



(10) **DE 10 2015 220 380 B4** 2020.06.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 220 380.8**

(22) Anmeldetag: **20.10.2015**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2016**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.06.2020**

(51) Int Cl.: **B62D 6/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2015-075125 01.04.2015 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corp., Tokyo, JP

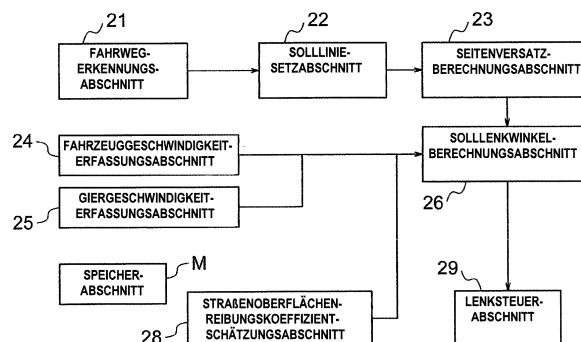
(74) Vertreter:
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

(72) Erfinder:
**Hori, Yasuyoshi, Tokyo, JP; Akemi, Yukiyasu,
Tokyo, JP; Endo, Masaya, Tokyo, JP; Tanaka,
Hideyuki, Tokyo, JP; Tanaka, Takayuki, Tokyo, JP;
Urabe, Takahiro, Tokyo, JP; Mori, Kouhei, Tokyo,
JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
**DE 10 2010 007 598 A1
JP 2001- 1 921 A**

(54) Bezeichnung: **Fahrzeuglenkvorrichtung und Fahrzeuglenksteuerverfahren**

(57) Hauptanspruch: Fahrzeuglenkvorrichtung (10) mit:
einem Fahrweg-Erkennungsabschnitt (21) zum Erkennen eines Fahrwegs, auf dem ein Fahrzeug (1) fährt;
einem Sollfahrlinie-Setzabschnitt (22) zum Setzen einer Sollfahrlinie, die durch das Fahrzeug (1) zum Fahren während des Folgens des Fahrwegs verwendet wird;
einem Seitenversatz-Berechnungsabschnitt (23) zum Erfassen eines Seitenversatzes (y_{Ld}), der eine Differenz ($y_l - y_O$) zwischen einer Position der Sollfahrlinie (P_1 ; (x_1 , y_1)) und einer Position des Fahrzeugs bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz ($P_0 + L_d$; ($x_0 + L_d$, y_0)) des Fahrzeugs ist;
einem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) zum Berechnen eines Solllenkwinkels (θ), um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren; und
einem Lenksteuerabschnitt (29) zum Steuern eines Lenkwinkels des Fahrzeugs (1) auf Grundlage des durch den Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) berechneten Solllenkwinkels (θ),
wobei der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) eine Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = \lambda \cdot y_{Ld}$) steuert, die ein Änderungsausmaß des Seitenversatzes (y_{Ld}) ist, um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren, und den Solllenkwinkel (θ) auf Grundlage der Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = \lambda \cdot y_{Ld}$) berechnet.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Fahrzeuglenkvorrichtung und ein Fahrzeuglenkstellungsverfahren mit einer Funktion zum Bereitstellen einer Lenkunterstützung an gelenkte Räder, so dass ein Fahrzeug während eines Folgens einer gesetzten Sollfahrlinie fährt.

Beschreibung der verwandten Technik

[0002] Als eine verwandte Fahrzeuglenkvorrichtung mit einer Fahrspurhalte-Unterstützungsfunktion ist in der offengelegten japanischen Patentanmeldung JP 2001-001921 A eine Fahrzeuglenkvorrichtung offenbart, die so ausgestaltet ist, dass, wenn ein Lenkunterstützungsabschnitt gesteuert wird, so dass ein geschätzter Fahrort sich einem Sollort nähert, der auf Grundlage einer Fahrwegform des Fahrzeugs gesetzt worden ist, ein Regelungsverstärkungsfaktor zum Regeln, dass der Fahrort sich dem Sollort nähert, auf Grundlage einer Krümmung korrigiert wird.

[0003] Diese Vorrichtung der verwandten Technik korrigiert den Regelungsverstärkungsfaktor zum Regeln, dass der Fahrort sich dem Sollort nähert, auf Grundlage der erfassten Krümmung und stellt daher solch einen Effekt bereit, dass der Regelungsverstärkungsfaktor zum Steuern, dass der Fahrort sich dem Sollort nähert, auf Grundlage der Krümmung des Fahrzeugwegs korrigiert wird, um zu verhindern, dass ein Fahrer ein Gefühl eines Unbehagens während einer Verfolgung einer Fahrlinie fühlt.

[0004] Jedoch wird in der Vorrichtung, die in der offengelegten japanischen Patentanmeldung JP 2001-001921 A beschrieben ist, nur ein Verfahren zum Multiplizieren einer zukünftigen Seitenabweichung mit dem Regelungsverstärkungsfaktor zum Regeln einer Drehmomenteinstellung für den Lenkunterstützungsabschnitt offenbart, und es ist nicht klar, dass der Fahrort zu dem Sollort konvergiert. Darüber hinaus gibt es beispielsweise keine Beschreibung einer Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs, und die Giergeschwindigkeit wird nicht berücksichtigt. Als ein Ergebnis kann die Fahrt entlang der Sollfahrlinie nicht erreicht werden.

[0005] DE 10 2010 007 598 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur selbsttätigen Querführung eines Fahrzeugs. Eine erkannte Fahrbahn wird in zwei Randbereiche und einen zwischen den Randbereichen angeordneten Mittenbereich aufgeteilt. Zur Steigerung des Fahrkomforts für den Fahrer wird vorgeschlagen, dass eine Reduzierung des Seitenversatzes des Fahrzeugs von einer Fahrspurmitte nur dann vorgenommen wird, wenn sich das Fahrzeug zumindest teilweise in einem der zwei Randbereiche befindet. Zudem wird erwähnt, dass die Reduzierung des Abstands des Fahrzeugs von dem Mittenbereich unter Berücksichtigung der zeitlichen Ableitung der Trajektorie des aktuellen Abstands des Fahrzeugs von dem Mittenbereich und/oder der Krümmung der Fahrspur vorgenommen werden kann.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung ist angesichts des oben erwähnten Problems der Vorrichtung der verwandten Technik gemacht worden und hat deshalb eine Aufgabe, eine Fahrzeuglenkvorrichtung und ein Fahrzeuglenkstellungsverfahren bereitzustellen, die fähig sind zum Konvergieren eines Seitenversatzes bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz zu einer Sollfahrlinie mit einer einfachen Steuerung bzw. Regelung.

[0007] Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch eine Fahrzeuglenkvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Fahrzeuglenkstellungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden eine Fahrzeuglenkvorrichtung und ein Fahrzeuglenkstellungsverfahren bereitgestellt mit: einem Fahrweg-Erkennungsabschnitt zum Erkennen eines Fahrwegs, auf dem ein Fahrzeug fährt; einem Sollfahrlinie-Setzabschnitt zum Setzen einer Sollfahrlinie, die durch das Fahrzeug zum Fahren während des Folgens des Fahrwegs verwendet wird; einem Seitenversatz-Berechnungsabschnitt zum Erfassen eines Seitenversatzes, der eine Differenz zwischen einer Position der Sollfahrlinie und einer Position des Fahrzeugs bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz des Fahrzeugs ist; einem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt zum Berechnen eines Solllenkwinkels, um den Seitenversatz zu reduzieren; und einem Lenksteuerabschnitt zum Steuern eines Lenkwinkels des Fahrzeugs auf Grundlage des

durch den Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt berechneten Solllenkwinkels, wobei der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt eine Seitengeschwindigkeit steuert, die ein Änderungsausmaß des Seitenversatzes ist, um den Seitenversatz zu reduzieren, und den Solllenkwinkel auf Grundlage der Seitengeschwindigkeit berechnet.

[0009] Gemäß der einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Solllenkwinkel auf Grundlage der Seitengeschwindigkeit berechnet, die gesteuert bzw. geregelt worden ist, um den Seitenversatz zu reduzieren, und der Seitenversatz kann somit zu der Sollfahrlinie mit der einfachen Steuerung bzw. Regelung konvergiert werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Ausgestaltungsdiagramm zum Veranschaulichen eines Beispiels einer Lenksystemausgestaltung für eine Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 ist ein funktionales Blockdiagramm der Fahrzeuglenkvorrichtung und einer Steuereinheit von **Fig. 1**.

Fig. 3 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen eines Zwei-Rad-Modells in der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen eines fahrzeugfixierten Koordinatensystems und eines bodenfixierten Koordinatensystems zum Beschreiben einer Steuerung durch die Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 ist ein Diagramm zum Veranschaulichen jeweiliger Parameter zum Beschreiben der Steuerung durch die Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist ein Operationsflussdiagramm zum Veranschaulichen einer Verarbeitung in der Steuereinheit der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform und einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 ist ein Operationsflussdiagramm zum Veranschaulichen von Details einer Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung von **Fig. 6** gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 ist ein Ausgestaltungsdiagramm zum Veranschaulichen eines Beispiels einer Lenksystemausgestaltung für die Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 ist ein funktionales Blockdiagramm der Fahrzeuglenkvorrichtung und der Steuereinheit von **Fig. 8**.

Fig. 10 ist ein Operationsflussdiagramm zum Veranschaulichen von Details der Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung von **Fig. 6** gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 ist ein Diagramm zum schematischen Veranschaulichen eines Beispiels einer Hardwareausgestaltung der Steuereinheit der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0010] Nun wird eine Beschreibung einer Fahrzeuglenkvorrichtung und dergleichen gemäß jeweiligen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die Zeichnungen gegeben. Dieselben oder entsprechende Komponenten sind in den jeweiligen Ausführungsformen durchgehend mit denselben Bezugszeichen bezeichnet, und eine überlappende Beschreibung wird weggelassen.

