x1} = a_{str} \cdot \cos(\alpha).$$

Mit $a_{x1} = a_x + g_x$, $\gamma = \alpha + \beta$ und $g_x = g \cdot \sin(\gamma)$ folgt dann

$$(14) \quad a_x + g \cdot \sin(\alpha + \beta) = a_{str} \cdot \cos(\alpha).$$

Weiter gilt nach dem trigonometrischen Additionstheorem

$$(15) \quad a_x + g \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) + g \cdot \cos(\alpha) \sin(\beta) = a_{str} \cdot \cos(\alpha).$$

beziehungsweise

$$(16) \quad a_x + g \cdot \cos(\beta) \cdot \sin(\alpha) = [a_{str} - g \cdot \sin(\beta)] \cdot \cos(\alpha).$$

Mit $A = g \cdot \cos(\beta)$ und $B = g \cdot \sin(\beta) - a_{str}$ folgt

$$(17) \quad A \cdot \sin(\alpha) + B \cdot \cos(\alpha) = -a_x.$$

Mit $R = \sqrt{(A^2 + B^2)}$ und $\varphi = \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$ folgt

$$(18) \quad \alpha + \varphi = \arcsin\left(\frac{-a_x}{R}\right) \text{ beziehungsweise}$$

$$(19) \quad \alpha = \arcsin\left(\frac{-a_x}{R}\right) - \arctan\left(\frac{B}{A}\right).$$

Es ist somit gelungen, allein durch trigonometrische Überlegungen und unter Verzicht auf eine fehleranfällige Integrationsrechnung die Neigung α und den Winkel β der Straße 200 zum Horizont geschlossen analytisch zu bestimmen. Die hierfür notwendige Rechenleistung ist mit handelsüblichen Mikroprozessoren heute keine große Herausforderung mehr.

Bezugszeichenliste

100	Fahrzeug
110	Fahrzeugkarosserie
115	erster Messaufnehmer
120	Rad
125	zweiter Messaufnehmer
130	Rad
200	Straße
x	Fahrzeuginnenrichtung
y	Fahrzeugquerrichtung
z	Hochachsenrichtung
α	Neigung
β	Winkel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer Neigung (α) einer Fahrzeugkarosserie (110) eines Fahrzeugs (100) gegenüber einer Straße (200) mittels eines ortsfest in Bezug zu der Fahrzeugkomponente (110) vorgesehenen ersten Messaufnehmers (115), mittels eines zweiten Messaufnehmers (125), welcher einem Rad (120) des Fahrzeugs (100) zugeordnet ist, und mittels eines dritten Messaufnehmers umfassend die folgenden Schritte:
 - unter Verwendung des ersten Messaufnehmers (115) wird eine Beschleunigung (a_x) der Fahrzeugkarosserie (110) in eine Fahrzeuglängsrichtung (x) ermittelt,
 - unter Verwendung des ersten Messaufnehmers (115) wird eine Beschleunigung (a_z) des Fahrzeugs (100) in Richtung einer zu der Fahrzeuglängsrichtung orthogonalen Hochachse (z) des Fahrzeugs (100) ermittelt,
 - unter Verwendung des zweiten Messaufnehmers (125) wird eine Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) ermittelt und
 - es werden ein auf Basis der Erdbeschleunigung (g) in die Fahrzeuglängsrichtung (x) wirkende Erdbeschleunigungskomponente (g_x) und eine in die Hochachsenrichtung (z) des Fahrzeugs (100) wirkende Erdbeschleunigungskomponente (g_z) ermittelt,
- dadurch gekennzeichnet, dass die Neigung (α) der Fahrzeugkarosserie (110) gegenüber der Straße (200) durch die Formel

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{-a_x}{R}\right) - \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$$

oder eine Umsetzung dieser Berechnung in numerische mathematische Algorithmen ermittelt wird mit

