



(10) **DE 11 2011 105 821 B4** 2018.12.13

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 105 821.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2011/075766**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/069099**  
(86) PCT-Anmeldetag: **08.11.2011**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.05.2013**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **21.08.2014**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **13.12.2018**

(51) Int Cl.: **B62D 6/00 (2006.01)**  
**B60W 30/12 (2006.01)**  
**B62D 113/00 (2006.01)**  
**B62D 137/00 (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).

(73) Patentinhaber:  
**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(74) Vertreter:  
**Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser, Polte Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:  
**Mitsumoto, Hisanori, c/o TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI K, Toyota-shi, Aichi, JP; Kojo, Takahiro, c/o TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI K,**

**Toyota-shi, Aichi, JP; Kunihiro, Yoji, c/o TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISH, Toyota-shi, Aichi, JP; Takashima, Toru, c/o TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISH, Toyota-shi, Aichi, JP**

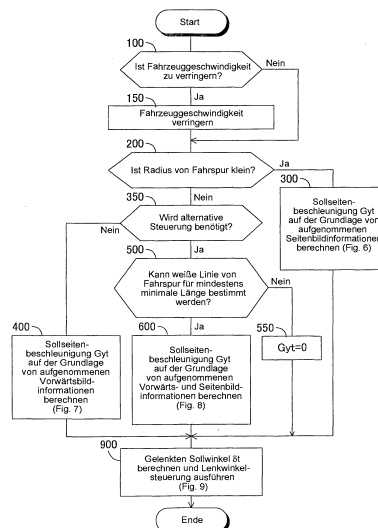
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 025 147	A1
DE	10 2007 054 067	A1
JP	2002- 109 694	A
JP	2008- 250 904	A

(54) Bezeichnung: **Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10), die aufweist: eine Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72), die ein Bild um ein Fahrzeug (12) aufnimmt und eine Aufnahmerichtung und/oder einen Aufnahmebereich ändern kann, und eine Rechen-Steuer-Einheit (40), die einen gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) von gelenkten Rädern (18 FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Bildinformationen, die von der Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) gesendet werden, berechnet und einen gelenkten Winkel ( $\delta$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage des gelenkten Sollwinkels ( $\delta_t$ ) steuert, um das Fahrzeug (12) derart zu steuern, dass es entlang einer Fahrspur (102) fährt, wobei in einer Situation, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) nicht richtig berechnet werden kann, die Rechen-Steuer-Einheit (40) bewirkt, dass die Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) ein Seitenbild auf einer Seite des Fahrzeugs (12) aufnimmt, Seitenabstände ( $Dr1$ ,  $Dr2$ ,  $DI1$ ,  $DI2$ ) zwischen mindestens einer aus linken und rechten Kanten der Fahrspur (102) und dem Fahrzeug (12) an vorderen und hinteren Bezugspositionen, die in der Längsrichtung des Fahrzeugs (12) zueinander beabstandet sind, auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinforma-

tionen schätzt, eine Seitendifferenz ( $Ds$ ) und einen Gierwinkel ( $\phi_s$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) auf der Grundlage der Seitenabstände ( $Dr1$ , ...



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung und insbesondere eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung zum Steuern einer Fahrzeugfahrt entlang einer Zielspur (Zielfahrlinie) durch Steuern eines gelenkten Winkels von gelenkten Rädern, so dass dieser mit einem gelenkten Sollwinkel übereinstimmt.

## STAND DER TECHNIK

**[0002]** Es sind Fahrzeugfahrsteuervorrichtungen bereits bekannt, die eine Fahrzeugfahrt durch Steuern eines gelenkten Winkels von gelenkten Rädern steuern, so dass dieser mit einem gelenkten Sollwinkel in einem Fahrzeug übereinstimmt, das eine Lenkwinkeländerungsvorrichtung aufweist, die eine Beziehung eines gelenkten Winkels von gelenkten Rädern zu einer Lenkposition einer Lenkeingangs-einrichtung wie einem Lenkrad ändern kann. Als Arten von Fahrzeugfahrsteuervorrichtungen wurden verschiedene Fahrzeugfahrspursteuervorrichtungen vorgeschlagen, die einen gelenkten Sollwinkel von gelenkten Rädern für das Fahrzeug zum Fahren entlang einer Sollfahrlinie berechnen und den gelenkten Winkel der gelenkten Räder steuern, so dass dieser mit dem gelenkten Sollwinkel übereinstimmt.

**[0003]** In der JP 2002-109694 A wird beispielsweise eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung beschrieben, die ausgelegt ist, auf der Grundlage von in Vorwärtsrichtung aufgenommenen Bildinformationen, die von einer Kamera gesendet werden, die ein Vorwärtsbild vor dem Fahrzeug aufnimmt, und auf der Grundlage von Karteninformationen, die von einem Navigationssystem gesendet werden, zu bestimmen, ob ein Fahrzeug eine Fahrspur verlässt.