Erste Ausführungsform

[0011] **Fig. 1** ist ein Ausgestaltungsdiagramm zum Veranschaulichen eines Beispiels einer Lenksystemausgestaltung für eine Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0012] In **Fig. 1** werden rechte und linke Vorderreifen **5** durch eine mit einem Lenkrad **2** gekoppelte Lenkvorrichtung **4** gelenkt. Ein Motor **3** ist mit der Lenkvorrichtung **4** wie in einer allgemeinen Elektroenergie-Lenkvorrichtung gekoppelt, und ein durch den Motor **3** erzeugtes Drehmoment kann an die Lenkvorrichtung **4** angelegt werden. Der Motor **3** wird auf Grundlage eines durch eine später zu beschreibende Steuereinheit **10** ausgegebenen Sollstroms angetrieben.

[0013] Hinsichtlich einer Erfassung eines Fahrzeugzustands wird eine Fahrzeuggeschwindigkeit eines Fahrzeugs **1** durch einen Radgeschwindigkeitssensor **6** erfasst, und ein Giermoment wird durch einen Giergeschwindigkeitssensor **7** erfasst. Darüber hinaus ist eine Kamera **8** in der Nähe eines Innenspiegels in dem Fahrzeug **1** installiert und nimmt ein Vorwärtsbild des Fahrzeugs durch eine Windschutzscheibe des Fahrzeugs zum Ausgeben einer Vorwärtsfahrweginformation auf. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **6**, der Giergeschwindigkeitssensor **7**, die Kamera **8** und der Motor **3** sind mit der Steuereinheit **10** verbunden. Die Steuereinheit **10** gibt Signale von den jeweiligen Sensoren und die Vorwärtsbildinformation von der Kamera **8** ein und gibt einen Sollstrom aus, der ein Ansteuersignal für den Motor **3** ist. Darüber hinaus kann die Steuereinheit **10** eine Steuerfunktion für eine allgemeine Elektroenergie-Lenkvorrichtung haben.

[0014] Fig. 11 ist ein Diagramm zum schematischen Veranschaulichen eines Beispiels einer Hardwareausgestaltung der Steuereinheit **10** von Fig. 1. Eine Schnittstelle (I/F) **101** führt eine Eingabe-/Ausgabesteuerung für Signale zu/von den jeweiligen Sensoren **6** und **7**, der Kamera **8**, dem Motor **3** und anderen derartigen externen Vorrichtungen aus. Ein Prozessor **102** führt vielfältige Typen einer Verarbeitung in Übereinstimmung mit in einem Speicher **103** gespeicherten Programmen aus. Der Speicher **103** speichert die Programme ebenso wie die für die jeweiligen Verarbeitungsstücke, Verarbeitungsergebnisse und dergleichen verwendeten Daten. Die I/F **101**, der Prozessor **102** und der Speicher **103** sind miteinander via einen Bus verbunden.

[0015] Fig. 2 ist ein funktionales Blockdiagramm der Fahrzeuglenkvorrichtung und der Steuereinheit **10** von Fig. 1. In der folgenden Beschreibung ist Fig. 2 ein funktionales Blockdiagramm der Steuereinheit **10**. Eine Verarbeitung durch die jeweiligen funktionalen Blöcke wird durch den Prozessor **102** in Übereinstimmung mit den in dem Speicher **103** von Fig. 11 gespeicherten Programmen ausgeführt. Man beachte, dass als die Hardwareausgestaltung der Steuereinheit **10** anstelle der den Prozessor von Fig. 11 verwendenden Ausgestaltung die Steuereinheit **10** durch einen digitalen Schaltkreis, so wie ein anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC, Application Specific Integrated Circuit), zum Ausführen der Verarbeitung von jedem der funktionalen Blöcke von Fig. 2 konstruiert sein kann.

[0016] Man beachte, dass ein Speicherabschnitt M dem Speicher **103** von Fig. 11 entspricht.

[0017] In Fig. 2 gibt ein Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** die durch die Kamera **8** aufgenommenen Vorwärtsbilddaten ein, um den Fahrweg zu erkennen, und stellt einem Sollfahrlinie-Setzabschnitt **22**, einem Seitenversatz-Berechnungsabschnitt **23** und einem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** eine Vorwärtsfahrweginformation bereit.

[0018] Die Vorwärtsfahrweginformation wird wie unten beschrieben akquiriert. Der Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** verwendet ein allgemein bekanntes Verfahren, um Fahrspurbegrenzungslinien, so wie weiße Linien auf beiden rechten und linken Seiten einer Straße, aus dem durch die Kamera **8** aufgenommenen Vorwärtsbild zu extrahieren. Dann wird die Vorwärtsfahrweginformation aus einem Ergebnis eines Erfassens von Distanzen von einer eigenen Fahrzeugposition zu den Fahrspurbegrenzungslinien bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz und einer Sollfahrlinie-Schrägstellung eLd bei der Vorwärtsblickpunktdistanz auf Grundlage einer Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellung akquiriert.

[0019] Die Sollfahrlinie-Schrägstellung eLd bei der Vorwärtsblickpunktdistanz wird auf Grundlage der Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellung bei der Vorwärtsblickpunktdistanz erfasst. Ein Wert ist für die Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellung genug. Wenn die Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellungen auf beiden Seiten akquiriert werden können, brauchen die Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellungen nur in einen Wert durch Mittelung oder dergleichen überführt zu werden. Wenn die Fahrspurbegrenzungslinie-Schrägstellung nur auf einer Seite akquiriert werden kann, braucht der Wert nur direkt verwendet zu werden. Darüber hinaus wird auch eine Fahrwegbreite auf Grundlage von Distanzen von der eigenen Fahrzeugposition zu den Fahrspurbegrenzungslinien auf beiden Seiten berechnet. Wenn die Fahrspurbegrenzungslinie nur auf einer Seite erfasst wird, wird es bevorzugt, dass die Fahrwegbreite auf eine allgemeine Fahrwegbreite (so wie 3,5 m) gesetzt wird.

[0020] Der Sollfahrlinie-Setzabschnitt **22** setzt eine Sollfahrlinie, die als ein Ziel dient, wenn das Fahrzeug zum Fahren während eines Folgens des Fahrwegs gesteuert wird, in dem Fahrweg auf Grundlage der durch den Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** akquirierten Fahrwegbreite. In dieser Ausführungsform wird die Sollfahrlinie auf eine Position gesetzt, die um eine gesetzte Distanz (so wie 1/2 der Fahrwegbreite) von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite ausgehend ist. Jedoch ist die Sollfahrlinie nicht auf die Festlegung dieser Ausführungsform beschränkt und kann zweckgemäß abhängig von der Präferenz des Fahrers geändert werden.

[0021] Der Seitenversatz-Berechnungsabschnitt **23** berechnet einen Seitenversatz bei der Vorwärtsblickpunktdistanz auf Grundlage der Distanz des eigenen Fahrzeugs von der Fahrspurbegrenzungslinie, die durch den Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** akquiriert worden ist, und der Sollfahrlinie, die durch den Sollfahrlinie-Setzabschnitt **22** gesetzt worden ist. Falls die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite verfügbar ist, ist der Seitenversatz ein Wert, der durch Subtrahieren der Position der Sollfahrlinie von dem Wert der Distanz akquiriert worden ist. In diesem Fall ist der Wert positiv, wenn das Fahrzeug auf der linken Seite bezüglich der Sollfahrlinie ist. Falls die (Distanz von der) Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite nicht erfasst werden kann, und nur die (Distanz von der) Fahrspurbegrenzungslinie auf der linken Seite erfasst wird, ist ein Wert, der akquiriert worden ist durch Subtrahieren der Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der linken Seite von der Fahrwegbreite, die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite, und daher braucht ein Wert, der durch Subtrahieren der Position der Sollfahrlinie von diesem Wert akquiriert worden ist, nur als der Seitenversatz gesetzt zu werden.

[0022] Der Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **24** gibt ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal der durch den Radgeschwindigkeitssensor **6** erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit ein und stellt die Fahrzeuggeschwindigkeit dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit. Ähnlich gibt der Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** ein Giermomentsignal des Giermoments des Fahrzeugs, erfasst durch den Giergeschwindigkeitssensor **7**, ein und stellt das Giermoment dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit. Darüber hinaus verwendet ein Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsabschnitt **28** ein allgemein bekanntes Verfahren (siehe beispielsweise die offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2010-111246) zum Schätzen eines Straßenoberflächenreibungskoeffizienten und stellt den Straßenoberflächenreibungskoeffizient dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit. Der Straßenoberflächenreibungskoeffizient wird beispielsweise von einem Straßenoberfläche-Reaktionsmomentsignal akquiriert, das durch einen in der Lenkvorrichtung **4** enthaltenen Straßenoberfläche-Reaktionsmomentsensor (im Detail nicht gezeigt) erfasst und eingegeben wird.

[0023] Der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** berechnet einen Solllenkwinkel auf Grundlage der akquirierten Information und stellt den Solllenkwinkel einem Lenksteuerabschnitt **29** bereit.