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(A^2 + B^2)}, \\ A &= g \cdot \cos(\beta), \\ B &= g \cdot \sin(\beta) - a_{str} \text{ und} \\ \beta &= -\arcsin\left\{\frac{(a_x^2 + a_z^2 - a_{str}^2 - g^2)}{2 \cdot a_{str} \cdot g}\right\}. \end{aligned}$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beschleunigung (a_y) in eine zu der Fahrzeuglängsrichtung (x) und der Hochachsenrichtung (z) orthogonalen Fahrzeugquerrichtung (y) bestimmt wird und dass der in die Fahrzeugquerrichtung (y) bestimmte Beschleunigungswert (a_y) jedenfalls in ausgewählten Betriebszuständen des Fahrzeugs (100) zu einer Korrektur der Neigung (α) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Korrektur der Neigung (α) der Fahrzeugkarosserie (110) ein Schlupfwert für das den zweiten Messaufnehmer (125) aufweisende Rad (120) bestimmt wird, wobei anhand des Schlupfwerts die Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) beim Auftreten eines Schlupfs an dem Rad (120) korrigiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) an mehr als einem Rad (120, 130) durch mehr als einen zweiten Messaufnehmer (125) bestimmt wird, wobei die Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) über die Mehrzahl der vorgesehenen zweiten Messaufnehmer (125) gemittelt und/oder gewichtet bestimmt wird

und/oder wobei Messausreißer durch Vergleich der Messwerte der Mehrzahl der zweiten Messaufnehmer (125) gefiltert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass Messwerte eines an dem Rad (120) mit dem zweiten Messaufnehmer (125) vorgesehenen Reifendrucksensors verwendet werden, um den Durchmesser des Rads (120) jedenfalls im Zeitpunkt der Messung der Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) zu bestimmen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) ermittelt wird, indem mittels des zweiten Messaufnehmers eine Winkelgeschwindigkeit (ω) ermittelt wird und dass dann durch Differentiation der Winkelgeschwindigkeit (ω) die Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kontrolle der Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) und/oder zur Kontrolle des Durchmessers des den zweiten Messaufnehmer (125) aufweisenden Rads (120) Informationen eines Satellitennavigationssystem ausgewertet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem ersten Messaufnehmer (115) zur Bestimmung der Beschleunigung (a_x) der Fahrzeugkarosserie (110) in die Fahrzeuglängsrichtung (x) und/oder zur Bestimmung der Beschleunigung (a_z) in die Hochachsenrichtung (z) eine Messung und bevorzugt eine Beschleunigungsmessung in die Fahrzeuglängsrichtung (x) und/oder eine um $45^\circ \pm 15^\circ$ zur Fahrzeuglängsrichtung (x) geneigten Hauptmessrichtung durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kontrolle der Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der

Straße (200) ein Vergleich mit einem Beschleunigungswert eines vorausfahrenden Fahrzeugs und/oder eines nachfolgenden Fahrzeugs und/oder einem Abstandswert des Fahrzeugs (100) zu dem vorausfahrenden Fahrzeug und/oder dem nachfolgenden Fahrzeug durchgeführt wird und/oder dass die Kontrolle der Beschleunigung (a_{str}) des Fahrzeugs (100) in Richtung der Straße (200) vorgenommen wird durch einen Vergleich der Geschwindigkeitswerte des Fahrzeugs (100) einerseits und des vorausfahrenden Fahrzeugs oder nachfolgenden Fahrzeugs andererseits.