**[0004]** Bei einer derartigen herkömmlichen Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung, wie sie in der obigen Patentoffenlegungsschrift beschrieben ist, wird eine Fahrspur vor dem Fahrzeug auf der Grundlage von aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt, die von einer Kamera erhalten werden, die ein Vorwärtsbild vor dem Fahrzeug aufnimmt. Wie es in **Fig. 23** gezeigt ist, ist jedoch der Bereich **104** der Fahrspur, den eine Kamera aufnehmen kann, begrenzt, wenn ein Fahrzeug **100** entlang einer Fahrspur **102**, die einen kleinen Krümmungsradius aufweist, beispielsweise einer stark gekrümmten Straße oder einer sich windenden Straße, fährt. Dementsprechend ist es unmöglich, ausreichende Vorwärtsinformationen vor dem Fahrzeug zu erhalten, um benötigte Informationen in Bezug auf die Fahrspur zu erlangen und die Fahrzeugfahrspursteuerung geeignet auszuführen. Aus diesem Grund kann eine Verschlechterung der Genauigkeit der Fahrzeug-

fahrspursteuerung nicht vermieden werden, wenn der Krümmungsradius der Fahrspur klein ist, und es kann nicht vermieden werden, dass die Fahrzeugfahrspursteuerung beendet wird, wenn der Bereich der Fahrspur, den die Kamera normalerweise aufnehmen kann, unnötig begrenzt wird.

**[0005]** Selbstverständlich ist das obige Problem nicht auf einen Fall beschränkt, in dem der Krümmungsradius einer Fahrspur klein ist, sondern gilt auf ähnliche Weise für einen Fall, in dem eine Kamera ein Bild vor einem Fahrzeug in Situationen wie beispielsweise Regen und Sprühregen, einer schnellen Änderung der Helligkeit um ein Fahrzeug wie beispielsweise bei einer Einfahrt in einen Tunnel und einem großen Fahrzeug vor dem Fahrzeug nicht geeignet aufnehmen kann.

**[0006]** Die JP 2008-250904 A beschreibt eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung, die eine Bildaufnahmeeinrichtung, die ein Bild um ein Fahrzeug aufnimmt und eine Aufnahme- und/oder einen Aufnahmebereich ändern kann, und eine Rechen-Steuer-Einheit aufweist, die einen Lenkwinkel von gelenkten Rädern auf der Grundlage der aufgenommenen Bildinformationen, die von der Bildaufnahmeeinrichtung gesendet werden, derart steuert, dass das Fahrzeug entlang einer Fahrspur fährt, wobei in einer Situation, in der ein gelenkter Sollwinkel von gelenkten Rädern auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug nicht richtig berechnet werden kann, die Rechen-Steuer-Einheit bewirkt, dass die Bildaufnahmeeinrichtung ein Bild auf einer Seite des Fahrzeugs aufnimmt, Seitenabstände des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur an den Außenspiegeln auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, einen Gierwinkel des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur an vorderen und hinteren Bezugspositionen schätzt, und den Lenkwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage zumindest der Seitenabstände des Fahrzeug berechnet.

**[0007]** Die DE 10 2007 054 067 A1 beschreibt ein Verfahren zum Verhindern einer Fahrspurabweichung zum Gebrauch mit einem Fahrzeug. Das Verfahren legt fest, ob sich das Fahrzeug aus seiner Fahrspur bewegt, indem Fahrspurmarkierungen aus einem Bild extrahiert werden, das unter Verwendung von auf beiden Seitenspiegeln abgebrachten Rückseitenkameras eingegeben wird, ein Fahrspurabweichungsabstand aus dem Richtungswinkel und einen Seitenabstand, die durch dreidimensionales Mapping der extrahierten Fahrspurmarkierungen errechnet werden, berechnet wird, und eine Fahrspurabweichungszeit durch den errechneten Fahrspurabweichungsabstand und eine von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasste Fahrzeuggeschwindigkeit abgeschätzt wird.

Die DE 10 2007 025 147 A1 beschreibt ein System zur Spurverlassenswarnung und/oder Spurhaltefunktion in einem Kraftfahrzeug. Das System umfasst eine seitlich an dem Kraftfahrzeug angeordnete und zur seitlich des Kraftfahrzeugs liegenden Fahrbahnoberfläche hin ausgerichtete Kamera zur Erkennung zumindest einer auf der Fahrbahnoberfläche angeordneten Fahrspurmarkierung.

#### BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Es ist eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Fahrzeugfahrspursteuerung fortzusetzen, wobei eine Verschlechterung der Genauigkeit verhindert wird und eine Situation bewältigt wird, bei der keine Vorwärtsinformationen vor einem Fahrzeug, die ausreichend sind, Fahrspurinformationen zu bestimmen, von einer Kamera, die ein Bild vor dem Fahrzeug aufnimmt, erhalten werden können.