[0024] Hinsichtlich der Berechnung des Solllenkwinkels braucht nur solch ein Lenkwinkel als der Solllenkwinkel akquiriert zu werden, dass eine Differenz zwischen der eigenen Fahrzeugposition bei der Vorwärtsblickpunktdistanz und der Sollfahrlinie sich null annähert, um das eigene Fahrzeug zum Folgen der Sollfahrlinie zu steuern. Für den Seitenversatz y_{Ld} , der die Differenz zwischen der Sollfahrlinie und der eigenen Fahrzeugposition bei der Vorwärtsblickpunktdistanz ist, wird somit eine Seitengeschwindigkeit y'_{Ld} , die eine Änderungsgeschwindigkeit des Seitenversatzes y_{Ld} ist, berücksichtigt. Falls die Seitengeschwindigkeit y'_{Ld} so gesteuert wird, dass der Seitenversatz y_{Ld} sich verringert, nähert sich der Seitenversatz y_{Ld} null, und daher braucht nur die Seitengeschwindigkeit y'_{Ld} gesteuert zu werden, um Ausdruck (1) zu erfüllen. Man beachte, dass in Ausdruck (1) y'_{Ld} die Seitengeschwindigkeit bei dem Vorwärtsblickpunkt ist, y_{Ld} der Seitenversatz zwischen der Sollfahrlinie und der eigenen Fahrzeugposition bei dem Vorwärtsblickpunkt ist, λ ein Dämpfungscharakteristikparameter von y_{Ld} ist, der einen positiven Wert annimmt. Wenn/wie λ zunimmt, nimmt eine Reaktion auf die Steuerung zu, aber die Stabilität neigt zur Verringerung.

$$y'_{Ld} = -\lambda \cdot y_{Ld} \quad \text{Ausdruck (1)}$$

[0025] Um die Seitengeschwindigkeit y'_{Ld} zu akquirieren, wird nun eine Bewegungsgleichung des Zwei-Rad-Modells in einem auf das Fahrzeug fixierten Koordinatensystem betrachtet. **Fig. 3** ist ein Diagramm zum Veranschaulichen des Zwei-Rad-Modells, und die Bewegungsgleichung des Zwei-Rad-Modells wird durch Ausdruck (2) gegeben.

$$m \left(v'_{y0} + v_{x0} \cdot \gamma' \right) = -2C_f \left(\frac{v_{y0} + L_f \cdot \gamma'}{v_{x0}} \right) - 2C_r \left(\frac{v_{y0} + L_r \cdot \gamma'}{v_{x0}} \right) \quad (2)$$

wobei m ein Fahrzeuggewicht repräsentiert, v_{x0} und v_{y0} die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und Seitengeschwindigkeit bei dem Fahrzeugschwerpunkt repräsentieren, v'_{y0} eine Fahrzeugseitenbeschleunigung bei dem Fahrzeugschwerpunkt repräsentiert, γ' die Giergeschwindigkeit repräsentiert, L_f eine Distanz zwischen dem Schwerpunkt und einer Vorderradachse repräsentiert, L_r eine Distanz zwischen dem Schwerpunkt und einer Hinterradachse repräsentiert, C_f eine vorderradseitige Kraft/Steifigkeit repräsentiert, C_r eine hinterradseitige Kraft/Steifigkeit repräsentiert, und θ einen (Soll-) Lenkwinkel repräsentiert. Man beachte, dass die Fahrzeug-

seitengeschwindigkeit v_{y0} und der Lenkwinkel θ in der Linksrichtung positiv sind, und die Giergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ in der Richtung entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn positiv ist. Darüber hinaus repräsentiert „“ eine mittels Differenzierung akquirierte zeitliche Änderung, und beispielsweise wird der Versatz in die Geschwindigkeit umgewandelt, und die Geschwindigkeit wird in die Beschleunigung umgewandelt (dasselbe findet hier im Nachfolgenden Anwendung).

[0026] Andererseits sind Koordinatenkomponenten $[x_1, y_1]^T$ und $[x_0, y_0]^T$ der Sollfahrlinieposition **P1** bei der Vorwärtsblickpunktdistanz und der Fahrzeugschwerpunkt **P0** in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem jeweils als Ausdruck (3) repräsentiert. Im Ausdruck (3) repräsentiert L_d die Vorwärtsblickpunktdistanz.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_d \\ y_{Ld} \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0027] Nun wird ein bodenfixiertes Koordinatensystem betrachtet. **Fig. 4** ist ein Diagramm zum Veranschaulichen des fahrzeugfixierten Koordinatensystem $[x, y]$ (gestrichelte Linie) und des bodenfixierten Koordinatensystems $[X, Y]$ (durchgezogene Linie). **Fig. 5** ist ein Diagramm zum Veranschaulichen jeweiliger Parameter.

[0028] Die durch die lang-kurz-gestrichelte Linie von **Fig. 5** repräsentierte Sollfahrlinie erstreckt sich beispielsweise entlang der Mitte der Breite einer Straße. Somit ist in **Fig. 5** ein Zustand veranschaulicht, in dem das Fahrzeug nun auf der rechten Seite des Fahrwegs fährt. Darüber hinaus ist der Seitenversatz y_{Ld} eine Differenz zwischen einer Position (Mittenposition) des Fahrzeugs bei der Vorwärtsblickpunktdistanz L_d des Fahrzeugs und der Position der Sollfahrlinie in einer Richtung orthogonal zu der (aktuellen) Fahrrichtung des Fahrzeugs.

[0029] Die Giergeschwindigkeit $\dot{\gamma}$ des Fahrzeugs ist als positiv in der Richtung entgegengesetzt zu dem Uhrzeigersinn definiert. Wenn das fahrzeugfixierte Koordinatensystem bei einer um δ bezüglich des bodenfixierten Koordinatensystems entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn gedrehten Position ist, ist die Richtung von δ bei dieser Gelegenheit positiv (die Richtung, wenn das Fahrzeug sich entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn bezüglich des Bodens dreht, ist positiv). Wenn Ausdruck (3) von dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem in das bodenfixierte Koordinatensystem übersetzt wird, werden als ein Ergebnis Koordinatenkomponenten $[X_1, Y_1]^T$ und $[X_0, Y_0]^T$ in dem bodenfixierten Koordinatensystem durch Ausdruck (4) repräsentiert.

$$\begin{bmatrix} \cos\delta & -\sin\delta \\ \sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\delta & -\sin\delta \\ \sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_d \\ y_{Ld} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0030] Darüber hinaus können Koordinatenkomponenten $[v_{x1}, v_{y1}]^T$ einer Bewegungsgeschwindigkeit der Sollfahrlinieposition **P1** in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem als Ausdruck (5) mit Verwendung von $[X_1, Y_1]^T$ in dem bodenfixierten Koordinatensystem repräsentiert werden.

$$\begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\delta & \sin\delta \\ -\sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{Y}_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0031] Um Ausdruck (4) Ausdruck (5) zuzuweisen, wird Ausdruck (4) in Ausdruck (6) differenziert.

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{Y}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{X}_0 \\ \dot{Y}_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -L_d \cdot \dot{\delta} \cdot \sin\delta - y'_{Ld} \cdot \sin\delta - y_{Ld} \cdot \dot{\delta} \cdot \cos\delta \\ L_d \cdot \dot{\delta} \cdot \cos\delta + y'_{Ld} \cdot \cos\delta - y_{Ld} \cdot \dot{\delta} \cdot \sin\delta \end{bmatrix} \quad (6)$$

[0032] Das bodenfixierte Koordinatensystem $[X'_0, Y'_0]^T$ von Ausdruck (6) wird als Ausdruck (7) in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem $[v_{x0}, v_{y0}]^T$ repräsentiert.

$$\begin{bmatrix} X'_0 \\ Y'_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\delta & -\sin\delta \\ \sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{x0} \\ v_{y0} \end{bmatrix} \quad (7)$$

[0033] Wenn Ausdruck (6) und Ausdruck (7) Ausdruck (5) zugewiesen werden, wird die Bewegungsgeschwindigkeit $[v_{x1}, v_{y1}]^T$ der Sollfahrlinieposition **P1** als Ausdruck (8) in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem repräsentiert mittels Berücksichtigung, dass die Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs unabhängig von dem Koordinatensystem gleich ist, und somit $\delta' = \gamma'$ etabliert ist.

$$\begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{x0} - y_{Ld} \cdot \gamma' \\ v_{y0} + y'_{Ld} + L_d \cdot \gamma' \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0034] Darüber hinaus wird eine Beziehung zwischen einer Schrägstellung bzw. Inklination e_{Ld} einer Tangente bei der Sollfahrlinieposition **P1** und der Geschwindigkeit der Sollfahrlinieposition **P1** als Ausdruck (9) in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem repräsentiert.

$$\tan(e_{Ld}) = \frac{v_{y1}}{v_{x1}} \quad (9)$$

[0035] Ausdruck (9) wird v_{y1} in der zweiten Zeile von Ausdruck (8) zugewiesen, und Ausdruck (8) wird umgeordnet. Es wird angenommen, dass die Krümmung des Fahrwegs sanft ist, und $\tan(e_{Ld}) \approx e_{Ld}$ auf Grundlage von $|e_{Ld}| \ll 1$ etabliert ist. Dann wird die Fahrzeugseitengeschwindigkeit y'_{Ld} bezüglich der Sollfahrlinie wie folgt in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem repräsentiert.

$$y'_{Ld} = v_{x1} \cdot e_{Ld} - v_{y0} - L_d \cdot \gamma' \quad (10)$$

[0036] Um Ausdruck (10) Ausdruck (2) zuzuweisen, wird Ausdruck (10) bezüglich v_{y0} aufgelöst, um Ausdruck (11) zu akquirieren. Ferner wird Ausdruck (11) differenziert, und $v'_{xi} \approx 0$ wird unter der Annahme berücksichtigt, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit sich nicht abrupt ändert. Dann wird Ausdruck (12) akquiriert.