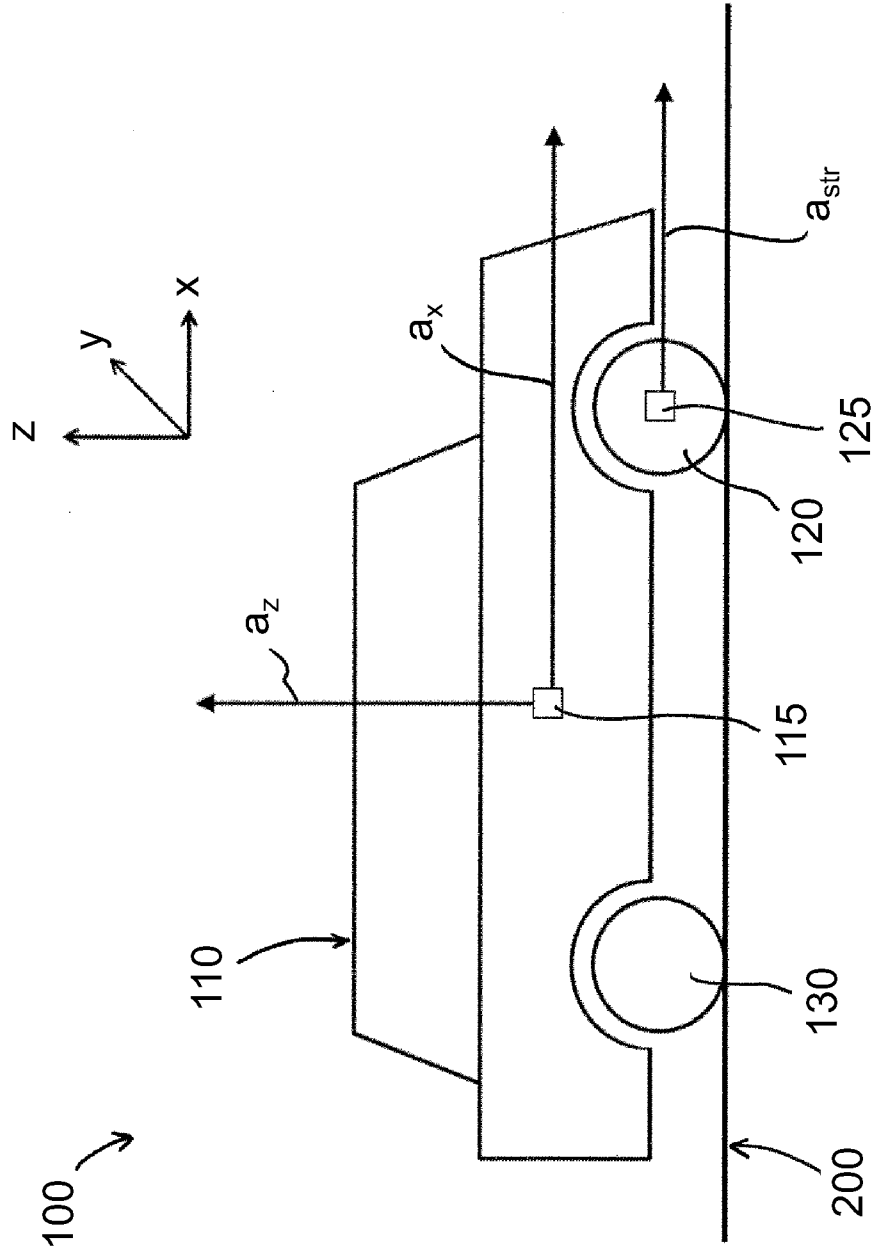


Fig. 1

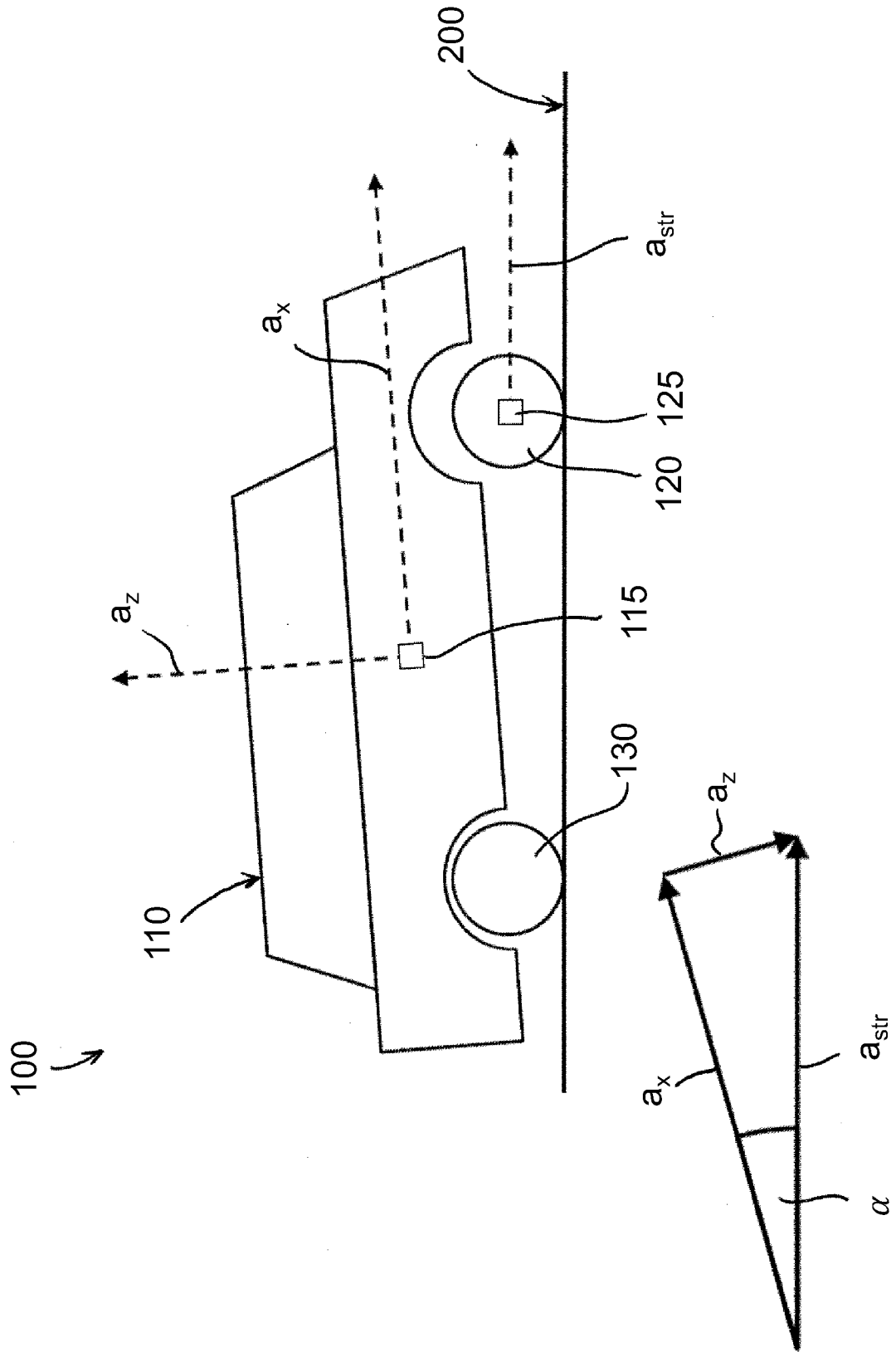


Fig. 2

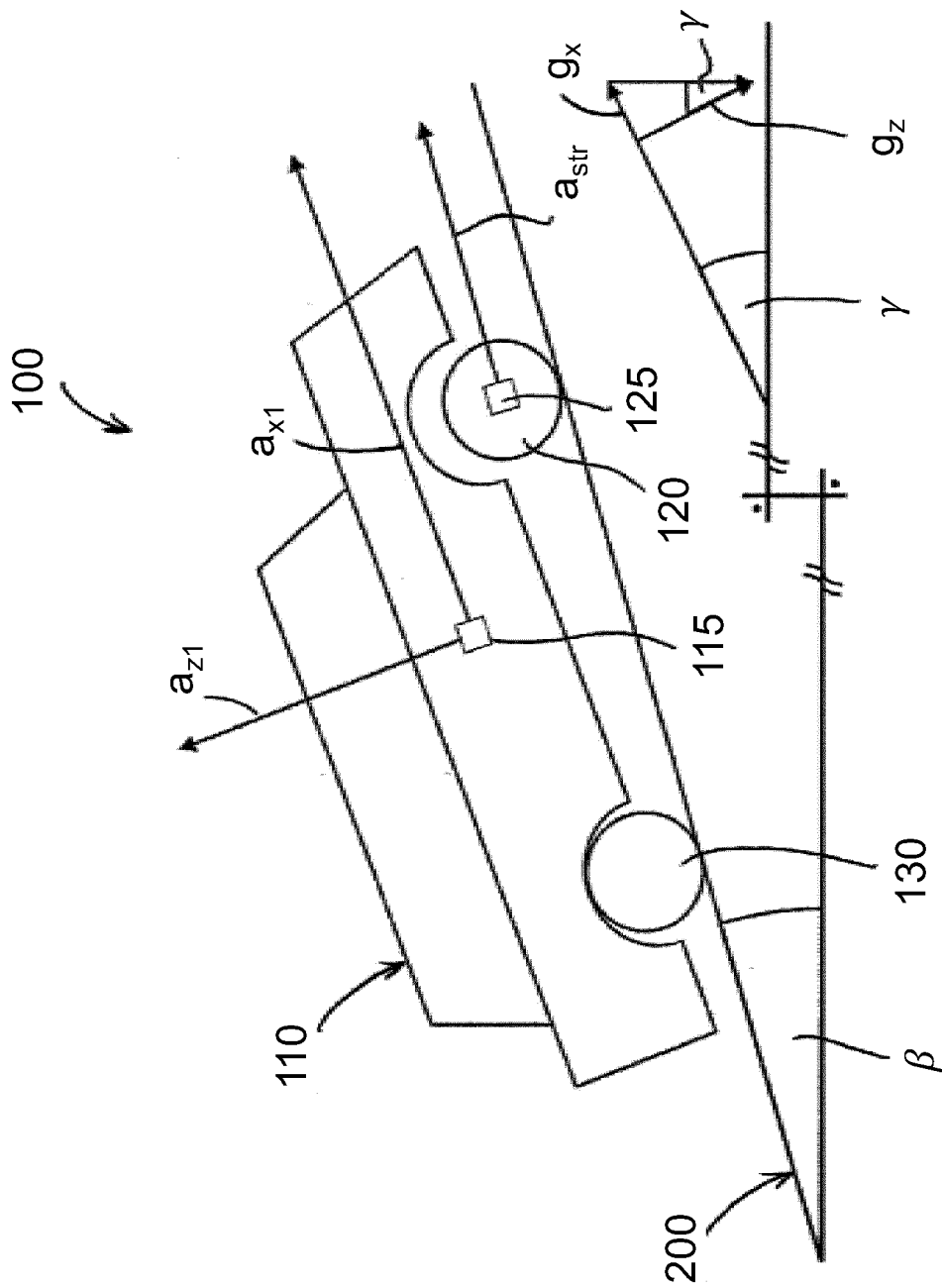


Fig. 3

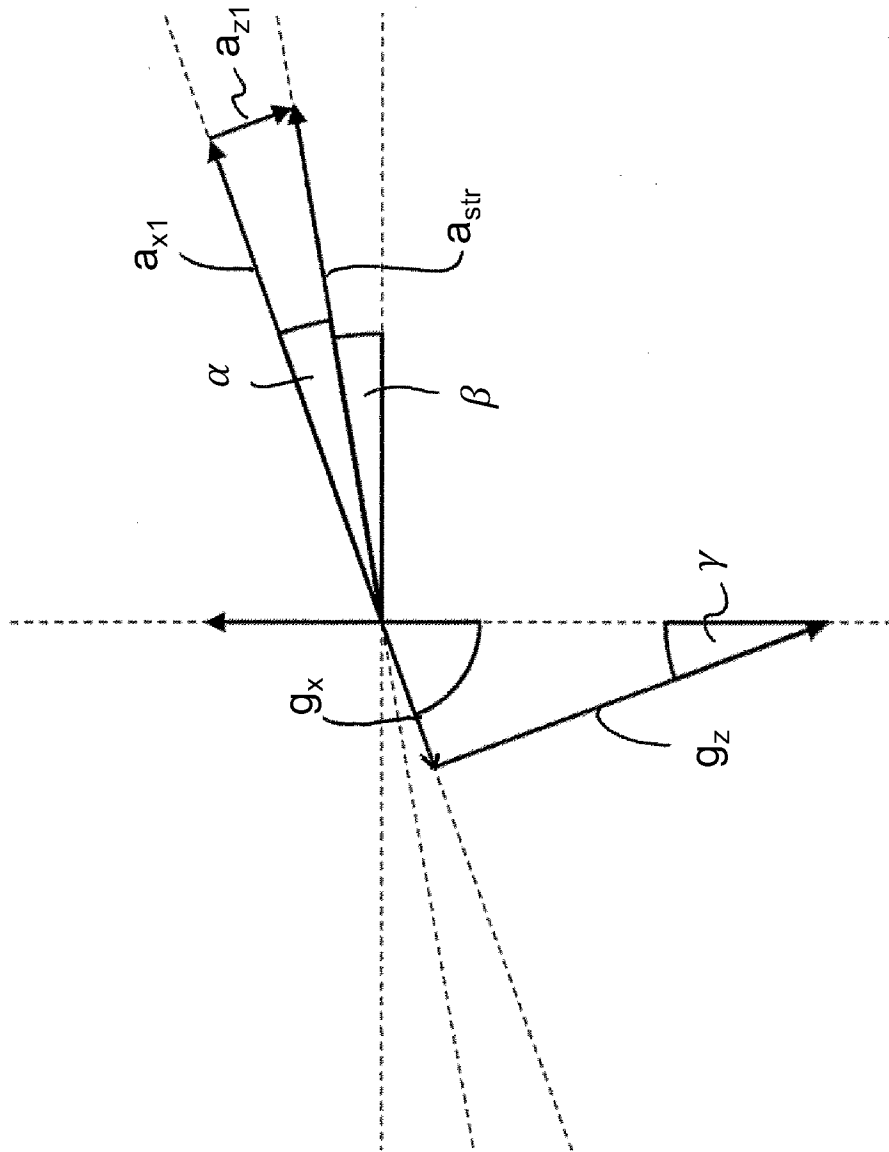


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066300

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01C9/02
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

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 2015/088455 A1 (YAMASHITA TOSHIYUKI [JP]) 26 March 2015 (2015-03-26)	1,3,6-9
Y	paragraphs [0026] - [0065]; figures 1-6	2,4,5
Y	US 2005/085950 A1 (ALTENKIRCH MANFRED [DE]) 21 April 2005 (2005-04-21)	2,4
	paragraphs [0019], [0036], [0034]	
Y	DE 102 48 432 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29 April 2004 (2004-04-29)	4
	paragraphs [0019] - [0020]	