**[0009]** Die Aufgabe wird durch eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

**[0010]** Erfindungsgemäß kann sogar in einer Situation, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug nicht richtig berechnet werden kann, der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage aufgenommener Bildinformationen berechnet werden, die durch Ändern einer Aufnahmerichtung und/oder eines Aufnahmebereichs der Bildaufnahmeeinrichtung erhalten werden. Dementsprechend kann im Vergleich zu einem Fall, in dem weder die Aufnahme- richtung noch der Aufnahmebereich der Bildaufnahmeeinrichtung geändert wird, die Möglichkeit erhöht werden, dass der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder genau berechnet werden kann, was es möglich macht, die Fahrspursteuerung fortzusetzen, während eine Verschlechterung der Genauigkeit so weit wie möglich vermieden wird.

**[0011]** Erfindungsgemäß kann außerdem sogar in einer Situation, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug nicht richtig berechnet werden kann, der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet werden. Dementsprechend kann im Vergleich zu einem Fall, in dem ein Seitenbild auf der Seite des Fahrzeugs nicht aufgenommen wird, die Möglichkeit erhöht werden, dass der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder genau berechnet werden kann, was es möglich macht, die Fahrspursteuerung fortzusetzen, während eine Verschlechterung der Genauigkeit so weit wie möglich vermieden wird.

**[0012]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Bildaufnahmeeinrichtung eine Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung, die ein Vorwärtsbild vor einem Fahrzeug aufnimmt, und eine Seitenbildaufnahmeverrichtung, die ein Seitenbild auf einer linken und/oder rechten Seite des Fahrzeugs aufnimmt, enthält; wobei die Rechen-Steuer-Einheit den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen, die von der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, in einer Situation berechnet, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug richtig berechnet werden kann, und den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seitenbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, in einer Situation berechnet, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug nicht richtig berechnet werden kann.

**[0013]** Gemäß dieser Konfiguration kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen, die von der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, in einer Situation berechnet werden, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug richtig berechnet werden kann. Der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder kann auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seitenbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, in einer Situation berechnet werden, in der der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug nicht richtig berechnet werden kann.

**[0014]** Erfindungsgemäß werden Seitenabstände des Fahrzeugs und eine Sollseitendifferenz des Fahrzeugs berechnet, was es möglich macht, den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage zumindest der Seitenabstände des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs zu berechnen.

**[0015]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Rechen-Steuer-Einheit einen Krümmungsradius der Fahrspur auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, einen Sollgierwinkel des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage des Krümmungsradius der Fahrspur berechnet und den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs, einer Differenz zwischen dem Gierwinkel des Fahr-

zeugs und dem Sollgierwinkel des Fahrzeugs und des Krümmungsradius der Fahrspur berechnet.

**[0016]** Gemäß dieser Konfiguration kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der Differenz zwischen der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs, der Differenz zwischen dem Gierwinkel des Fahrzeugs und dem Sollgierwinkel des Fahrzeugs und des Krümmungsradius der Fahrspur berechnet werden.

**[0017]** Gemäß der Konfiguration nach Anspruch 3 kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder zum Ausführen der Fahrzeugfahrspursteuerung auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs zu dem dritten Zeitpunkt, einer Differenz zwischen dem Gierwinkel des Fahrzeugs und dem Sollgierwinkel des Fahrzeugs zu dem dritten Zeitpunkt und des Krümmungsradius der Fahrspur berechnet werden.

**[0018]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Rechen-Steuer-Einheit eine Seitendifferenz des Fahrzeugs in Bezug auf eine Fahrspur an einer Bezugsposition des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, eine Sollseitendifferenz des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage zumindest der Seitendifferenz des Fahrzeugs und Breiteninformationen der Fahrspur berechnet und den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs berechnet.

**[0019]** Gemäß dieser Konfiguration kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs berechnet werden, ohne den Krümmungsradius der Fahrspur, den Gierwinkel des Fahrzeugs und den Sollgierwinkel des Fahrzeugs zu berechnen.

**[0020]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Seitenbildaufnahmeverrichtung eine Linksseitenbildaufnahmeverrichtung, die ein linkes Seitenbild auf einer linken Seite des Fahrzeugs aufnimmt, und eine Rechtsseitenbildaufnahmeverrichtung, die ein rechtes Seitenbild auf einer rechten Seite des Fahrzeugs aufnimmt, enthält und die Rechen-Steuer-Einheit Seitendifferenzen des Fahrzeugs in Bezug auf eine Fahrspur auf linken und rechten Seite des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Links- und Rechtsseitenbildinformationen schätzt und eine Sollseitendifferenz des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage der Seitendifferenzen des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der linken und rechten Seite des Fahrzeugs berechnet.