$$v_{y0} = v_{x1} \cdot e_{Ld} - L_d \cdot \gamma' - y'_{Ld} \quad (11)$$

$$v'_{y0} = v_{x1} \cdot e'_{Ld} - L_d \cdot \gamma'' - y''_{Ld} \quad (12)$$

[0037] Wenn Ausdruck (11) und Ausdruck (12) Ausdruck (2) zugewiesen werden, und es angenommen wird, dass die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit $\gg$ Seitengeschwindigkeit und der Einfluss der Giergeschwindigkeit auf die Fahrzeuggeschwindigkeit winzig ist, können die Geschwindigkeiten des Fahrzeugs in dem fahrzeugfixierten Koordinatensystem und dem bodenfixierten Koordinatensystem als gleich zueinander betrachtet werden. Wenn darüber hinaus angenommen wird, dass die Fahrzeuggeschwindigkeitsänderung auch winzig ist, ist $v_{x0} = v_{x1}$ etabliert, und die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit ist in dem bodenfixierten Koordinatensystem konstant. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit in dem bodenfixierten Koordinatensystem (gleich der Fahrzeuggeschwindigkeit, die durch den Radgeschwindigkeitssensor **6** erfasst worden ist und an den Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **24** eingegeben worden ist) auf V gesetzt ist, kann es in Erwägung gezogen werden, dass $V = v_{x0} = v_{x1}$ etabliert ist, und somit wird Ausdruck (13), der ein Zwei-Rad-Modell ist, wobei die Vorwärtsblickpunktdistanz eine Referenz ist, akquiriert.

$$\begin{aligned} m(V \cdot e'_{Ld} - L_d \cdot \gamma'' - y''_{Ld} + V \cdot \gamma') = \\ - \frac{2(C_f + C_r)}{V} (V \cdot e_{Ld} - L_d \cdot \gamma' - y'_{Ld}) - \frac{2(C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r)}{V} \gamma' + 2C_f \cdot \theta \end{aligned} \quad (13)$$

[0038] Wenn Ausdruck (13) bezüglich der Seitengeschwindigkeit y'_{Ld} gelöst wird, wird Ausdruck (14) akquiriert.

$$\begin{aligned} y'_{Ld} = V \cdot e_{Ld} + \left(-L_d + \frac{C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r}{C_f + C_r} \right) \cdot \gamma' - \frac{C_f \cdot V}{C_f + C_r} \theta + \frac{m \cdot V^2}{2(C_f + C_r)} \gamma' \\ + \frac{m \cdot V}{2(C_f + C_r)} (V \cdot e'_{Ld} - L_d \cdot \gamma'' - y''_{Ld}) \end{aligned} \quad (14)$$

$y''L_d$ in Ausdruck (14) ist bei dieser Gelegenheit eine Beschleunigung in der Fahrzeugseitenrichtung. Wenn ein Zustand, in dem $y''L_d$ unter der Annahme erzeugt wird, dass ein extremer Schiebewinkel bzw. Schleudwinkel, so wie ein Rutschen, nicht erzeugt wird, identisch zu einem Kurvenfahrzustand betrachtet werden kann, ist $y''L_d$ eine Beschleunigung einer Kreisbewegung und wird als Ausdruck (15) betrachtet. Ein Teil der Terme von Ausdruck (14) kann mittels Zuweisung von Ausdruck (15) an Ausdruck (14) aufgehoben werden.

$$y''L_d = \frac{V^2}{r} = V \cdot \gamma' \quad (15)$$

[0039] Darüber hinaus werden die Werte von $e'L_d$ und γ' , die Ableitungsterme sind, nur erzeugt, wenn die Krümmung sich auf einen Eintritt in oder ein Verlassen von einer Kurve ändert, und die Giergeschwindigkeit ändert sich als ein Ergebnis einer Änderung in dem Lenkwinkel entsprechend dazu. Diese Terme sind gegeneinander aufzuhebende Werte, obwohl das Timing dazwischen geringfügig abweicht. Falls die Terme $e'L_d$ und γ' gleichzeitig weggelassen werden, kann deshalb der Einfluss als schmal betrachtet werden, und durch Weglassen dieser Terme kann eine abrupte Änderung in $y'L_d$ (letztendlich in dem Solllenkwinkel θ) verhindert werden, und der Ausdruck kann vereinfacht werden. Somit kann Ausdruck (14) in Ausdruck (16) mittels Zuweisung von Ausdruck (15) und Weglassen der Terme $e'L_d$ und γ' transformiert werden.

$$y'L_d = V \cdot eL_d + \left(-L_d + \frac{C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r}{C_f + C_r} \right) \cdot \gamma' - \frac{C_f \cdot V}{C_f + C_r} \theta \quad (16)$$

[0040] Somit wird Ausdruck (17) akquiriert mittels Zuweisung von Ausdruck (16), der die Seitenbeschleunigung ist, an Ausdruck (1) und Umordnen von Ausdruck (1) bezüglich θ , während θ als der Solllenkwinkel betrachtet wird.

$$\theta = \frac{C_f + C_r}{C_f \cdot V} \left(\lambda \cdot yL_d + V \cdot eL_d - \left(L_d - \frac{C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r}{C_f + C_r} \right) \cdot \gamma' \right) \quad (17)$$

[0041] Schließlich wird im Ausdruck (17) Ausdruck (1) akquiriert mittels Ersetzen der Koeffizienten k_1 bis k_3 durch Ausdruck (18) bis Ausdruck (20).

$$k_1 = \frac{C_f + C_r}{C_f \cdot V} \lambda = \frac{k_2}{V} \lambda \quad (18)$$

$$k_2 = \frac{C_f + C_r}{C_f} \quad (19)$$

$$k_3 = \frac{C_f + C_r}{C_f \cdot V} \left(L_d - \frac{C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r}{C_f + C_r} \right) = \frac{k_2}{V} \left(L_d - \frac{C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r}{C_f + C_r} \right) \quad (20)$$

$$\theta = k_1 \cdot yL_d + k_2 \cdot eL_d - k_3 \cdot \gamma' \quad (1)$$

wobei θ den Solllenkwinkel repräsentiert, k_1 bis k_3 die Koeffizienten repräsentieren, yL_d den Seitenversatz bei der Vorwärtsblickpunktdistanz repräsentiert, eL_d die Sollfahrlinie-Schrägstellung bei der Vorwärtsblickpunktdistanz repräsentiert, und γ' die Giergeschwindigkeit repräsentiert.

[0042] Hinsichtlich der in den Koeffizienten k_1 bis k_3 enthaltenen Werte sind L_f und L_r die Distanzen zwischen dem Schwerpunkt und den Achsen und sind somit feste Werte, die für jedes Fahrzeug bestimmt worden sind, aber C_f und C_r sind Werte mit Bezug zu Reibungskräften der Reifen und ändern sich abhängig von dem Straßenoberflächenzustand und den Reifen, und ist ein Wert mit Bezug zu einem Regelverhalten und muss somit abhängig von der Situation geändert werden. Ferner enthalten k_1 und k_3 die Fahrzeuggeschwindigkeit, und L_d muss abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit geändert werden, und daher müssen die Koeffizienten k_1 bis k_3 abhängig von dem Fahrzeugzustandsmaß geändert werden. Im Besonderen muss für eine Fahr-

zeuggeschwindigkeit, bei der der Einfluss einer Änderung in dem Lenkwinkel auf die Fahrzeugverhaltensänderung groß ist, oder für eine Straße mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten (μ), die Reaktion der Lenkwinkelsteuerung unterdrückt werden, und die Koeffizienten k_1 bis k_3 müssen abhängig von dem Straßenoberflächenreibungskoeffizienten mit einem großen Einfluss auf C_f und C_r geändert werden.

[0043] Hinsichtlich des von Ausdruck (17) akquirierten Solllenkwinkels kann der Wert, wenn der Solllenkwinkel ein übermäßig großer Wert wird, von einer Bedingung abweichen, die die Anwendung des Zwei-Rad-Modells ermöglicht, und zusätzlich werden C_f - und C_r -Charakteristika stark verändert, und daher muss der Solllenkwinkel begrenzt werden. Als ein Ergebnis kann verhindert werden, dass das Fahrzeug instabil wird. Darüber hinaus ist eine abrupte Änderung des Fahrzeugverhaltens nicht erwünscht, und ein Änderungsausmaß des Solllenkwinkels pro Zeiteinheit muss auch begrenzt werden.

[0044] Der Lenksteuerabschnitt **29** berechnet das Lenkdrehmoment auf Grundlage des durch den Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** akquirierten Solllenkwinkels und gibt das Ansteuersignal zum Veranlassen, dass der Sollstrom durch den Motor **3** fließt, aus. Das Lenkdrehmoment braucht nur als dem Solllenkwinkel entsprechendes Drehmoment mittels Verwendung einer Lenkdrehmomentcharakteristik, die dem Lenkwinkel entspricht, im Voraus akquiriert, akquiriert zu werden, und das Ansteuersignal wird von einer Motorcharakteristik als ein Sollstrom zum Erzielen des Lenkdrehmoments akquiriert. Die Lenkdrehmomentcharakteristik, die dem Lenkwinkel der Lenkvorrichtung **4** entspricht, und die Motorcharakteristik des Motors **3** sind im Voraus in dem Speicherabschnitt **M** gespeichert, der der Speicher **103** ist.

[0045] Nun wird eine Beschreibung einer Operation der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gegeben. **Fig. 6** ist ein Operationsflussdiagramm zum Veranschaulichen einer bei einem konstanten Zyklus (so wie 0,01 Sekunde) ausgeführten Verarbeitung in der Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0046] In **Fig. 6** wird zuerst im Schritt **S101** (Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsabschnitt **28**) eine Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsverarbeitung ausgeführt, um einen Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert zu akquirieren. Wie oben beschrieben, kann ein allgemein bekanntes Verfahren als das Schätzungsverfahren verwendet werden, und der Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert braucht nur aus dem Straßenoberflächenreaktionsmoment geschätzt zu werden, das durch den Reifen des Fahrzeugs von der Straßenoberfläche empfangen worden ist. Der bei dieser Gelegenheit akquirierte Schätzwert wird zum Korrigieren der zum Berechnen des Solllenkwinkels verwendeten Koeffizienten verwendet.

[0047] Dann wird im Schritt **S102** (Sollfahrlinie-Setzabschnitt **22**) eine Sollfahrlinie-Setzverarbeitung ausgeführt, um eine Sollfahrlinie $line_tg$ zu setzen. Die Sollfahrlinie $line_tg$ wird beispielsweise auf einen Wert gesetzt, der 1/2 der Fahrwegbreite mit Verweis auf die Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite ist.