Y	JP 2002 162225 A (TOYOTA MOTOR CORP; AISIN SEIKI) 7 June 2002 (2002-06-07)	2
	abstract	
Y	DE 10 2005 050206 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 26 April 2007 (2007-04-26)	5
	abstract	

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 11 October 2016	Date of mailing of the international search report 18/10/2016
--	--

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 van Doornum, A
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/066300

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2015088455	A1	26-03-2015	DE 112012006760 T5	20-08-2015
			JP 5931198 B2	08-06-2016
			JP W02014020647 A1	11-07-2016
			US 2015088455 A1	26-03-2015
			WO 2014020647 A1	06-02-2014
US 2005085950	A1	21-04-2005	DE 10154341 A1	15-05-2003
			EP 1444483 A1	11-08-2004
			US 2005085950 A1	21-04-2005
			WO 03040652 A1	15-05-2003
DE 10248432	A1	29-04-2004	NONE	
JP 2002162225	A	07-06-2002	JP 3662187 B2	22-06-2005
			JP 2002162225 A	07-06-2002
DE 102005050206	A1	26-04-2007	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01C9/02
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01C

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 2015/088455 A1 (YAMASHITA TOSHIYUKI [JP]) 26. März 2015 (2015-03-26)	1,3,6-9
Y	Absätze [0026] - [0065]; Abbildungen 1-6	2,4,5
Y	US 2005/085950 A1 (ALTENKIRCH MANFRED [DE]) 21. April 2005 (2005-04-21)	2,4
	Absätze [0019], [0036], [0034]	
Y	DE 102 48 432 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 29. April 2004 (2004-04-29)	4
	Absätze [0019] - [0020]	
Y	JP 2002 162225 A (TOYOTA MOTOR CORP; AISIN SEIKI) 7. Juni 2002 (2002-06-07)	2
	Zusammenfassung	
Y	DE 10 2005 050206 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 26. April 2007 (2007-04-26)	5
	Zusammenfassung	



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

11. Oktober 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/10/2016

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

van Doornum, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/066300

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015088455 A1	26-03-2015	DE 112012006760 T5	20-08-2015
		JP 5931198 B2	08-06-2016
		JP W02014020647 A1	11-07-2016
		US 2015088455 A1	26-03-2015
		WO 2014020647 A1	06-02-2014

US 2005085950 A1	21-04-2005	DE 10154341 A1	15-05-2003
		EP 1444483 A1	11-08-2004
		US 2005085950 A1	21-04-2005
		WO 03040652 A1	15-05-2003

DE 10248432 A1	29-04-2004	KEINE	

JP 2002162225 A	07-06-2002	JP 3662187 B2	22-06-2005
		JP 2002162225 A	07-06-2002

DE 102005050206 A1	26-04-2007	KEINE	