**[0021]** Gemäß dieser Konfiguration kann die Sollseitendifferenz des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage der Seitendifferenzen des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der linken und rechten Seite des Fahrzeugs berechnet werden.

**[0022]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Seitenbildaufnahmeverrichtung ein Seitenbild auf einer linken und/oder rechten Seite des Fahrzeugs aufnimmt und die Rechen-Steuer-Einheit Seitendifferenzen des Fahrzeugs in Bezug auf eine Fahrspur an vorderen und hinteren Bezugspositionen, die in der Längsrichtung des Fahrzeugs zueinander beabstandet sind, auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, einen Gierwinkel des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage der Seitendifferenzen des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur an den vorderen und hinteren Bezugspositionen schätzt, einen Krümmungsradius der Fahrspur auf der Grundlage der Seitendifferenzen des Fahrzeugs berechnet, einen Sollgierwinkel des Fahrzeugs auf der Grundlage des Krümmungsradius der Fahrspur berechnet und den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs und einer Differenz zwischen dem Gierwinkel des Fahrzeugs und dem Sollgierwinkel des Fahrzeugs berechnet, wobei die Sollseitendifferenz des Fahrzeugs ein Wert ist, der änderbar auf der Grundlage einer Breite der Fahrspur eingestellt wird, oder ein vorbestimmter Wert ist.

**[0023]** Gemäß dieser Konfiguration kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs und einer Differenz zwischen dem Gierwinkel des Fahrzeugs und dem Sollgierwinkel des Fahrzeugs berechnet werden, wobei die Sollseitendifferenz des Fahrzeugs ein Wert ist, der änderbar auf der Grundlage einer Breite der Fahrspur eingestellt wird, oder ein vorbestimmter Wert ist.

**[0024]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Rechen-Steuer-Einheit graduell den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder ändert, wenn die Fahrzeugfahrspursteuerung zwischen einem Modus, in dem der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet wird, und einem Modus, in dem der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird, wechselt.

**[0025]** Gemäß dieser Konfiguration kann verhindert werden, dass sich der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder schnell ändert und sich die Fahrzeugfahrbedingung schnell ändert, wenn zwischen den Modi

der Fahrzeugfahrspursteuerung gewechselt wird, da der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder graduell geändert wird, wenn zwischen den Modi der Fahrzeugfahrspursteuerung gewechselt wird.

**[0026]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass in einer Situation, in der der Krümmungsradius der Fahrzeugfahrspur nicht größer als der Bezugswert ist, die Rechen-Steuer-Einheit einen ersten gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen, die von der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, und einen zweiten gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seitenbildaufnahmeverrichtung gesendet werden, berechnet, einen Vorwärtsbeobachtungsabstand eines Fahrers auf der Grundlage einer Fahrzeuggeschwindigkeit und des Krümmungsradius der Fahrzeugfahrspur schätzt, einen Beitrag des zweiten gelenkten Sollwinkels änderbar derart einstellt, dass sich der Beitrag erhöht, wenn der Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand kürzer ist, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand länger ist, und den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage des ersten gelenkten Sollwinkels, des zweiten gelenkten Sollwinkels und des Beitrags berechnet.

**[0027]** Gemäß dieser Konfiguration kann der Beitrag des zweiten gelenkten Sollwinkels änderbar entsprechend der Beziehung zwischen dem Vorwärtsbeobachtungsabstand und dem Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung eingestellt werden, und es kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage des ersten gelenkten Sollwinkels der gelenkten Räder, des zweiten gelenkten Sollwinkels der gelenkten Räder und des Beitrags berechnet werden. Dementsprechend kann der gelenkte Sollwinkel der gelenkten Räder durch Verringern des Beitrags des zweiten gelenkten Sollwinkels, wenn der Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand länger ist, und durch Erhöhen des Beitrags des zweiten gelenkten Sollwinkels, wenn der Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmeverrichtung in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand kürzer ist, berechnet werden.

**[0028]** Die obige Konfiguration kann derart ausgebildet sein, dass die Rechen-Steuer-Einheit eine Fahrzeuggeschwindigkeit, um die Fahrzeugfahrspursteuerung fortzusetzen, in einem Fall, in dem das Risiko besteht, dass das Fahrzeug von der Fahrspur abweicht, oder in dem Fall, in dem das Leistungsvermögen der Bildaufnahmeeinrichtung sich hinsichtlich

der Bildaufnahmegenaugigkeit verschlechtert, verringert.

