

(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  
 26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/094934 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
**B60T 8/1755** (2006.01) **B60W 40/072** (2012.01)  
**B60W 30/02** (2012.01) **B60W 30/04** (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/003287
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
 31. Oktober 2013 (31.10.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
 10 2012 024 970.5  
 20. Dezember 2012 (20.12.2012) DE
- (71) **Anmelder:** DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstrasse  
 137, 70327 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder:** AMMON, Dieter; Hohebenheimer Strasse 96,  
 71686 Remseck (DE). HAINBUCH, Claus-Michael;  
 Nelkenstrasse 17/1, 71384 Weinstadt (DE). RAU,  
 Magnus; Veilchenweg 27, 73230 Kirchheim unter Teck  
 (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, LT, LU, LY, MA, MD,  
 ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
 NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,  
 RW, 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, SZ,  
 TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
 RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
 CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
 LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,  
 SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
 GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR DETERMINING A TARGET CURVE INCLINE OF A MOTOR VEHICLE DURING TRAVELING OF A CURVED ROADWAY SECTION

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINER SOLL-KURVENNEIGUNG EINES KRAFTFAHRZEUGS BEIM BEFAHREN EINES KURVENFÖRMIGEN FAHRBAHNABSCHNITTS

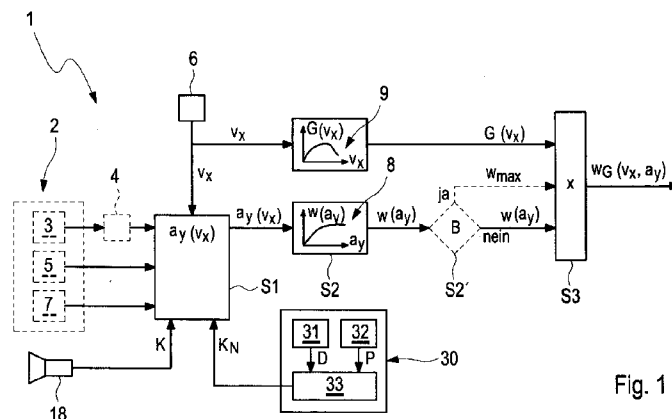


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method (1) for determining a target curve incline ( $w_G(v_x)$ ) of a motor vehicle (10) during traveling of a curved roadway section (20), comprising the following steps: a) determining a momentary transverse acceleration ( $a_y$ ) of the motor vehicle in dependence on a momentary velocity ( $v_x$ ) of the motor vehicle and a momentary roadway curvature ( $K$ ) of the curved roadway section (20), determined by means of an optical detection system (2), b) calculating a momentary target curve incline  $w(a_y)$  for the motor vehicle from the momentary transverse acceleration ( $a_y$ ) determined in step a), c) calculating a modified momentary target curve incline  $w_G(a_y, v_x)$  by weighting the target curve incline calculated in step b) by means of a velocity-dependent target curve incline weighting factor ( $G$ ), wherein the momentary roadway curvature ( $K$ ) according to step a) is determined using a vehicle navigation system of the motor vehicle.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/094934 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren (1) zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung ( $w_G(v_x)$ ) eines Kraftfahrzeugs (10) beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts (20), umfassend die folgenden Schritte: a) Bestimmen einer momentanen Querschleunigung ( $a_y$ ) des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer momentanen Geschwindigkeit ( $v_x$ ) des Kraftfahrzeugs und einer mittels eines optischen Detektionssystems (2) bestimmten momentanen Fahrbahnkrümmung ( $K$ ) des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts (20), b) Berechnen einer momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  für das Kraftfahrzeug aus der in Schritt a) bestimmten momentanen Querschleunigung ( $a_y$ ), c) Berechnen einer modifizierten momentanen Soll-Kurvenneigung  $w_G(a_y, v_x)$  durch Gewichtung der in Schritt b) berechneten Soll-Kurvenneigung mit einem geschwindigkeitsabhängigen Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor ( $G$ ), wobei das Bestimmen der momentanen Fahrbahnkrümmung ( $K$ ) gemäss Schritt a) unter Verwendung eines Fahrzeug-Navigationssystems des Kraftfahrzeugs erfolgt.

## Verfahren zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung eines Kraftfahrzeugs beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung eines Kraftfahrzeugs beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts sowie eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Kurvenneigung eines Kraftfahrzeugs beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts. Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Vorrichtung.

Unter dem Begriff „Active Body Control (ABC)“ sind elektro-hydraulisch aktive Fahrwerkssysteme bekannt, welche neben einer herkömmlichen Federungs- und Dämpfungsfunktion auch die Möglichkeit des gezielten Einstellens von Nick- und Wankwinkeln erlauben. Als Wanken bezeichnet man dabei eine Drehbewegung eines Kraftfahrzeugs um seine Längsachse. Eine solche Wankbewegung kann sich beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts durch das Kraftfahrzeug ergeben, wenn sich das Kraftfahrzeug aufgrund der auftretenden Fliehkräfte um einen bestimmten Wankwinkel nach außen neigt. Der sich dabei einstellende Wankwinkel hängt von einer Querschleunigung des Kraftfahrzeugs, dessen Schwerpunkthöhe, dem Fahrwerksaufbau des Kraftfahrzeugs sowie von dessen Geschwindigkeit ab.

Die beim Befahren des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts auftretenden Zentrifugalkräfte werden von Insassen des Kraftfahrzeugs häufig als unangenehm empfunden und können daher zu einer erheblichen Reduzierung des Fahrkomforts führen. Eine Möglichkeit, die komfort-mindernde Wirkung von solchen unerwünschten Querkräften auf die Insassen des Kraftfahrzeugs zu reduzieren, besteht darin, in dem Kraftfahrzeug mittels „Active Body Control (ABC)“ eine Neigetechnik zu realisieren, wie sie schon seit geraumer Zeit bei Schienenfahrzeugen zum Einsatz kommt. Durch Verwendung einer derartigen Neigetechnik ist es möglich, dass sich das Kraft- bzw. Schienenfahrzeug beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahn- bzw. Schienenabschnitts nicht fliehkraftbedingt nach außen, sondern durch entsprechende Ansteuerung eines Fahrwerks des Kraftfahrzeugs

in die entgegengesetzte Richtung, also nach innen, neigt. Hierzu kann das Fahrwerk mit geeigneten Aktoren, beispielsweise in der Art von höhenverstellbaren Federbeinen, versehen sein, welche den Fahrzeugrahmen jeweils mit den Rädern des Kraftfahrzeugs höhenverstellbar verbinden, so dass ein bestimmter Wankwinkel des Kraftfahrzeugs eingestellt werden kann.

Da die beim Befahren des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts auftretenden Fliehkräfte von verschiedenen Faktoren wie z.B. einer Fahrbahnkrümmung des Fahrbahnabschnitts oder der momentanen Geschwindigkeit abhängen, muss auch der im Sinne einer Neigetechnik an dem Fahrwerk des Kraftfahrzeugs einzustellende Wankwinkel in Abhängigkeit von diesen Parametern bestimmt werden, um bei den Insassen des Kraftfahrzeugs einen möglichst hohen Fahrkomfort sicherzustellen.