[0048] Im Schritt **S103** (Seitenversatz-Berechnungsabschnitt **23**) wird eine Seitenversatz-Berechnungsverarbeitung ausgeführt, um den Seitenversatz yLd des Fahrzeugs zu berechnen. Zuerst wird die eigene Fahrzeugposition als die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite begrenzt, und ein Wert, der akquiriert worden ist mittels Subtrahieren der Sollfahrlinie $line_tg$ von der akquirierten eigenen Fahrzeugposition, wird als der Seitenversatz berechnet. Wenn die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite nicht erfasst werden kann, sondern nur die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der linken Seite erfasst wird, wird ein Wert, der akquiriert worden ist mittels Subtrahieren der Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der linken Seite von der Fahrwegbreite, als die Distanz von der Fahrspurbegrenzungslinie auf der rechten Seite berechnet.

[0049] Im Schritt **S104** (Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26**) wird eine Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung ausgeführt, um einen Solllenkwinkel ang_tg zu berechnen. Ein Berechnungsverfahren wird später detailliert dargestellt (**Fig. 7**).

[0050] Schließlich wird im Schritt **S105** (Lenksteuerabschnitt **29**) eine Lenksteuerverarbeitung ausgeführt, und das Ansteuersignal wird an den Motor **3** ausgegeben, um dadurch die Verarbeitung abzuschließen. Zuerst wird das Solllenkdrehmoment als dem Solllenkwinkel entsprechendes Drehmoment mittels Verwendung der Lenkdrehmomentcharakteristik akquiriert, die dem Lenkwinkel entspricht, im Voraus akquiriert. Auf Grundlage des akquirierten Solllenkdrehmoments wird ein Sollstrom $Imtr_tg$ zum Erzeugen des Lenkdrehmoments akquiriert mittels Verwendung der Motorcharakteristik. Der Sollstrom $Imtr_tg$ wird als das Ansteuersignal ausgegeben, um dadurch den Motor **3** anzutreiben.

[0051] Dann wird nun mit Verweis auf **Fig. 7** eine detaillierte Beschreibung der Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung von Schritt **S104** (Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26**) gegeben. In **Fig. 7** werden im Schritt **S201** die Koeffizienten k_1 bis k_3 im Ausdruck (1), der ein Berechnungsausdruck für einen Solllenkwinkel-Grundwert ang_bs ist, berechnet. Die Koeffizienten k_1 bis k_3 werden durch Ausdruck (18) bis Ausdruck (20) akquiriert.

[0052] Zuerst wird k_2 auf Grundlage von C_f und C_r , die in Zuordnung zu dem Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert gesetzt sind, berechnet.

[0053] Der Koeffizient k_1 ist ein Wert, der durch Multiplizieren von k_2 mit λ/V akquiriert worden ist, und hat solch eine Charakteristik, dass er abnimmt, wenn/wie die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt. Darüber hinaus ist ein Wert mit Bezug zu dem Regelverhalten bzw. der Steuerantwort. Wenn/wie der Straßenoberflächenreibungskoeffizient sich verringert, verringert sich jedoch ein Bereich des Schiebewinkels, abgefertigt durch C_f und C_r , und daher muss der Solllenkwinkel verringert werden, wenn/wie der Straßenoberflächenreibungskoeffizient μ abnimmt. Somit muss das Ansprechverhalten verringert werden, wenn/wie der Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert abnimmt. Deshalb wird k_1 gesetzt, um abzunehmen, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt, und der Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert abnimmt.

[0054] Hinsichtlich k_3 wird es bevorzugt, dass L_d erhöht wird, wenn/wie die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt (so wie eine Fahrdistanz in einer gesetzten Periode von ungefähr 1 Sekunde), und daher wird k_3 auf Grundlage von L_d , das unabhängig gesetzt wird, und den gesetzten Werten von C_f und C_r gesetzt, zusätzlich zu der Fahrzeuggeschwindigkeit.

[0055] Im Schritt **S202** wird der Solllenkwinkel-Grundwert ang_bs mittels Verwendung von Ausdruck (1) berechnet.

[0056] Der Solllenkwinkel-Grundwert ang_bs wird mittels Zuweisung der folgenden Werte an Ausdruck (1) berechnet:

die im Schritt **S201** berechneten Koeffizienten k_1 bis k_3 ;

der im Schritt **S103** berechnete Seitenversatz y_{Ld} bei der Vorwärtsblickpunktdistanz;

die von dem Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** akquirierte Sollfahrlinie-Schrägstellung e_{Ld} bei der Vorwärtsblickdistanz; und

die aus dem Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** akquirierte Giergeschwindigkeit y' .

[0057] Im Schritt **S203** wird für den akquirierten ang_bs ein begrenzter Solllenkwinkel-Grundwert ang_clp berechnet. Wenn der Solllenkwinkel ein übermäßig großer Wert wird, kann der Wert von der Bedingung abweichen, die die Anwendung des Zwei-Rad-Modells erlaubt. Außerdem werden die C_f - und C_r -Charakteristika stark verändert. Deshalb wird der Solllenkwinkel begrenzt. Wenn der Solllenkwinkel während der Hochgeschwindigkeitsfahrt zunimmt, nimmt darüber hinaus eine Zentrifugalkraft zu, und daher ist die Begrenzung auch erforderlich, um die Seitenbeschleunigung zu unterdrücken. Deshalb wird für ang_bs ein Wert, der auf einen Bereich des Lenkwinkels begrenzt ist, der dem Bereich des Schiebewinkels entspricht, abgefertigt durch C_f und C_r , abhängig von dem Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzwert, und auch auf einen Bereich des Lenkwinkels begrenzt ist, in dem die Seitenbeschleunigung in einen gesetzten Wert (so wie 0,2 G) fällt, abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit, als ang_clp berechnet.

[0058] Schließlich wird im Schritt **S204** für den akquirierten ang_clp der Solllenkwinkel ang_tg berechnet, und die Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung wird abgeschlossen. Eine abrupte Änderung in dem Fahrzeugverhalten ist nicht erwünscht, und das Änderungsausmaß des Solllenkwinkels pro Zeiteinheit wird somit begrenzt. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt, nimmt die Fahrzeugverhaltensänderung bezüglich der Lenkwinkeländerung zu, und solch eine Begrenzung, um das Änderungsausmaß zu verringern, wenn/wie die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt, wird daher auferlegt. Ein vorheriger Solllenkwinkel ang_tg_old wird gespeichert, und ein Änderungsausmaß-Begrenzungswert dlt_ang wird in Übereinstimmung mit der Fahrzeuggeschwindigkeit gesetzt. Dann wird ein auf einen Bereich von $\text{ang_tg_old} \pm \text{dlt_ang}$ begrenzter Wert für ang_clp als der Solllenkwinkel ang_tg berechnet.

[0059] Man beachte, dass oben auf **Fig. 2** als das funktionale Blockdiagramm der Steuereinheit verwiesen wurde, aber sie ein funktionales Blockdiagramm der gesamten Fahrzeuglenkvorrichtung sein kann.

[0060] In diesem Fall enthält der Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** ferner die Kamera **8**. Der Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** nimmt das Vorwärtsbild auf, um den Fahrweg zu erkennen, und stellt die Vorwärtsfahrweginformation dem Sollfahrlinie-Setzabschnitt **22**, dem Seitenversatz-Berechnungsabschnitt **23** und dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit.

[0061] Der Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **24** enthält ferner den Radgeschwindigkeitssensor **6**. Der Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **24** erfasst die Fahrzeuggeschwindigkeit und stellt die Fahrzeuggeschwindigkeit dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit.

[0062] Der Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** enthält ferner den Giergeschwindigkeitssensor **7**. Der Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** erfasst das Giermoment des Fahrzeugs und stellt das Giermoment dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit.

[0063] Der Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsabschnitt **28** verwendet ein allgemein bekanntes Verfahren zum Schätzen des Straßenoberflächenreibungskoeffizienten und stellt den Straßenoberflächenreibungskoeffizient dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit. Der Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsabschnitt **28** enthält ferner die Lenkvorrichtung **4** mit dem Straßenoberfläche-Reaktionsmomentsensor (im Detail nicht gezeigt).

[0064] Darüber hinaus konstruieren der Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **24** und der Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** einen Fahrzeugzustandsmaß-Erfassungsabschnitt, und die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Giergeschwindigkeit begründen die Fahrzeugzustandsmaße.

Zweite Ausführungsform

[0065] In der ersten Ausführungsform wird der Solllenkwinkel in das Lenkdrehmoment zum Antreiben des Motors **3** für die Steuerung bzw. Regelung des Lenkwinkels umgewandelt, aber um die Lenkwinkelsteuerung präziser auszuführen, kann ein tatsächlicher Lenkwinkel erfasst werden, und die Regelung kann so ausgeführt werden, dass der tatsächliche Lenkwinkel der Solllenkwinkel wird.

[0066] **Fig. 8** ist ein Ausgestaltungsdiagramm zum Veranschaulichen eines Beispiels einer Lenksystemausgestaltung für eine Fahrzeuglenkvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Als eine Modifizierung von der ersten Ausführungsform ist ein Lenkwinkelsensor **9** anstelle des Giergeschwindigkeitssensors montiert. Der tatsächliche Lenkwinkel wird durch den Lenkwinkelsensor **9** erfasst, und daher kann eine Regelung so ausgeführt werden, dass der tatsächliche Lenkwinkel der Solllenkwinkel wird, und ferner kann der Giergeschwindigkeitssensor mittels Schätzen der Giergeschwindigkeit durch ein allgemein bekanntes Verfahren eliminiert werden.