**[0029]** Gemäß dieser Konfiguration wird die Fahrzeuggeschwindigkeit, um die Fahrzeugfahrspursteuerung fortzusetzen, in einem Fall, in dem das Risiko besteht, dass das Fahrzeug von der Fahrspur abweicht, oder in dem Fall, in dem das Leistungsvermögen der Bildaufnahmeeinrichtung sich hinsichtlich der Bildaufnahmegenaugigkeit verschlechtert, verringert. Dementsprechend ist es im Vergleich zu einem Fall, in dem die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht verringert wird, möglich, das Risiko zu verringern, dass das Fahrzeug aufgrund einer relativen Verzögerung beim Steuern des gelenkten Winkels der gelenkten Räder mittels der Fahrzeugfahrspursteuerung nicht entlang einer Fahrspur fährt.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine erste Ausführungsform einer Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 2** ist eine erläuternde Darstellung aus der Sicht der Rückseite des Fahrzeugs, die die Bildaufnahme mittels der Rechtsseiten-CCD-Kamera und die Art des Erlangens von Weißlinieninformationen zeigt.

**Fig. 3** ist eine erläuternde Darstellung aus der Sicht oberhalb des Fahrzeugs, die die Bildaufnahme mittels der Rechtsseiten-CCD-Kamera und die Art des Erlangens von Weißlinieninformationen zeigt.

**Fig. 4** ist eine erläuternde Darstellung aus der Sicht oberhalb des Fahrzeugs, die die Art zeigt, wie Weißlinieninformationen, die durch die Bildaufnahme mittels der Vorwärts-CCD-Kamera erhalten werden, durch Weißlinieninformationen ergänzt werden, die durch die Bildaufnahme mittels der Rechtsseiten-CCD-Kamera erhalten werden.

**Fig. 5** ist ein Flussdiagramm, das eine Hauptroutine der Fahrzeugfahrspursteuerung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung Gyt auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen zeigt, die in Schritt **300** der **Fig. 5** durchgeführt wird.

**Fig. 7** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung Gyt auf der Grundlage von aufgenommenen Vorderbildinformationen zeigt, die in Schritt **400** der **Fig. 5** durchgeführt wird.

**Fig. 8** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleuni-

gung **Gyt** auf der Grundlage von aufgenommenen Vorder- und Seitenbildinformationen zeigt, die in Schritt **600** der **Fig. 5** durchgeführt wird.

**Fig. 9** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen eines gelenkten Sollwinkels  $\delta_t$  und zum Steuern eines gelenkten Winkels zeigt, die in Schritt **900** der **Fig. 5** durchgeführt wird.

**Fig. 10** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung **Gyt** auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung **Gyt** auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß einer dritten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 12** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung **Gyt** auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß einer vierten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 13** ist ein Flussdiagramm, das einen wesentlichen Teil einer Hauptroutine einer Fahrzeugfahrspursteuerung gemäß einer fünften Ausführungsform zeigt.

**Fig. 14** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung **Gyts** auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen zeigt, die in Schritt **300** der **Fig. 13** durchgeführt wird.

**Fig. 15** ist ein Diagramm, das ein Kennlinienfeld bzw. Kennlinien zum Berechnen von Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** auf der Grundlage der verstrichenen Zeit **tfs** zeigt.

**Fig. 16** ist ein Diagramm, das ein Kennlinienfeld bzw. Kennlinien zum Berechnen von Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** auf der Grundlage der verstrichenen Zeit **tfs** zeigt.

**Fig. 17** ist ein Diagramm, das ein Kennlinienfeld bzw. Kennlinien zum Berechnen eines gelenkten Sollwinkels  $\theta_{lkt}$  der Fahrzeugfahrspursteuerung auf der Grundlage einer Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs und einer Fahrzeuggeschwindigkeit **V** zeigt.

**Fig. 18** ist ein Diagramm, das ein Kennlinienfeld bzw. Kennlinien zum Berechnen eines Korrekturkoeffizienten **Kv** auf der Grundlage einer Fahrzeuggeschwindigkeit **V** zeigt.

**Fig. 19** ist eine erläuternde Darstellung, die die Art zum Berechnen von Abständen **Dr1** und **Dr2** in seitlicher Richtung bzw. Querrichtung des Fahrzeugs zwischen Seitenkanten auf vorderen und hinteren Enden des Fahrzeugs und einer

rechtseitigen weißen Linie gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 20** ist eine erläuternde Darstellung gemäß der ersten Ausführungsform, die die Art zeigt, wie linke und rechte weiße Linien durch weiße Linien ergänzt werden, die eine benötigte Länge von **Lsl** und **Lsr** aufweisen.

**Fig. 21** ist eine erläuternde Darstellung, die die Art zum Festlegen von rechteckigen Koordinaten und zum Berechnen eines Krümmungsradius einer Fahrspur gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 22** ist eine erläuternde Darstellung, die die Art zum Berechnen von Abständen zwischen einer Seitenkante an einem vorderen Ende des Fahrzeugs und einer linksseitigen und rechtsseitigen Kante der Fahrspur gemäß der dritten Ausführungsform zeigt.