Die DE 10 2010 046 317 A1 beschreibt ein Verfahren zum Einstellen der räumlichen Lage einer Wankachse, um welche das Kraftfahrzeug um einen vorbestimmten Wankwinkel drehbar ist. Gemäß dem Verfahren wird zunächst in einem ersten Schritt eine räumliche Soll-Lage der Position der Wankachse festgelegt und anschließend in einem zweiten Schritt eine Querschleunigung des Kraftfahrzeugs bestimmt. In einem dritten Schritt wird schließlich eine Soll-Querneigung des Kraftfahrzeugs und eine Soll-Querablage des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von der Querschleunigung ermittelt, so dass bei Einstellen der Soll-Querneigung und der Soll-Querablage eine Verlagerung der Wankachse in die Soll-Lage bewirkt wird. Um sicherzustellen, dass das Kraftfahrzeug die im vorangehenden Schritt ermittelte Sollquerneigung einnimmt, wird wenigstens ein Aktuator einer aktiven Fahrwerks-Vorrichtung des Kraftfahrzeugs entsprechend eingestellt. Zusätzlich wird wenigstens ein Aktuator zum Beeinflussen der Querbewegung des Kraftfahrzeugs derart eingestellt, dass das Kraftfahrzeug zusätzlich auch die im vorangehenden Schritt ermittelte Soll-Querablage einnimmt. Die zu erwartende Querschleunigung kann beispielsweise mit Hilfe eines am Kraftfahrzeug angebrachten Kamerasystems ermittelt werden, welches den zu befahrenen kurvenförmigen Fahrbahnabschnitt im Vorfeld des Kraftfahrzeugs optisch erfasst und zur Bestimmung der zu erwartenden Querschleunigung analysiert.

Die DE 10 2006 018 A1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des Wankwinkels eines Kraftfahrzeugs mit zumindest einer Vorrichtung zum Bestimmen der Gierrate oder einer damit korrelierten Größe sowie einer Vorrichtung zum Bestimmen der

Fahrzeuggeschwindigkeit und einem gegebenenfalls nach vorne gerichteten Kamerasystem. Der Wankwinkel wird unter Verwendung der Gierrate oder einer damit korrelierten Größe und der spezifischen Wank-Federsteifigkeit des Fahrzeugs bestimmt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Ausführungsform für ein Verfahren zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung (=Wankwinkel) eines Kraftfahrzeugs beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts sowie eine Vorrichtung zum Bestimmen dieser Soll-Kurvenneigung anzugeben.

Oben genannte Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die zu bestimmende Soll-Kurvenneigung basierend auf einer mittels eines optischen Detektionssystems ermittelten momentanen Fahrbahnkrümmung zu berechnen, wobei die Bestimmung der momentanen Fahrbahnkrümmung zusätzlich unter Verwendung eines Fahrzeug-Navigationssystems des Kraftfahrzeugs erfolgt. Hierzu kann die in den Kartendaten enthaltene Information bzgl. Fahrbahnkrümmung der jeweiligen Fahrbahnabschnitte entnommen werden.

Zusätzlich zu den von dem optischen Detektionssystem bereitgestellten Sensor-Ausgangsdaten können zur Berechnung der Fahrbahnkrümmung also Kartendaten des Fahrzeug-Navigationssystems herangezogen werden. Ein großer Vorteil der Verwendung solcher Kartendaten besteht darin, dass die Fahrbahnkrümmung nicht erst beim Befahren eines bestimmten Fahrbahnabschnitts bestimmt werden kann, sondern durch entsprechendes Auslesen der Kartendaten für beliebige Fahrbahnabschnitte der im Fahrzeug-Navigationssystem gespeicherten Kartendaten ermittelt werden kann. Zudem enthalten solche Kartendaten häufig ggf. auch weitere Karteninformationen wie z.B. eine Längsneigung und - wenn vorhanden - auch eine Querneigung des Fahrbahnabschnitts. Da die Kartendaten des Fahrzeug-Navigationssystems alleine für die Bestimmung der Fahrbahnkrümmung in einem Praxisbetrieb des Kraftfahrzeugs nicht ausreichend sind (da die Kartendaten beispielsweise aufgrund von baulichen Veränderungen des Fahrbahnverlaufs veraltet sein können), erfolgt die Bestimmung der momentanen Fahrbahnkrümmung unter Verwendung des Fahrzeug-Navigationssystems erfindungsgemäß nur unterstützend zu einer eigentlichen Bestimmung der Fahrbahnkrümmung mittels des optischen Detektionssystems, welches beispielsweise ein

Kamerasystem sein kann, das als Sensor-Ausgangsdaten ein Bild eines Vorfeldes des Kraftfahrzeugs bereitstellt.

In diesem Zusammenhang ist es insbesondere vorstellbar, dass die mittels des Fahrzeug-Navigationssystems ermittelte momentane Fahrbahnkrümmung zur Verifizierung der mittels des optischen Detektionssystems ermittelten Fahrbahnkrümmung herangezogen wird. Auch kann daran gedacht sein, dass mit Hilfe des Fahrzeug-Navigationssystems mittels des optischen Detektionssystems bestimmte, fehlerbehaftete Werte der momentanen Fahrbahnkrümmung korrigiert werden können.

Durch die erfindungsgemäße Entnahme der Fahrbahnkrümmung aus Kartendaten des Fahrzeug-Navigationssystems ist es also möglich, verschiedenartige Störeinflüsse wie eine Straßenanregung oder ein bestimmtes Lenkverhalten des Fahrers des Kraftfahrzeugs aus den Sensorsignalen des optischen Detektionssystems herauszufiltern.

Aus der mittels des optischen Detektionssystems in Verbindung mit dem Fahrzeug-Navigationssystem ermittelten momentanen Fahrbahnkrümmung kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine momentane Querschleunigung des Kraftfahrzeugs und daraus die gewünschte Soll-Kurvenneigung bestimmt werden, wobei diese mit einem geschwindigkeitsabhängigen Gewichtungsfaktor gewichtet wird. Somit kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine für die Befahrung des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts optimale Soll-Kurvenneigung (=Wankwinkel) bestimmt werden, welche, wenn sie mittels eines verstellbaren Fahrwerks des Kraftfahrzeugs eingestellt wird, für einen verbesserten Fahrkomfort bei den Insassen des Kraftfahrzeugs führt. Mittels der Gewichtung der momentanen Soll-Kurvenneigung mit einem geschwindigkeitsabhängigen Gewichtungsfaktor kann ein optimierter, in dem Fahrwerk einzustellender Wankwinkel des Kraftfahrzeugs für das Befahren des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts ermittelt werden, bei welchem auf einen Fahrzeuginsassen wirkende Querkräfte besonders gut abgeschwächt oder sogar nahezu vollständig unterdrückt werden können, so dass sich der Fahrkomfort für die Insassen des Kraftfahrzeugs deutlich erhöhen lässt. Grundsätzlich lässt sich bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Kraftfahrzeug die momentane Querschleunigung und daraus abgeleitet die gesuchte Soll-Kurvenneigung für das Kraftfahrzeug mit besonders hoher Betriebssicherheit ermitteln.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren kann in einem ersten Schritt a) eine momentane Querbeschleunigung des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer momentanen Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs aus einer mittels eines optischen Detektionssystems bestimmten momentanen Fahrbahnkrümmung des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts bestimmt werden, wobei das Bestimmen der momentanen Fahrbahnkrümmung gemäß Schritt a) unter Verwendung eines Fahrzeug-Navigationssystems des Kraftfahrzeugs erfolgt.