[0067] **Fig. 9** ist ein funktionales Blockdiagramm der Fahrzeuglenkvorrichtung und der Steuereinheit **10** von **Fig. 8**. In der folgenden Beschreibung ist **Fig. 9** ein funktionales Blockdiagramm der Steuereinheit **10**. Eine Verarbeitung durch die jeweiligen funktionalen Blöcke wird durch den Prozessor **102** in Übereinstimmung mit den in dem Speicher **103** von **Fig. 11** gespeicherten Programmen ausgeführt. Als eine Modifizierung von der ersten Ausführungsform ist der Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt **25** eliminiert, und ein Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt **27** ist hinzugefügt. Der Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt **27** gibt ein Tatsächlicher-Lenkwinkel-Signal des durch den Lenkwinkelsensor **9** erfassten tatsächlichen Lenkwinkels ein und stellt den tatsächlichen Lenkwinkel dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit.

[0068] Darüber hinaus ist eine Verarbeitung zum Schätzen der Giergeschwindigkeit zu dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** zusätzlich zu den Funktionen der ersten Ausführungsform hinzugefügt. Ferner führt der Lenksteuerabschnitt **29** anstelle der Berechnung des Lenkdrehmoments eine Regelung aus, so dass der tatsächliche Lenkwinkel der Solllenkwinkel wird, um dadurch das Ansteuersignal für den Motor **3** auszugeben.

[0069] Unterschiede von der ersten Ausführungsform (**Fig. 6**) in der Verarbeitung durch die Steuereinheit **10** sind Inhalte der Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung von Schritt **S104** und der Lenksteuerungsverarbeitung von Schritt **S105**. Die Lenksteuerungsverarbeitung von Schritt **S105** hat, wie oben beschrieben, eine Funktion zum Ausführen der Regelung, so dass der tatsächliche Lenkwinkel der Solllenkwinkel wird. Die Regelung braucht nur ein allgemein bekanntes Verfahren zu sein, und das Ansteuersignal (Sollstrom) für den Motor **3** braucht nur durch eine PID- (Proportional-Integral-Derivative) Regelung oder dergleichen akquiriert zu werden, so dass die Differenz zwischen dem tatsächlichen Lenkwinkel und dem Solllenkwinkel reduziert wird.

[0070] Mit Verweis auf **Fig. 10** wird nun eine Beschreibung der Solllenkwinkel-Berechnungsverarbeitung von Schritt **S104** gegeben. In **Fig. 10** wird im Schritt **S301** ein Giergeschwindigkeit-Schätzwert auf Grundlage des tatsächlichen Lenkwinkels berechnet. Als ein Berechnungsverfahren brauchen die Fahrzeuggeschwindigkeit und die aus dem tatsächlichen Lenkwinkel erzeugte Giergeschwindigkeit nur in dem Speicherabschnitt M (Speicher **103**) im Voraus als eine Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem tatsächlichen Lenkwinkel und der Giergeschwindigkeit gespeichert zu sein, und der Giergeschwindigkeit-Schätzwert braucht nur mittels Verweis auf diese Beziehung akquiriert zu werden. Darüber hinaus kann das Zwei-Rad-Modell oder dergleichen verwendet werden, um zweckgemäß den Giergeschwindigkeit-Schätzwert zu akquirieren. Schritt **S302** bis Schritt **S305** nach Schritt **S301** sind jeweils dieselben wie Schritt **S201** bis Schritt **S204** von **Fig. 7** gemäß der ersten Ausführungsform, und die Solllenkwinkelberechnung mittels Verwendung von Ausdruck (1) ist auch dieselbe. Man beachte, dass als die im Schritt **S303** verwendete Giergeschwindigkeit y' der im Schritt **S301** berechnete Giergeschwindigkeit-Schätzwert verwendet wird.

[0071] In dieser Ausführungsform wird als der Lenksteuerabschnitt **29** die Elektroenergie-Lenkvorrichtung als eine Basis verwendet, aber der Lenksteuerabschnitt **29** braucht nur zum Steuern der Lenkung ausgestaltet zu sein und kann beispielsweise eine Steer-by-Wire genannte Lenkvorrichtung sein, die eine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad und den gesteuerten Rädern eliminiert.

[0072] Die für den Fahrweg-Erkennungsabschnitt **21** und den Seitenversatz-Berechnungsabschnitt **23** verwendete Vorrichtung ist nicht auf die Kamera **8** beschränkt. Beispielsweise können eine Karteninformation und eine Eigene-Fahrzeugposition-Information, die von einem Fahrzeugnavigationssystem mit Verwendung des Global-Positioning-Systems (GPS) akquiriert worden sind, verwendet werden, um den Fahrweg und die eigene Fahrzeugposition zu erkennen. Darüber hinaus braucht die Erfassung des Gierwinkels nur mittels Integrieren der Giergeschwindigkeit oder Vergleichen der Sollfahrlinie und der tatsächlichen Fahrortskurve bzw. des tatsächlichen Fahrorts miteinander ausgeführt zu werden.

[0073] Oben wird eine Beschreibung des für die Fahrspurhalteunterstützung beabsichtigten Systems gegeben, aber die vorliegende Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Die vorliegende Erfindung kann für ein Einparkunterstützungssystem, ein automatisiertes Fahrzeugoperationssystem und dergleichen verwendet werden. Die vorliegende Erfindung kann angewendet werden, wenn die gelenkten Räder gelenkt werden, um der in den jeweiligen Systemen gesetzten Sollfahrlinie zu folgen.

[0074] Man beachte, dass oben auf **Fig. 9** als das funktionale Blockdiagramm der Steuereinheit verwiesen wurde, aber ähnlich zu der oben erwähnten Ausführungsform kann sie ein funktionales Blockdiagramm der gesamten Fahrzeuglenkvorrichtung sein.

[0075] In diesem Fall enthält zusätzlich zu der oben erwähnten Ausführungsform der Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt **27** ferner den Lenkwinkelsensor **9**. Der Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt **27** erfasst den tatsächlichen Lenkwinkel und stellt den tatsächlichen Lenkwinkel dem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt **26** bereit.

[0076] Man beachte, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die jeweiligen Ausführungsformen beschränkt ist, und alle möglichen Kombinationen von Merkmalen der jeweiligen Ausführungsformen enthält.

Patentansprüche

1. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) mit:

einem Fahrweg-Erkennungsabschnitt (21) zum Erkennen eines Fahrwegs, auf dem ein Fahrzeug (1) fährt;
 einem Sollfahrlinie-Setzabschnitt (22) zum Setzen einer Sollfahrlinie, die durch das Fahrzeug (1) zum Fahren während des Folgens des Fahrwegs verwendet wird;
 einem Seitenversatz-Berechnungsabschnitt (23) zum Erfassen eines Seitenversatzes (y_{Ld}), der eine Differenz ($y_l - y_o$) zwischen einer Position der Sollfahrlinie ($P1; (x_1, y_1)$) und einer Position des Fahrzeugs bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz ($P0 + L_d; (x_0 + L_d, y_0)$) des Fahrzeugs ist;
 einem Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) zum Berechnen eines Solllenkwinkels (θ), um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren; und
 einem Lenksteuerabschnitt (29) zum Steuern eines Lenkwinkels des Fahrzeugs (1) auf Grundlage des durch den Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) berechneten Solllenkwinkels (θ),
 wobei der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) eine Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = -\lambda \cdot y_{Ld}$) steuert, die ein Änderungsausmaß des Seitenversatzes (y_{Ld}) ist, um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren, und den Solllenkwinkel (θ) auf Grundlage der Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = -\lambda \cdot y_{Ld}$) berechnet.

2. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzeuglenkvorrichtung ferner umfasst:
 einen Fahrzeugzustandausmaß-Erfassungsabschnitt (24, 28) zum Erfassen eines Fahrzeugzustandausmaßes des Fahrzeugs; und
 einen Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt (25) zum Erfassen einer Giergeschwindigkeit (γ') des Fahrzeugs,
 wobei der Fahrweg-Erkennungsabschnitt (21) eine Sollfahrlinie-Schrägstellung (e_{Ld}) erfasst, die eine Schrägstellung zwischen dem Fahrzeug und der Sollfahrlinie bei der Vorwärtsblickpunktdistanz (L_d) des Fahrzeugs ist, und
 wobei der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Solllenkwinkel (θ) durch Verwendung des Fahrzeugzustandausmaßes, der Giergeschwindigkeit (γ'), der Sollfahrlinie-Schrägstellung (e_{Ld}) und des Seitenversatzes (y_{Ld}) berechnet.

3. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Solllenkwinkel (θ) wie folgt berechnet:

$$\theta = k_1 \cdot y_{Ld} + k_2 \cdot e_{Ld} - k_3 \cdot \gamma'$$

wobei θ den Solllenkwinkel repräsentiert, k_1 bis k_3 Koeffizienten repräsentieren, y_{Ld} den Seitenversatz bei der Vorwärtsblickpunktdistanz (L_d) repräsentiert, e_{Ld} die Sollfahrlinie-Schrägstellung bei der Vorwärtsblickpunktdistanz (L_d) repräsentiert, und γ' die Giergeschwindigkeit repräsentiert.

4. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) die Koeffizienten k_1 bis k_3 abhängig von dem Fahrzeugzustandausmaß verändert.

5. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrzeugzustandausmaß-Erfassungsabschnitt (24, 28) einen Fahrzeuggeschwindigkeit-Erfassungsabschnitt (24) zum Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs umfasst, und das Fahrzeugzustandausmaß die Fahrzeuggeschwindigkeit umfasst.

6. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrzeugzustandausmaß-Erfassungsabschnitt (24, 28) einen Straßenoberflächenreibungskoeffizient-Schätzungsabschnitt (28) umfasst zum Schätzen eines Reibungskoeffizienten zwischen einer Straßenoberfläche, auf der das Fahrzeug fährt, und einem Reifen, und das Fahrzeugzustandausmaß einen Straßenoberflächenreibungskoeffizienten umfasst.

7. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Solllenkwinkel (θ) berechnet während eines Begrenzens eines Änderungsausmaßes des Solllenkwinkels pro Zeiteinheit.

8. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Solllenkwinkel (θ) berechnet während eines Begrenzens des Solllenkwinkels.

9. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lenksteuerabschnitt (29) den Solllenkwinkel (θ) in ein Lenkdrehmoment umwandelt, um dadurch einen tatsächlichen Lenkwinkel des Fahrzeugs zu steuern.

10. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzeuglenkvorrichtung ferner einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (27) zum Erfassen eines tatsächlichen Lenkwinkels des Fahrzeugs umfasst, wobei der Lenksteuerabschnitt (29) eine Regelung ausführt, so dass der tatsächliche Lenkwinkel des Fahrzeugs der Solllenkwinkel (θ) wird.

11. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzeuglenkvorrichtung ferner einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (27) zum Erfassen eines tatsächlichen Lenkwinkels des Fahrzeugs anstelle des Giergeschwindigkeit-Erfassungsabschnitts (25) umfasst, wobei der Solllenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) die Giergeschwindigkeit auf Grundlage des tatsächlichen Lenkwinkels schätzt.

12. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Lenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Soll-Lenkwinkel (θ) berechnet während eines Begrenzens eines Änderungsausmaßes des Soll-Lenk winkels pro Zeiteinheit.

13. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Lenkwinkel-Berechnungsabschnitt (26) den Soll-Lenkwinkel (θ) berechnet während eines Begrenzens des Soll-Lenk winkels.

14. Fahrzeuglenkvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lenksteuerabschnitt (29) eine Regelung ausführt, so dass der tatsächliche Lenkwinkel des Fahrzeugs der Soll-Lenkwinkel (θ) wird.

15. Fahrzeuglenksteuerungsverfahren mit den Schritten zum:
 Erkennen eines Fahrwegs, auf dem ein Fahrzeug fährt;
 Setzen (S102) einer Sollfahrlinie, die von dem Fahrzeug verwendet wird zum Fahren während eines Folgens des Fahrwegs;
 Erfassen (S103) eines Seitenversatzes (y_{Ld}), der eine Differenz ($y_1 - y_0$) zwischen einer Position der Sollfahrlinie ($P_1; (x_1, y_1)$) und einer Position des Fahrzeugs bei einer Vorwärtsblickpunktdistanz des Fahrzeugs ($P_0 + L_d; (x_0 + L_d, y_0)$) ist;
 Berechnen (S104) eines Soll-Lenk winkels (θ), um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren; und
 Steuern (S105) eines Lenkwinkels des Fahrzeugs auf Grundlage des Soll-Lenk winkels (θ), wobei das Berechnen (S105) eines Soll-Lenk winkels (θ) ein Steuern einer Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = -\lambda \cdot y_{Ld}$), die ein Änderungsausmaß des Seitenversatzes (y_{Ld}) ist, um den Seitenversatz (y_{Ld}) zu reduzieren, und Berechnen des Soll-Lenk winkels (θ) auf Grundlage der Seitengeschwindigkeit ($y'_{Ld} = -\lambda \cdot y_{Ld}$) umfasst.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