**Fig. 23** ist eine erläuternde Darstellung, die eine Situation zeigt, in der das Fahrzeug entlang einer Fahrspur fährt, die einen kleinen Krümmungsradius aufweist, und in der der Bereich, von dem die Kamera ein Bild aufnehmen kann, begrenzt ist.

## BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0030]** Im Folgenden werden einige bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung genauer mit Bezug auf die zugehörigen Zeichnungen beschrieben.

### Erste Ausführungsform

**[0031]** **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine erste Ausführungsform einer Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0032]** Gemäß **Fig. 1** ist eine Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung **10** in einem Fahrzeug **12** installiert und enthält eine Vorderradlenksteuervorrichtung **14**. Die Vorderradlenksteuervorrichtung **14** dient als eine Lenksteinrichtung, die in der Lage ist, Vorderräder unabhängig von einer Lenktätigkeit eines Fahrers zu lenken. Das Fahrzeug **12** ist mit einer Bremskraftsteuervorrichtung **16** ausgerüstet, die in der Lage ist, die Bremskräfte der jeweiligen Räder unabhängig von einer Bremstätigkeit des Fahrers individuell zu steuern.

**[0033]** In **Fig. 1** bezeichnen die Bezugszeichen **18FL** und **18FR** jeweils ein linkes und rechtes Vorderrad, die lenkbare Räder sind, und **18RL** und **18RR** bezeichnen jeweils ein linkes und rechtes Hinterrad. Die rechten und linken Vorderräder **18FR**, **18FL**, die lenkbare Räder sind, werden von einer Servolenkeinheit **22** vom Zahnstangentyp über eine Zahnstange

**24** und jeweilige Zugstangen **26L** und **26R** gelenkt. Die Servolenkeinheit **22** wird als Reaktion auf eine Lenktätigkeit eines Lenkrads **20** eines Fahrers angetrieben.

**[0034]** Das Lenkrad **20** ist mit einer Ritzelwelle **36** der Servolenkeinheit **22** über eine obere Lenkwelle **28**, eine Lenkwinkeländerungseinheit **30**, eine untere Lenkwelle **32** und ein Universalgelenk **34** antreibbar verbunden. In der ersten Ausführungsform, die in der Figur gezeigt ist, enthält die Lenkwinkeländerungseinheit **30** einen Elektromotor **38** zum ergänzenden Lenkantrieb. Der Elektromotor **38** weist ein Gehäuse **30A**, das mit einem unteren Ende der oberen Lenkwelle **28** verbunden ist, und einen Rotor **30B**, der mit einem oberen Ende der unteren Lenkwelle **32** verbunden ist, auf.

**[0035]** Wie es aus Obigem ersichtlich ist, dreht die Lenkwinkeländerungseinheit **30** die untere Lenkwelle **32** in Bezug auf die obere Lenkwelle **28**, um die linken und rechten Vorderräder **18FL** und **18FR** in Bezug auf das Lenkrad **20** zur ergänzenden Lenkung anzutreiben. Die Lenkwinkeländerungseinheit **30** wird von einem Lenksteuerabschnitt einer elektronischen Steuereinheit **40** gesteuert.

**[0036]** Die elektrische Servolenkeinheit **22** ist eine elektrische Servolenkeinheit, die konzentrisch zu der Zahnstange angeordnet ist. Die Servolenkeinheit **22** enthält einen Elektromotor **42** und einen Mechanismus, der das Drehmoment des Elektromotors **42** in eine Kraft in einer Hin- und Herrichtung der Zahnstange **24** umwandelt, beispielsweise ein Umwandlungsmechanismus **44** mit Kugelgewinde. Die Servolenkeinheit **22** wird von einem Lenkunterstützungsmomentsteuerabschnitt der elektronischen Steuereinheit **40** gesteuert und erzeugt ein Lenkunterstützungsmoment zum Antreiben der Zahnstange **24** in Bezug auf ein Gehäuse **46**. Das Lenkunterstützungsmoment verringert eine Lenklast des Fahrers und unterstützt nach Bedarf eine Lenktätigkeit der linken und rechten Vorderräder mittels der Lenkwinkeländerungseinheit **30**.

**[0037]** Wie es aus Obigem ersichtlich ist, bildet die Lenkwinkeländerungseinheit **30** einen Hauptteil der Vorderradlenkstellvorrichtung **14**, die mit der Servolenkeinheit **22** kooperiert, um die Beziehung des gelenkten Winkels der linken und rechten Vorderräder zu dem Lenkrad zu ändern, und die Vorderräder unabhängig von einer Lenktätigkeit des Fahrers lenkt.

**[0038]** Man beachte, dass, da die Konfigurationen der Servolenkeinheit **22** und der Lenkwinkeländerungseinheit **30** kein spezieller Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind, diese Vorrichtungen eine beliebige bekannte Konfiguration aufweisen können, solange sie die obigen Funktionen erfüllen.