In einem zweiten Schritt b) wird eine momentane Soll-Kurvenneigung für das Kraftfahrzeug aus der in Schritt a) berechneten momentanen Querbeschleunigung bestimmt. In einem dritten Schritt c) wird schließlich eine modifizierte momentane Soll-Kurvenneigung durch Gewichtung der in Schritt b) berechneten Soll-Kurvenneigung mit einem geschwindigkeitsabhängigen Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor berechnet. Basierend auf der in Schritt c) berechneten modifizierten Soll-Kurvenneigung lässt sich ein Fahrwerk des Kraftfahrzeugs derart ansteuern, dass das Kraftfahrzeug relativ zur Fahrbahnoberfläche des zu befahrenden kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts den durch die modifizierte Soll-Kurvenneigung definierten Wankwinkel annimmt. Hierzu kann die Fahrwerksvorrichtung beispielsweise mit geeigneten höhenverstellbaren Aktoren in der Art von Federbeinen versehen sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Bestimmen der Fahrbahnkrümmung mittels des Fahrzeug-Navigationssystems durch Extraktion der Fahrbahnkrümmung aus den dem gerade befahrenen Fahrbahnabschnitt zugeordneten Kartendaten des Fahrzeug-Navigationssystems erfolgen, wobei die Zuordnung unter Verwendung einer von einem Positionssensor des Fahrzeug-Navigationssystem bereitgestellten momentanen Position des Kraftfahrzeugs erfolgt. Im Zuge einer solchen Extraktion kann die aus den Kartendaten extrahierte Fahrbahnkrümmung mit der mittels des optischen Detektionssystems bestimmten momentanen Fahrbahnkrümmung verglichen werden. Auch ist denkbar, die mittels des Fahrzeug-Navigationssystems ermittelte momentane Fahrbahnkrümmung zur Verifizierung der mittels des optischen Detektionssystems ermittelten momentanen Fahrbahn-Krümmung heranzuziehen.

In einer weiterbildenden oder alternativen Ausführungsform kann zur Bestimmung der momentanen Querbeschleunigung eine nicht-optische Sensorik in Kombination mit der optischen Sensorik bzw. alternativ zu dieser zum Einsatz kommen. Im Falle der Verwendung der nicht-optischen Sensorik in Kombination mit dem optischen

Detektionssystem kann die mittels des Fahrzeugs-Navigationssystems bestimmte momentane Fahrbahnkrümmung wie vorangehend erläutert zur unterstützenden Ermittlung der momentanen Fahrbahnkrümmung mittels des optischen Detektionssystems herangezogen werden.

Für den Fall, dass die momentane Querbewegung des Kraftfahrzeugs hingegen nicht mittels eines optischen Detektionssystems bestimmt werden soll, kann die momentane Querbewegung mittels des Fahrzeug-Navigationssystems (durch Bestimmung der momentanen Fahrbahnkrümmung anstelle der Bestimmung mittels des optischen Detektionssystems) ermittelt werden, um die mittels der nicht-optischen Sensorik bestimmte momentane Querbewegung zu verifizieren. Somit kann die nicht-optische Sensorik einerseits synergetisch mit dem optischen Detektionssystem oder alternativ zu diesem benutzt werden, und in beiden Fällen das Fahrzeug-Navigationssystem für Verifikationszwecke verwendet werden. Auf diese Weise kann die momentane Querbewegung besonders genau bestimmt werden.

Bevorzugt umfasst die nicht-optische Sensorik einen Beschleunigungssensor, insbesondere einen g-Sensor, welcher als Sensor-Ausgangsdaten einen momentanen Sensor-Querbewegungswert bereitstellt.

Alternativ oder zusätzlich kann die nicht-optische Sensorik in einer besonders bevorzugten Ausführungsform einen Gierraten-Sensor umfassen, welcher als Sensor-Ausgangsdaten eine momentane Gierrate bereitstellt. Die in Form einer momentanen Gierrate vorliegenden Sensor-Ausgangsdaten können optional mittels eines Phasenfilters oder/und eines Tiefpassfilters zusätzlich gefiltert werden, um unerwünschte Störungen in den Sensor-Ausgangsdaten, beispielsweise aufgrund von Unebenheiten in der Fahrbahnoberfläche der zu befahrenden Fahrbahn o. ä., korrigieren zu können.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform kann die nicht-optische Sensorik einen Lenkradwinkelsensor oder/und ein Radwinkelsensor umfassen, welcher als Sensor-Ausgangsdaten einen momentanen Lenkradwinkel bzw. Radwinkel des Lenkrads bzw. der Räder des Kraftfahrzeugs bereitstellt. Bei der Ermittlung der momentanen Querbewegung aus dem Lenkradwinkel bzw. Radwinkel kann für die mathematische Berechnung beispielsweise ein einfaches Einspurmodell verwendet werden. In



weiterbildenden, präzisere Berechnungsergebnisse erlaubenden komplexeren Modellen, kann das Lenkungsverhalten oder/und das Reifen-Einlaufverhalten des Kraftfahrzeugs mit einbezogen sein, so dass bei einer solchen ganzheitlichen Betrachtung die Vorgaben eines Fahrers des Kraftfahrzeugs bei der Wankwinkel-Einstellung besonders schnell und effektiv umgesetzt werden können.

Mittels der Verwendung verschiedenartiger Sensortypen in der nicht-optischen Sensorik (Beschleunigungssensor, Gierratensensor, Lenkradwinkelsensor, Radwinkelsensor) zur Bestimmung der momentanen Querschleunigung kann die gesuchte Soll-Kurvenneigung unabhängig von einer eigentlichen Fahrspurinformation auf effektive Weise bestimmt werden.

In weiterbildenden Ausführungsformen kann auch in Abhängigkeit von verschiedenen internen und externen Parametern, beispielsweise vorbestimmten Betriebs- oder/und Fehlerzuständen der nicht-optischen Sensorik oder/und des optischen Detektionssystems, festgelegt werden, auf welche Weise die momentane Fahrbahnkrümmung oder/und die momentane Querschleunigung berechnet werden und ob dabei die nicht-optische Sensorik oder/und das optische Detektionssystem in Kombination mit dem Fahrzeug-Navigationssystem eingesetzt werden sollen oder nicht.

Erfindungsgemäß können zur Bestimmung der momentanen Querschleunigung also mehrere der oben genannten Sensortypen der nicht-optischen Sensorik miteinander kombiniert und zusammen mit dem Fahrzeug-Navigationssystem verwendet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren bietet also in Bezug auf Genauigkeit und Betriebssicherheit eine maximale Flexibilität für die Bestimmung der momentanen Querschleunigung und damit auch für die daraus folgende Berechnung der Soll-Kurvenneigung des Kraftfahrzeugs.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung eines Kraftfahrzeugs beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts. Die Vorrichtung umfasst ein optisches Detektionssystem, mittels welchem eine momentane Fahrbahn-Krümmung eines momentan von dem Kraftfahrzeug befahrenen kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts bestimmbar ist. Die Vorrichtung umfasst des Weiteren ein Fahrzeug-Navigationssystem, welches einen Datenspeicher mit Kartendaten und einen Positionssensor umfasst, und mittels welchem eine momentane Position des

Kraftfahrzeugs bestimmbar ist. Erfindungsgemäß bestimmt das Steuergerät mittels des optischen Detektionssystems und in Kombination mit dem Fahrzeug-Navigationssystem die momentane Fahrbahn-Krümmung des kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts und daraus eine momentane Soll-Kurvenneigung für das Kraftfahrzeug. Aus der momentanen Soll-Kurvenneigung wird durch Gewichtung mit einem Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor eine modifizierte Soll-Kurvenneigung berechnet.

Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung mit den vorangehend genannten Merkmalen sowie mit einer von dem Steuergerät dieser Vorrichtung ansteuerbaren Fahrwerksvorrichtung, mittels welcher die von dem Steuergerät bestimmte modifizierte Soll-Kurvenneigung an dem Kraftfahrzeugs einstellbar ist.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

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

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

Dabei zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 ein grobschematisches Ablaufschema des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einstellen der Kurvenneigung eines Kraftfahrzeugs, wobei die Figur 2a eine Draufsicht und die Figur 2b eine Rückansicht des Kraftfahrzeugs zeigt.

In der Figur 1 ist ein Ablaufschema des erfindungsgemäßen Verfahrens grobschematisch dargestellt und mit 1 bezeichnet. Die Figur 2 zeigt ein Kraftfahrzeug 10 mit einem Steuergerät 12 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts 20. Die Figur 2a zeigt das Kraftfahrzeug 10 grobschematisch in einer Draufsicht, die Figur 2b in einer Rückansicht.

In einem ersten Schritt S1 wird eine momentane Querbewegung  $a_y$  des Kraftfahrzeugs 10 in Abhängigkeit von einer momentanen Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs 10 aus einer mittels eines optischen Detektionssystems 18 bestimmten momentanen Fahrbahnkrümmung  $K$  des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts 20 berechnet. Das optische Detektionssystem 18 kann hierzu ein Kamerasystem umfassen, von welchem ein Fahrzeugvorfeld eines das optische Detektionssystem 18 verwendenden Kraftfahrzeugs 10 überwacht wird.

Erfindungsgemäß erfolgt das Bestimmen der momentanen Fahrbahnkrümmung  $K$  gemäß dem Schritt S1 unter Verwendung eines Fahrzeug-Navigationssystems 30. Das Fahrzeug-Navigationssystem 30 kann eine Navigationssystem-Steuerungseinheit 33 in der Art eines herkömmlichen Mikrokontrollers aufweisen. Das Bestimmen der Fahrbahnkrümmung  $K$  erfolgt durch Auswerten von dem gerade befahrenen Fahrbahnabschnitt 20 zugeordneten Kartendaten  $D$  des Fahrzeug-Navigationssystems 30 durch die Navigationssystem-Steuerungseinheit 33, wobei die Kartendaten  $D$  in einem Datenspeicher 31 des Fahrzeug-Navigationssystems 30 abgelegt sein können. Die Zuordnung der Kartendaten  $D$  zu dem momentan durch das Kraftfahrzeug 10 befahrenen kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitt 20 erfolgt mit Hilfe eines Positionssensor 32 des Fahrzeug-Navigationssystems 30, welcher eine momentane Position  $P$  des Kraftfahrzeugs 10 an die Navigationssystem-Steuerungseinheit 33 ausgibt.

Zusätzlich zu den von dem optischen Detektionssystem 18 bereitgestellten Sensor-Ausgangsdaten werden erfindungsgemäß zur Berechnung der Fahrbahnkrümmung  $K$  also Kartendaten  $D$  des Fahrzeug-Navigationssystems 30 herangezogen und aus diesen die Fahrbahnkrümmung  $K_N$  extrahiert. Ein großer Vorteil der Verwendung solcher Kartendaten besteht darin, dass die Fahrbahnkrümmung  $K_N$  nicht erst beim Befahren eines bestimmten Fahrbahnabschnitts bestimmt werden kann, sondern durch entsprechendes Auslesen der Kartendaten für beliebige Fahrbahnabschnitte der im Fahrzeug-Navigationssystem 30 gespeicherten Kartendaten  $D$  ermittelt werden kann. Zudem enthal-

ten solche Kartendaten D häufig ggf. auch weitere Karteninformationen wie z.B. eine Längsneigung und - wenn vorhanden - auch eine Querneigung des jeweiligen Fahrbahnabschnitts 20. Da die Kartendaten D des Fahrzeug-Navigationssystems 30 alleine für die Bestimmung der Fahrbahnkrümmung K in einem Praxisbetrieb des Kraftfahrzeugs 10 nicht ausreichend sind, da die Kartendaten beispielsweise aufgrund von baulichen Veränderungen des Fahrbahnverlaufs veraltet sein können, erfolgt die Bestimmung der momentanen Fahrbahnkrümmung K unter Verwendung des Fahrzeug-Navigationssystems 30 erfindungsgemäß nur unterstützend zu einer eigentlichen Bestimmung der Fahrbahnkrümmung K mittels des optischen Detektionssystems 18. Beispielsweise kann aus den Kartendaten D die gewünschte momentane Fahrbahnkrümmung  $K_N$  des gerade befahrenen Fahrbahn-Abschnitts 20 extrahiert und mit der mittels des optischen Detektionssystems 18 bestimmten momentanen Fahrbahn-Krümmung K verglichen werden. Auch ist denkbar, die mittels des Fahrzeug-Navigationssystems 30 ermittelte momentane Fahrbahn-Krümmung  $K_N$  zur Verifizierung der mittels des optischen Detektionssystems 18 ermittelten momentanen Fahrbahn-Krümmung K heranzuziehen. Insbesondere kann daran gedacht sein, dass von dem Fahrzeug-Navigationssystem 30 mittels des optischen Detektionssystems 18 bestimmte, fehlerbehaftete Werte der momentanen Fahrbahnkrümmung K korrigiert werden können. Ein solcher fehlerbehafteter Wert kann beispielsweise durch intensive Sonnenbestrahlung eines optischen Sensors des optischen Detektionssystems 18 hervorgerufen werden. Die momentane Quereschleunigung  $a_y$  des Kraftfahrzeugs 10 kann dann aus der von dem optischen Detektionssystem 18 in Verbindung mit dem Fahrzeug-Navigationssystem 30 ermittelten momentanen Fahrbahnkrümmung K und einer momentanen Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs 10 über die Beziehung  $a_y = K \cdot v_x^2$  berechnet werden. Die momentane Geschwindigkeit  $v_x$  kann hierfür mittels eines in dem Kraftfahrzeug 10 verbauten Geschwindigkeitssensors 6 bestimmt werden.

Die Bestimmung der momentanen Quereschleunigung  $a_y$  gemäß Schritt S1 kann in einer im Folgenden erläuterten Variante des Ausführungsbeispiels nicht nur mittels des optischen Detektionssystems 18, sondern alternativ oder zusätzlich auch mittels einer nicht-optischen Sensorik 2 erfolgen. In ersterem Fall wird die momentane Fahrbahnkrümmung  $K_N$  ausschließlich mittels des Fahrbahn-Navigationssystems 30 ermittelt (da ja kein optisches Detektionssystem zur Verfügung steht). Über die Beziehung  $a_y = K_N \cdot v_x^2$  kann die momentane Quereschleunigung  $a_y$  des Kraftfahrzeugs 10 berechnet werden und dieser Wert für die momentane Quereschleunigung  $a_y$  mit einem mittels der nicht-

optische Sensorik 2 ermittelten Wert für die momentane Querbeschleunigung  $a_y$  verglichen werden.

Die nicht-optische Sensorik 2 kann für die Bestimmung der momentanen Querbeschleunigung  $a_y$  beispielsweise einen Beschleunigungssensor 3 umfassen, welcher als Sensor-Ausgangsdaten einen momentanen Sensor-Querbeschleunigungswert bereitstellt. Die Sensor-Ausgangsdaten können mittels eines geeigneten Tiefpass-Filters 4 gefiltert werden, um unerwünschte hochfrequente Störungen (beispielsweise aufgrund von Unebenheiten in dem gerade befahrenen Fahrbahn-Abschnitt) in den vom Beschleunigungssensor 3 bereitgestellten Sensor-Ausgangsdaten auszufiltern. Vorteilhafterweise ist ein solcher Beschleunigungssensor 3 in dem Kraftfahrzeug bezüglich einer Fahrzeug-Längsrichtung L des Kraftfahrzeugs 10 möglichst weit vorne am Kraftfahrzeug angeordnet (vgl. Fig.2a).