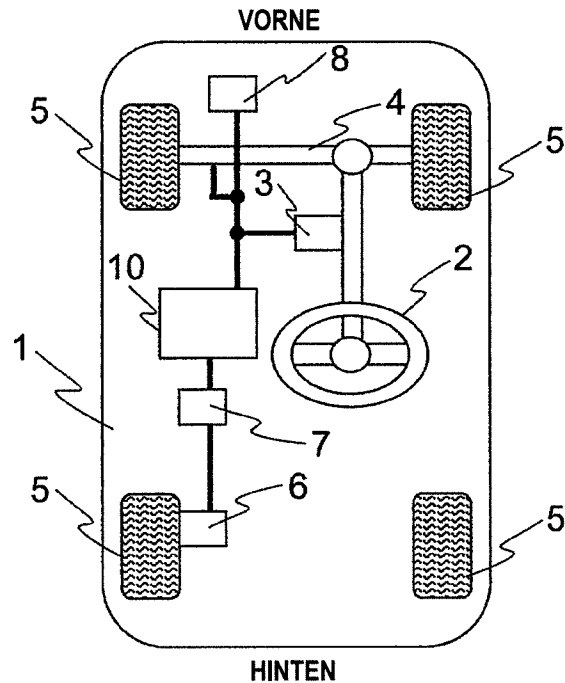


FIG. 2

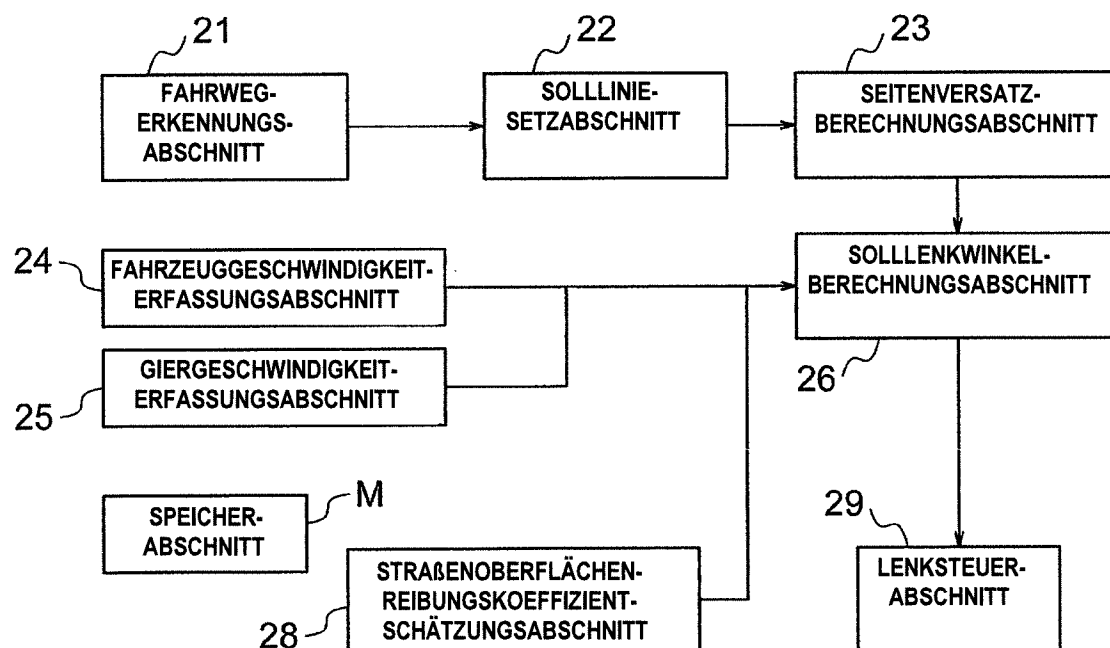


FIG. 3

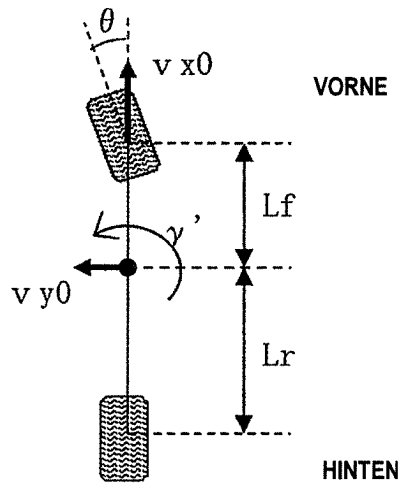


FIG. 4

x, y : FAHRZEUGFIXIERTES KOORDINATENSYSTEM
 X, Y : BODENFIXIERTES KOORDINATENSYSTEM

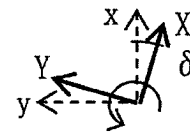


FIG. 5

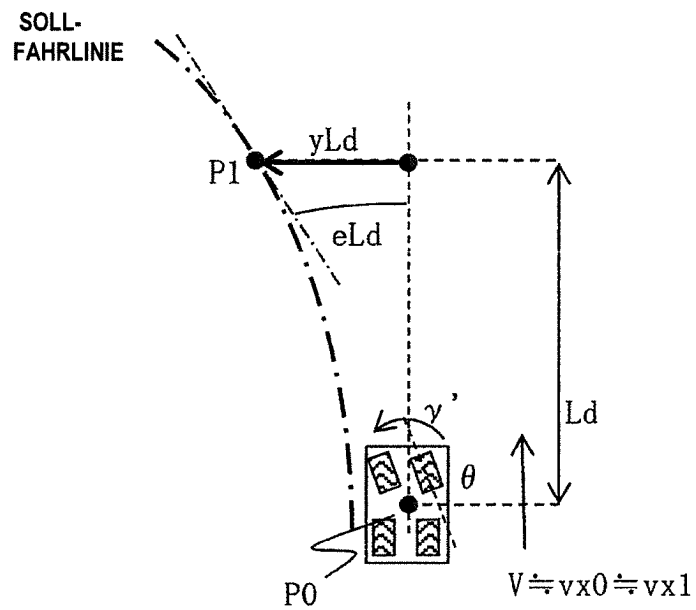


FIG. 6

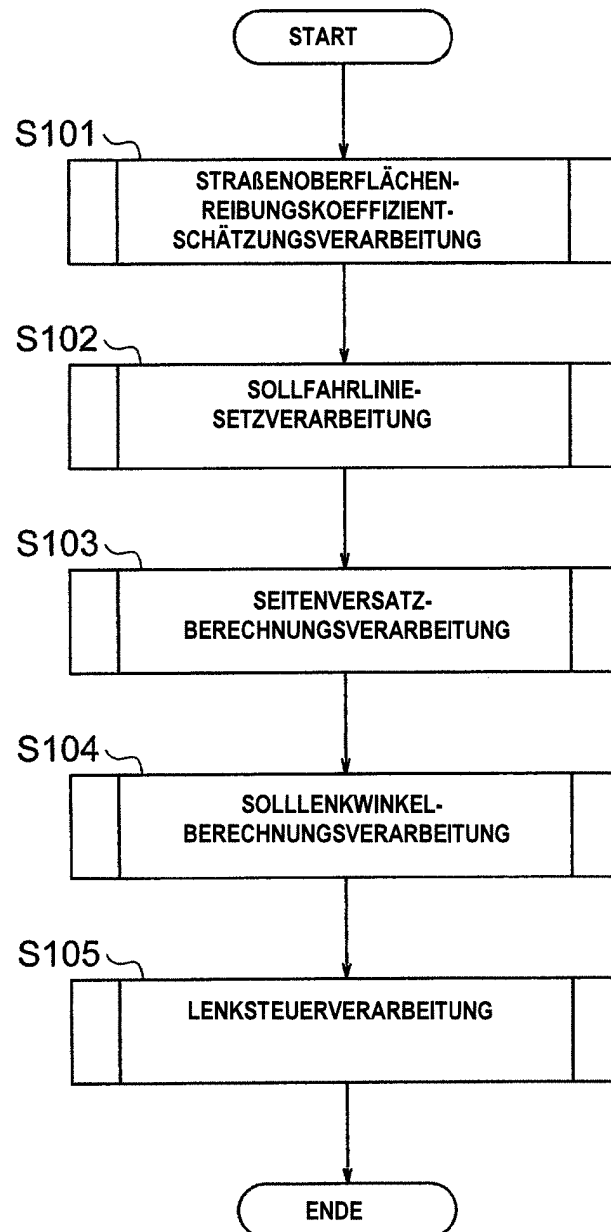


FIG. 7

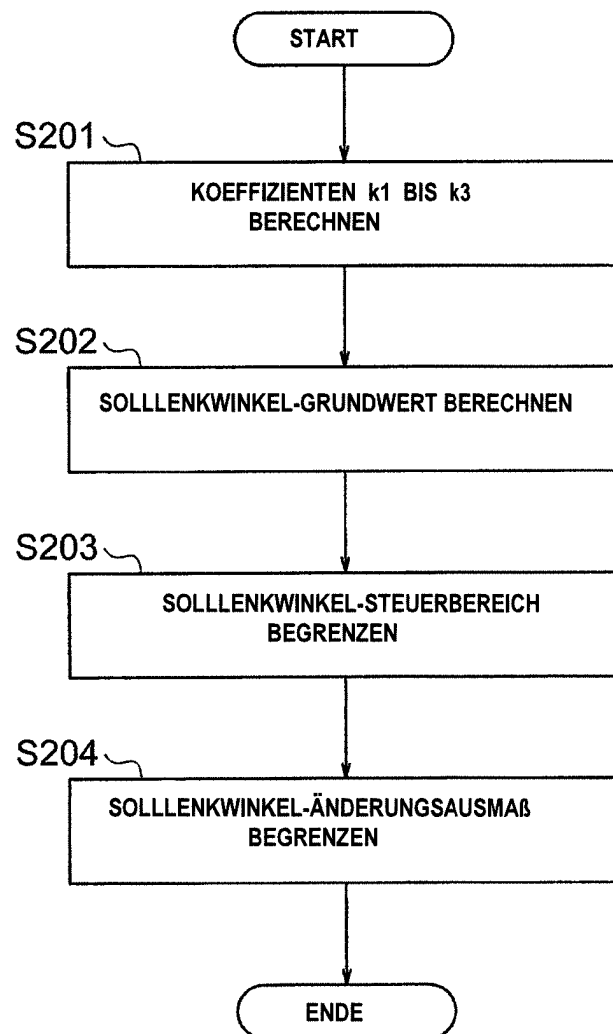


FIG. 8

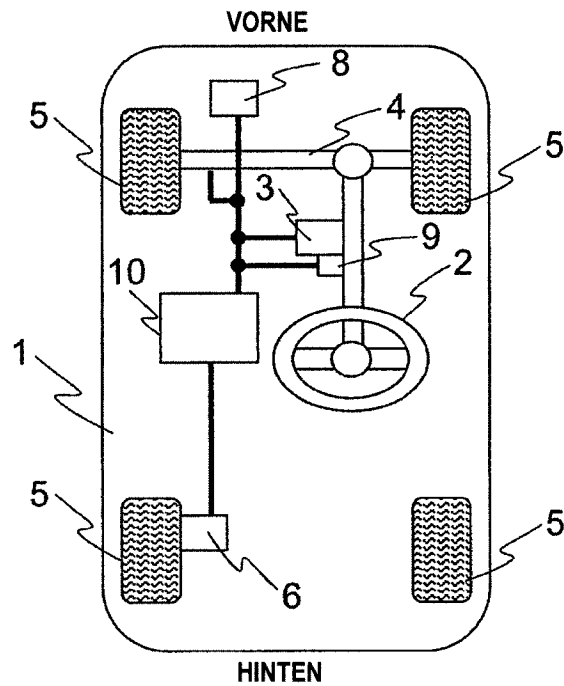


FIG. 9

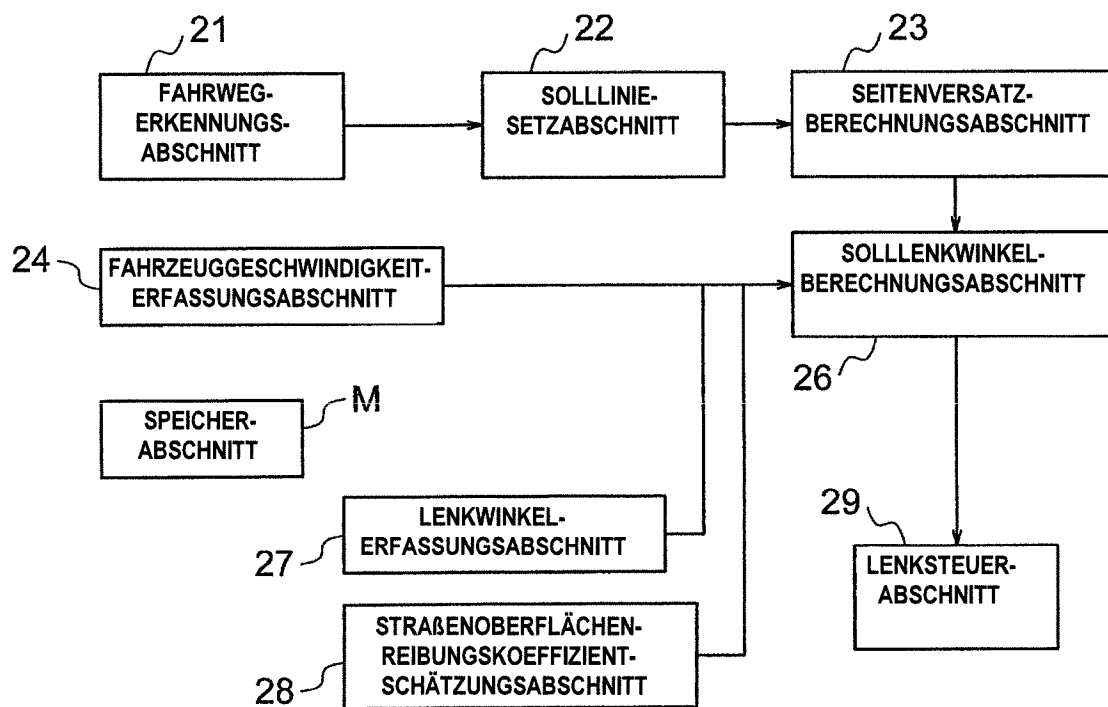


FIG. 10

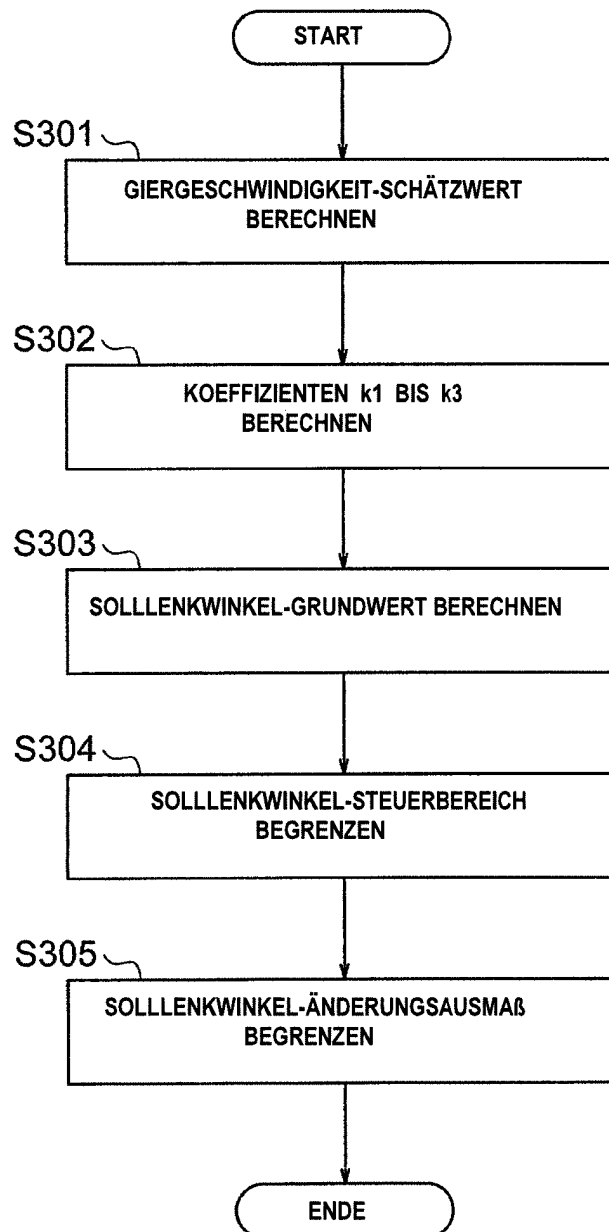


FIG. 11