**[0039]** Die Bremskraftsteuervorrichtung **16** enthält eine Bremseinheit **50**. Es werden Bremskräfte der Räder mittels Steuern der Innendrucke  $P_i$  ( $i = fl, fr, rl, rr$ ) jeweiliger Radzylinder **54FL**, **54FR**, **54RL**, **54RR**, d. h. Bremsdrücke, von einer Hydraulikschaltung **52** der Bremseinheit **50** gesteuert. Auch wenn es in **Fig. 1** nicht gezeigt ist, enthält die Hydraulikschaltung **52** ein Reservoir, eine Ölpumpe, verschiedene Ventileinheiten und Ähnliches. Der Bremsdruck in jedem Radzylinder wird gewöhnlich mittels eines Drucks in einem Hauptzylinder **58** gesteuert, der durch eine Fahrtätigkeit des Niederdrückens eines Bremspedals **56** angetrieben wird. Der Bremsdruck in jedem Radzylinder wird ebenfalls individuell nach Bedarf von der Hydraulikschaltung gesteuert, die von einem Bremskraftsteuerabschnitt der elektronischen Steuereinheit **40** gesteuert wird. Somit ist die Bremseinheit **50** in der Lage, die Bremskraft jedes Rads unabhängig von einer Bremstätigkeit des Fahrers individuell zu steuern, und dient als eine Hauptvorrichtung der Bremskraftsteuervorrichtung **16**.

**[0040]** Die obere Lenkwelle **28** ist mit einem Lenkwinkelsensor **62**, der einen Drehwinkel der oberen Lenkwelle **28** als einen Lenkwinkel  $\theta$  erfasst, und einem Lenkmomentsensor **64**, der ein Lenkmoment  $T_s$  erfasst, ausgerüstet. Signale, die den Lenkwinkel  $\theta$  und das Lenkmoment  $T_s$  angeben, werden in die elektronische Steuereinheit **40** eingegeben. Die elektronische Steuereinheit **40** empfängt ein Signal, das einen relativen Drehwinkel  $\theta_{re}$  der Lenkwinkeländerungseinheit **30** angibt, der von einem Drehwinkelsensor **66** erfasst wird und ein Drehwinkel der unteren Lenkwelle **32** in Bezug auf die obere Lenkwelle **28** ist.

**[0041]** Bei der in der Figur gezeigten Ausführungsform ist eine Vorwärts-CCD-Kamera **68**, die ein Vorwärtsbild vor dem Fahrzeug **12** aufnimmt, an einem vorderen Teil des Abteils des Fahrzeugs **12** angeordnet, und es wird ein Signal, das die Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug **12** angibt, von der CCD-Kamera **68** in die elektronische Steuereinheit **40** eingegeben. Eine Linksseiten-CCD-Kamera **70** und eine Rechtsseiten-CCD-Kamera **72**, die Seitenbilder auf den linken und rechten Seiten des Fahrzeugs **12** aufnehmen, sind jeweils an linken und rechten Seitenteilen des Fahrzeugs **12** angeordnet, und es werden Signale, die Seitenbildinformationen auf den linken und rechten Seiten des Fahrzeugs **12** angeben, von den CCD-Kameras **70** und **72** in die elektronische Steuereinheit eingegeben.

**[0042]** Die elektronische Steuereinheit **40** empfängt außerdem ein Signal, das eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  angibt, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **74** erfasst wird, ein Signal, das eine Seitenbeschleunigung (Querbeschleunigung)  $G_y$  angibt, die von einem Seitenbeschleunigungssensor (Querbeschleunigungssensor) **76** erfasst wird, und ein Si-

gnal, das eine tatsächliche Gierrate  $\gamma$  angibt, die von einem Gierratensensor **78** erfasst wird. Die elektronische Steuereinheit **40** empfängt außerdem Signale, die einen Hauptzylinderdruck  $P_m$ , der von einem Drucksensor, der in **Fig. 1** nicht gezeigt ist, erfasst wird, und Ähnliches angeben.

**[0043]** Die individuellen Abschnitte der elektronischen Steuereinheit **40** können Mikrocomputer aufweisen, und jeder Mikrocomputer kann eine CPU, einen ROM, einen RAM und einen Eingangs-/Ausgangsport aufweisen, die über einen bidirektionalen gemeinsamen Bus miteinander verbunden sind. Der Lenkwinkelsensor **62**, der Lenkmomentsensor **64** und der Drehwinkelsensor **66** erfassen einen Lenkwinkel  $\theta$ , ein Lenkmoment  $T_s$  und einen relativen Drehwinkel  $\theta_{re}$ , wobei die erfassten Variablen einen positiven Wert aufweisen, wenn ein Lenken oder Drehen des Fahrzeugs nach links durchgeführt wird.