Alternativ oder zusätzlich zum Beschleunigungssensor 3 kann die nicht-optische Sensorik 2 auch einen Gierraten-Sensor 5 umfassen, welcher als Sensor-Ausgangsdaten eine momentane Giergeschwindigkeit  $d/dt \psi$  bereitstellt, wobei  $\psi$  der momentane Gierwinkel ist. Die Berechnung der momentanen Querbeschleunigung  $a_y$  aus der momentanen Giergeschwindigkeit erfolgt gemäß der Gleichung  $a_y = (d/dt \psi) v_x$ , wobei  $a_y$  die momentanen Querbeschleunigung ist,  $d/dt \psi$  die momentane Giergeschwindigkeit ist, und  $v_x$  die momentane Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs ist. Dies bedeutet, dass auch zur Bestimmung der momentanen Querbeschleunigung  $a_y$  aus der Gierrate  $d/dt \psi$  eine Kenntnis der momentanen Fahrzeug-Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs erforderlich ist. Die momentane Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs 10 kann zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren mittels des in dem Kraftfahrzeug 10 verbauten Geschwindigkeitssensors 6 ermittelt werden.

Die aus der Giergeschwindigkeit  $d/dt \psi$  berechnete momentane Querbeschleunigung  $a_y$  bezieht sich grundsätzlich auf einen Schwerpunkt des Kraftfahrzeugs 10. Daraus lässt sich die auf eine Vorderachse des Kraftfahrzeugs 10 bezogene Querbeschleunigung  $a_{y,VA}$  über die Beziehung  $a_{y,VA} = a_y + l_v d/dt \psi$  berechnen, wobei  $l_v$  der Abstand der vorderen Querachse des Kraftfahrzeugs zum Schwerpunkt des Kraftfahrzeugs 10 in einer Längsrichtung des Kraftfahrzeugs 10 ist. Die mittels der vom Gierratensensor bestimmte Giergeschwindigkeit berechnete momentane Querbeschleunigung  $a_y$  ist unabhängig von einer Querneigung des befahrenen Fahrbahnabschnitts 20.

Alternativ oder zusätzlich zu den vorangehend erläuterten Sensoren (Beschleunigungssensor 3 und Gierratensensor 5) kann die nicht-optische Sensorik 2 auch einen Lenkradwinkelsensor oder/und einen Radwinkelsensor 7 umfassen, welcher als Sensor-Ausgangsdaten dann einen momentanen Lenkradwinkel bzw. momentanen Radwinkel  $\delta$  bereitstellt. Aus den vom Lenkradwinkelsensor bzw. Radwinkelsensor 7 bereitgestellten Sensor-Ausgangsdaten kann die momentane Querbearleunigung  $a_y$  dabei unter Verwendung des sog. Einspurmodells mittels des Zusammenhangs  $a_y = v_x^2 \delta / (l + EG v_x^2)$  berechnet werden. Dabei ist  $\delta$  der Lenkradwinkel bzw. Radwinkel,  $l$  der Radstand des Kraftfahrzeugs 10 und  $EG$  der sogenannte Eigenlenkgradient des Kraftfahrzeugs 10. Selbstverständlich können anstelle des Einspurmodells alternativ auch komplexere Zusammenhänge, welche ein Lenkmodell oder/und ein Reifeneinlauf-Verhalten des Kraftfahrzeugs 10 berücksichtigen, zur Berechnung der momentanen Querbearleunigung  $a_y$  aus dem Lenkradwinkel  $\delta$  bzw. Radwinkel herangezogen werden. Die momentane Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs kann wiederum mittels des in dem Kraftfahrzeug 10 verbauten Geschwindigkeitssensors 6 ermittelt werden.

Unabhängig davon, welche Sensoren die nicht-optische Sensorik 2 tatsächlich aufweist, kann in jedem Fall mittels des Fahrzeug-Navigationssystems 30 auf alternative Weise die momentane Querbearleunigung  $a_y$  berechnet werden und zu Verifikationszwecken o.ä. verwendet werden.

In einem zweiten Schritt S2 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun aus der vorangehend bestimmten momentanen Querbearleunigung  $a_y(v_x)$  eine momentane Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  in Abhängigkeit von der momentanen Querbearleunigung  $a_y$  des Kraftfahrzeugs bestimmt. Eine solche funktionale Abhängigkeit der momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  von der momentanen Querbearleunigung  $a_y$  kann in der Art eines Kennfeldes 8 festgelegt sein. Alternativ dazu kann aber auch ein analytischer Zusammenhang zwischen der momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(v_x)$  und der momentanen Querbearleunigung  $a_y$  definiert sein.

In einem dritten Schritt S3 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus der in Schritt S2 berechneten momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  mittels Gewichtung mit einem geschwindigkeitsabhängigen Gewichtungsfaktor  $G(v_x)$  eine modifizierte momentane Soll-Kurvenneigung  $w_G(a_y, v_x)$  berechnet. Hierzu wird der Soll-Kurvenneigung-

Gewichtungsfaktor  $G(v_x)$  mit der vorangehend bestimmten momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  multipliziert. Der geschwindigkeitsabhängige Gewichtungsfaktor  $G(v_x)$  kann durch eine vorbestimmte funktionale Abhängigkeit des Gewichtungsfaktors  $G$  von der Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs festgelegt werden. Eine solche funktionale Abhängigkeit kann beispielsweise in der Art eines Kennfeldes 9 definiert sein; alternativ dazu kann aber auch ein analytischer Zusammenhang zwischen dem geschwindigkeitsabhängigen Gewichtungsfaktor  $G(v_x)$  und der Geschwindigkeit  $v_x$  definiert sein.

Es ist klar, dass das erfindungsgemäße Verfahren im Praxiseinsatz in einem Kraftfahrzeug iterativ durchgeführt werden kann, so dass beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts 20 der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens berechnete Wankwinkel ständig aktualisiert werden und somit an sich ändernde Fahrbahn-Verhältnisse bzw. an Änderungen der momentanen Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs 10 angepasst werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner einen optionalen (in der Figur 1 gestrichelt dargestellten) Verfahrensschritt S2' umfassen, gemäß welchem festgestellt wird, ob eine vorbestimmte externe Bedingung B erfüllt ist, und, falls dies der Fall ist, die in Schritt S2 bestimmte momentane Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  auf einen vorbestimmten Maximalwert  $w_{max}$  reduziert wird, falls die momentane Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  den vorbestimmten Maximalwert  $w_{max}$  überschreitet. Eine solche externe Bedingung B kann beispielsweise die Betätigung eines Blinkers durch einen Fahrer des Kraftfahrzeugs sein, wenn dieser beim Befahren des gekrümmten Fahrbahnabschnitts einen Fahrspurwechsel beabsichtigt. Durch ein solches vorübergehendes Reduzieren der momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  auf einen Maximalwert  $w_{max}$  kann die Kurvenneigung des Kraftfahrzeugs 10 zusätzlich reduziert werden, um für die Insassen des Kraftfahrzeugs 10 einen Wechsel der Fahrspur möglichst komfortabel zu gestalten. Nach Abschluss eines solchen Spurwechsels kann dann die solche temporäre Reduktion der momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  auf den vorbestimmten Maximalwert  $w_{max}$  wieder aufgehoben werden. Selbstverständlich kommen als vorbestimmte externe Bedingungen B anstelle der vorangehend erläuterten Betätigung des Blinkers auch andere Ereignisse in Betracht. Beispielsweise kann in einer Variante daran gedacht sein, dass das ein optisches Detektionssystem einen beabsichtigten Fahrspurwechsel detektiert. In diesem Fall ist die vorbestimmte externe Bedingung B, die erfüllt sein muss, nicht das Betätigen eines

Blinkers, sondern ganz allgemein ein von einem geeigneten Detektionssystem detektierter beabsichtigter Fahrspurwechsel des Kraftfahrzeugs 10.

In der Darstellung der Figur 2 ist ein Kraftfahrzeug 10 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts 20 gezeigt. Die Figur 2a zeigt das Kraftfahrzeug 10 dabei in einer Draufsicht, die Figur 2b in einer Rückansicht.

Die Vorrichtung 11 umfasst ein Steuergerät 12 sowie ein optisches Detektionssystem 18, mittels welchem eine momentane Fahrbahn-Krümmung  $K$  eines momentan von dem Kraftfahrzeug 10 befahrenen kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts 20 bestimmbar ist. Die Vorrichtung 11 umfasst ferner ein Fahrzeug-Navigationssystem 30. Das Fahrzeug-Navigationssystem 30 kann eine Navigationssystem-Steuerungseinheit 33 in der Art eines herkömmlichen Mikrokontrollers aufweisen. Das Bestimmen der Fahrbahnkrümmung  $K$  erfolgt unter Verwendung des Fahrzeug-Navigationssystems 30. Hierzu werden dem gerade befahrenen Fahrbahnabschnitt 20 zugeordnete Kartendaten  $D$  des Fahrzeug-Navigationssystems 30 durch die Navigationssystem-Steuerungseinheit 33 ausgewertet und auf diese Weise die Fahrbahnkrümmung  $K_N$  bestimmt.

Die Kartendaten  $D$  können in einem Datenspeicher 31 des Fahrzeug-Navigationssystems 30 abgelegt sein. Die Zuordnung der Kartendaten  $D$  zu dem momentan durch das Kraftfahrzeug befahrenen kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitt 20 erfolgt mit Hilfe eines Positionssensor 32 des Fahrzeug-Navigationssystem 30, welcher eine momentane Position  $P$  des Kraftfahrzeugs an die Navigationssystem-Steuerungseinheit 33 ausgibt. Der Positionssensor 32 kann ein herkömmlicher GPS-Empfänger sein.

Erfindungsgemäß bestimmt das Steuergerät 12 mittels des optischen Detektionssystems 18 und in Kombination mit dem Fahrzeug-Navigationssystem 30 die momentane Fahrbahn-Krümmung  $K$  des kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts 20 und daraus eine momentane Soll-Kurvenneigung  $w(v_x)$  für das Kraftfahrzeug 10. Hierzu kann das Fahrzeug-Navigationssystem 30 mit dem Steuergerät 12 in Kommunikationsverbindung stehen und an das Steuergerät 12 einen momentanen Wert für die ermittelte Fahrbahn-Krümmung  $K$  übertragen. Aus der momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(v_x)$  wird von dem Steuergerät 12 schließlich durch Gewichtung mit einem Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor  $G(v_x)$  eine modifizierte Soll-Kurvenneigung  $w_G(v_x)$  berechnet.



Die Vorrichtung 11 kann optional einen Beschleunigungssensor 3, einen Gierratensensor 5, einen Lenkwinkel-/Radwinkelsensor 7 oder/und einen Geschwindigkeitssensor 6 aufweisen, welche jeweils mit dem Steuergerät 12 in Kommunikationsverbindung stehen. Diese Sensoren bilden die nicht-optische Sensorik 2. Dabei übermittelt der Beschleunigungssensor die momentane Sensor-Querbeschleunigung  $a_y$ , der Lenkwinkel-/Radwinkelsensor 7 den momentanen Lenkradwinkel bzw. momentanen Radwinkel  $\delta$ , und der Gierratensensor 5 die momentane Giergeschwindigkeit  $d/dt \psi$  an das Steuergerät 12. In vereinfachten Varianten kann auf einen oder zwei der vorangehend genannten drei Sensoren 3, 5, 7 verzichtet sein.

Das Steuergerät 12 kann eine Steuerungseinheit 13 (ECU) und eine mit der Steuerungseinheit 13 in Kommunikationsverbindung stehende Speichereinheit 14 umfassen. Die Steuerungseinheit 13 und die Speichereinheit 14 können in der Art eines herkömmlichen Mikrokontrollers ausgebildet sein, wobei dem Fachmann zahlreiche technische Realisierungsmöglichkeiten bekannt sind. Das Steuergerät 12 steht auch mit dem Geschwindigkeitssensor 6 in Kommunikationsverbindung, welcher die momentane Geschwindigkeit  $v_x$  des Kraftfahrzeugs 10 an das Steuergerät 12 übermittelt. In dem Steuergerät 12 wird unter Verwendung der oben genannten Eingangsparameter (momentane Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs  $v_x$ , Giergeschwindigkeit  $d/dt \psi$  oder/und momentaner Lenkradwinkel bzw. momentaner Radwinkel  $\delta$  oder/und momentane Sensor-Querbeschleunigung  $a_y^{\text{Sensor}}$ ) das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt. Die Kennfelder 8 und 9 können in der Speichereinheit 14 abgelegt sein und von der Steuereinheit 12 zur Durchführung der Verfahrensschritte S2 und S3 ausgelesen werden. Für den Fall, dass die Speichereinheit 14 ein beschreibbarer Speicher ist, lassen sich die Kennfelder 8 und 9 durch Überschreiben des entsprechenden Speicherbereichs in der Speichereinheit 14 modifizieren, beispielsweise, wenn für verschiedene Kraftfahrzeug-Typen individuelle Kennfelder verwendet werden sollen. Von dem Steuergerät 12 wird gemäß Schritt S1 des erfindungsgemäßen Verfahrens die momentane Querbeschleunigung  $a_y(v_x)$  des Kraftfahrzeugs 10 berechnet. Aus der momentanen Querbeschleunigung  $a_y(v_x)$  wird gemäß den Schritten S2 und S3 die modifizierte momentane Soll-Kurvenneigung  $w_G(v_x)$  berechnet.

Das Kraftfahrzeug 10 umfasst eine von dem Steuergerät 12 ansteuerbare Fahrwerksvorrichtung 15, die in der Art eines elektro-hydraulisch aktiven Fahrwerks ausgebildet sein kann. Die Fahrwerksvorrichtung 15 umfasst vier als höhenverstellbare

Federbeine ausgebildete Aktoren 16, wobei jedem Rad 17 des Kraftfahrzeugs ein Aktor 16 zugeordnet ist. Durch ein individuelles Einstellen der Stellhöhe der Aktoren 16 kann die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmte Soll-Kurvenneigung  $w_G$  (also der gewünschte Wankwinkel) an dem Kraftfahrzeug 10 eingestellt werden.

Alternativ zur vorangehend beschriebenen elektro-hydraulischen Fahrwerk-Vorrichtung 15 kann auch ein luftfeder-basiertes Fahrwerk mit geschlossener Druckversorgung verwendet werden. In einem solchen luftfeder-basierten Fahrwerk wird zum Verstellen der Federbeine die Luft in einem geschlossenen Kreislauf von einem Luftspeicher in die Luftfeder und umgekehrt gepumpt, was ein sehr schnelles Ein- und Ausfahren der Federbeine zum Einstellen der Soll-Kurvenneigung im Fahrwerk des Kraftfahrzeugs ermöglicht.

In einer weiteren Alternative zum elektro-hydraulisch aktiven Fahrwerk kann ein unter dem Begriff "ACTIVE CURVE SYSTEM" bekanntes, hydraulisch verstellbares Fahrwerk zum Einsatz kommen, welches mit einer riemengetriebenen Hydraulikpumpe arbeitet und einen Ölbehälter im Motorraum sowie je einen Ventil-Block und aktive Stabilisatoren an Vorder- und Hinterachse aufweist. Auch eine solche hydraulische Fahrwerk-Vorrichtung lässt sich zur Einstellung der Soll-Kurvenneigung im Kraftfahrzeug verwenden.

## Patentansprüche

1. Verfahren (1) zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung ( $w_G(v_x)$ ) eines Kraftfahrzeugs (10) beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts (20), umfassend die folgenden Schritte:
  - a) Bestimmen einer momentanen Querbeschleunigung ( $a_y$ ) des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer momentanen Geschwindigkeit ( $v_x$ ) des Kraftfahrzeugs und einer mittels eines optischen Detektionssystems (18) bestimmten momentanen Fahrbahnkrümmung ( $K$ ) des kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts (20),
  - b) Berechnen einer momentanen Soll-Kurvenneigung  $w(a_y)$  für das Kraftfahrzeug aus der in Schritt a) bestimmten momentanen Querbeschleunigung ( $a_y$ ),
  - c) Berechnen einer modifizierten momentanen Soll-Kurvenneigung  $w_G(a_y, v_x)$  durch Gewichtung der in Schritt b) berechneten Soll-Kurvenneigung mit einem geschwindigkeitsabhängigen Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor ( $G$ ),  
wobei das Bestimmen der momentanen Fahrbahnkrümmung ( $K$ ) gemäß Schritt a) unter Verwendung eines Fahrzeug-Navigationssystems (30) des Kraftfahrzeugs (10) erfolgt.
  
2. Verfahren (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen der Fahrbahnkrümmung ( $K$ ) mittels des Fahrzeug-Navigationssystems (30) durch Extraktion der Fahrbahnkrümmung ( $K_N$ ) aus den dem gerade befahrenen Fahrbahnabschnitt (20) zugeordneten Kartendaten ( $D$ ) des Fahrzeug-Navigationssystems (30) erfolgt, wobei die Zuordnung unter Verwendung einer von einem Positionssensor (32) des Fahrzeug-Navigationssystem (30) bereitgestellten momentanen Position ( $P$ ) des Kraftfahrzeugs (10) erfolgt.

3. Vorrichtung (11) zum Bestimmen einer Soll-Kurvenneigung ( $w_G(a_y, v_x)$ ) eines Kraftfahrzeugs (10) beim Befahren eines kurvenförmigen Fahrbahnabschnitts (20),
  - mit einem Steuergerät (12),
  - mit einem optischen Detektionssystem (18), mittels welchem eine momentane Fahrbahn-Krümmung (K) eines momentan von dem Kraftfahrzeug (10) befahrenen kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts (20) bestimmbar ist,
  - mit einem Fahrzeug-Navigationssystem (30), welches einen Datenspeicher (31) mit Kartendaten (D) und einen Positionssensor (32) umfasst, und mittels welchem eine momentane Position (P) des Kraftfahrzeugs (10) bestimmbar ist,
  - wobei das Steuergerät (12) mittels des optischen Detektionssystems (18) und in Kombination mit dem Fahrzeug-Navigationssystem (30) die momentane Fahrbahn-Krümmung (K) des kurvenförmigen Fahrbahn-Abschnitts (20) und daraus eine momentane Soll-Kurvenneigung ( $w(v_x)$ ) für das Kraftfahrzeug (10) bestimmt und aus dieser durch Gewichtung mit einem Soll-Kurvenneigung-Gewichtungsfaktor ( $G(v_x)$ ) eine modifizierte Soll-Kurvenneigung ( $w_G(v_x)$ ) berechnet.
  
4. Kraftfahrzeug (10),
  - mit einer Vorrichtung (11) nach Anspruch 3,
  - mit einer von dem Steuergerät (12) ansteuerbaren Fahrwerk-Vorrichtung (15), in welcher die von dem Steuergerät (12) bestimmte modifizierte Soll-Kurvenneigung ( $w_G(v_x)$ ) an dem Kraftfahrzeug (10) einstellbar ist.

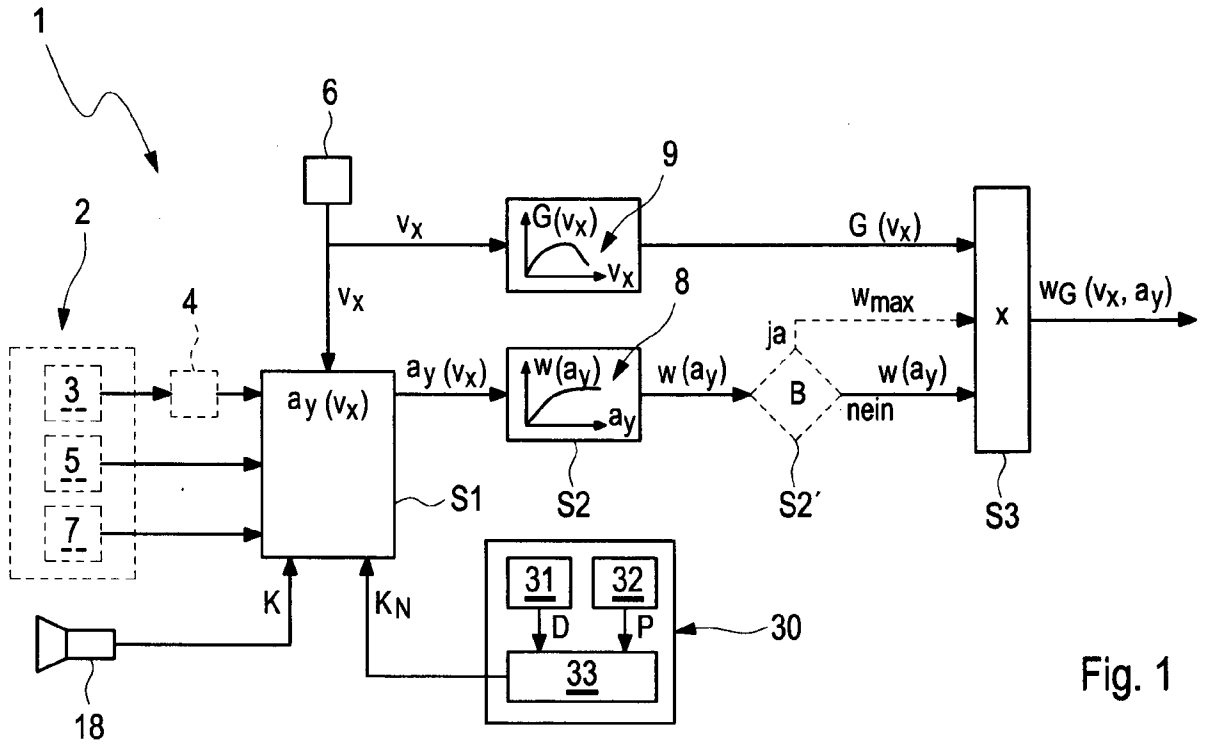


Fig. 1

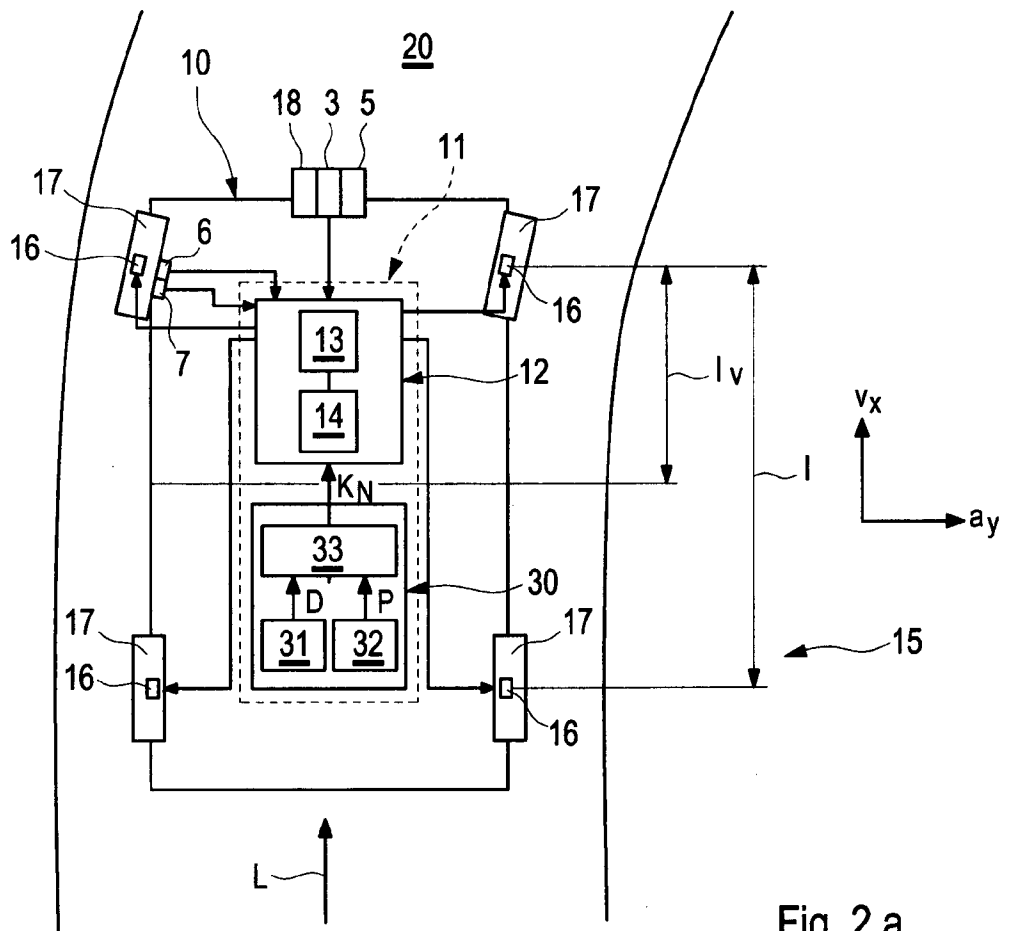


Fig. 2 a

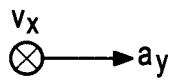
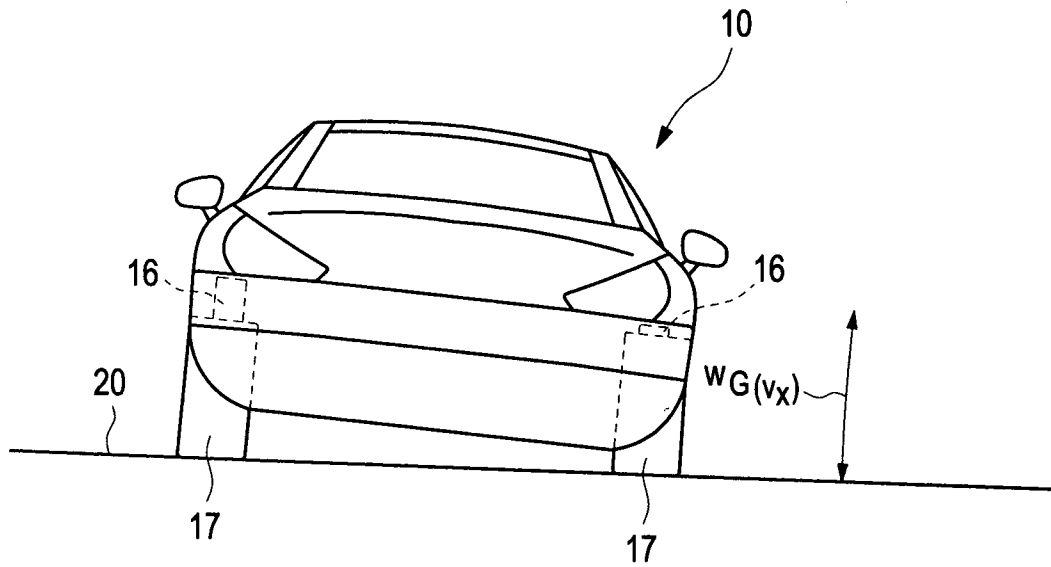


Fig. 2 b

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2013/003287

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B60T8/1755 B60W30/02 B60W40/072 B60W30/04  
 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)  
 B60T B60G  
 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	DE 197 38 608 C1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 July 1998 (1998-07-16) column 2, line 66 - column 3, line 18 column 4, line 16 - line 23 column 4, line 45 - line 61 -----	1-4
A	EP 2 322 903 A1 (IVECO SPA [IT]) 18 May 2011 (2011-05-18) paragraph [0013] paragraph [0028] - paragraph [0029] paragraph [0037] -----	1-4

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 <b>20 January 2014</b>	Date of mailing of the international search report <b>27/01/2014</b>
---	---

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 <b>Colonna, Massimo</b>
--	---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/003287

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
DE 19738608	C1	16-07-1998	DE 19738608 C1	16-07-1998
			EP 0900676 A2	10-03-1999
			JP H11139133 A	25-05-1999
			US 6219600 B1	17-04-2001
-----				
EP 2322903	A1	18-05-2011	EP 2322903 A1	18-05-2011
			WO 2011058127 A1	19-05-2011
-----				



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/003287

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. B60T8/1755 B60W30/02 B60W40/072 B60W30/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) B60T B60G		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 38 608 C1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16. Juli 1998 (1998-07-16) Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 18 Spalte 4, Zeile 16 - Zeile 23 Spalte 4, Zeile 45 - Zeile 61 -----	1-4
A	EP 2 322 903 A1 (IVECO SPA [IT]) 18. Mai 2011 (2011-05-18) Absatz [0013] Absatz [0028] - Absatz [0029] Absatz [0037] -----	1-4
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 20. Januar 2014		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 27/01/2014
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 Colonna, Massimo

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/003287

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
DE 19738608	C1	16-07-1998	DE 19738608 C1	16-07-1998
			EP 0900676 A2	10-03-1999
			JP H11139133 A	25-05-1999
			US 6219600 B1	17-04-2001
-----				
EP 2322903	A1	18-05-2011	EP 2322903 A1	18-05-2011
			WO 2011058127 A1	19-05-2011
-----				