**[0044]** In einer normalen Situation führt der Lenksteuerabschnitt der elektronischen Steuereinheit **40** eine Fahrspursteuerung, die auch als Fahrspurhalteunterstützungssteuerung (LKA-Steuerung) bezeichnet wird, auf der Grundlage der Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug **12**, die von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** erlangt werden, aus. Das heißt, der Lenksteuerabschnitt bestimmt eine Fahrspur auf der Grundlage der Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug **12**, die von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** erlangt werden, berechnet einen gelenkten Sollwinkel  $\delta_t$  der Vorderräder, damit das Fahrzeug **12** entlang der Fahrspur fährt, und steuert die Lenkwinkeländerungseinheit **30**, so dass der gelenkte Winkel  $\delta$  der Vorderräder mit dem gelenkten Sollwinkel  $\delta_t$  übereinstimmt.

**[0045]** Im Gegensatz dazu führt der Lenksteuerabschnitt eine alternative Fahrspursteuerung in einer Situation aus, in der der Lenksteuerabschnitt der elektronischen Steuereinheit **40** die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug **12**, die von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** erlangt werden, nicht richtig ausführen kann. Bei der alternativen Fahrspursteuerung bestimmt der Lenksteuerabschnitt eine Fahrspur auf der Grundlage der Seitenbildinformationen auf der jeweiligen Seite des Fahrzeugs **12**, die von der Linksseiten-CCD-Kamera **70** oder der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** erlangt werden. Der Lenksteuerabschnitt berechnet einen Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  entsprechend einem gelenkten Sollwinkel  $\delta_t$  der Vorderräder, so dass das Fahrzeug **12** entlang der Fahrspur fährt, und steuert die Lenkwinkeländerungseinheit **30** derart, dass der Winkel  $\phi$  der Ritzelwelle **36** mit dem Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  übereinstimmt.

**[0046]** In der normalen und der alternativen Fahrspursteuerung schätzt der Lenksteuerabschnitt der elektronischen Steuereinheit **40** eine Seitendifferenz

des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur, einen Gierwinkel des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur und einen Krümmungsradius der Fahrspur und berechnet den gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder auf der Grundlage der geschätzten Parameter.

**[0047]** **Fig. 2** ist eine erläuternde Darstellung aus der Sicht der Rückseite des Fahrzeugs, die die Bildaufnahme mittels der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** und die Art des Erlangens von Weißlinieninformationen zeigt.

**[0048]** Wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, wird eine Höhe der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** in Bezug auf eine Fahrspur **102** mit  $H$  angegeben, und ein horizontaler Abstand zwischen der rechten Seitenkante des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **106** wird mit  $D$  angegeben. Ein Abstand zwischen einer Linse der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** und einer Bildaufnahmeebene **108** wird mit  $D_c$  angegeben, und ein Abstand zwischen einer Lichtachse **110** der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** und einem Bild **112** der weißen Linie **106** in der Bildaufnahmeebene **108** wird mit  $H_c$  angegeben. Die folgende Formel 1 gilt auf der Grundlage der Beziehung ähnlicher Figuren, die die Abstände enthalten.

$$H_c:H=D_c:D \quad (1)$$

**[0049]** Da die folgende Formel 2 aus der obigen Formel 1 hergeleitet wird, kann der horizontale Abstand  $D$  zwischen der rechten Seitenkante des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **106** entsprechend der folgenden Formel 2 berechnet werden. Selbstverständlich kann ein horizontaler Abstand zwischen der linken Seitenkante des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie auf ähnliche Weise berechnet werden.

$$D=D_c \cdot H/H_c \quad (2)$$

**[0050]** Wie es in **Fig. 3** gezeigt ist, kann, wenn die Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** einen Sichtwinkel aufweist, der in Bezug auf den horizontalen Abstand  $D$  zwischen der rechten Seitenkante des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **106** ausreichend ist, diese die weiße Linie **106** in dem Bereich jenseits der Länge des Fahrzeugs **12** aufnehmen und bestimmen. Insbesondere können horizontale Abstände  $D_{r1}$  und  $D_{r2}$  zwischen den rechten Seitenkanten an den vorderen und hinteren Enden des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **106** berechnet werden. Horizontale Abstände  $D_{l1}$  und  $D_{l2}$  zwischen den linken Seitenkanten an den vorderen und hinteren Enden des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **106** können auf ähnliche Weise berechnet werden.

**[0051]** Wie es in **Fig. 4** gezeigt ist, wird eine weiße Linie, die auf der Grundlage der Bildinformationen, die von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** aufgenommen



werden, bestimmt wird, mit 106f bezeichnet. Sogar in einem Fall, in dem die Länge der weißen Linie **106f** kürzer als diejenige ist, die benötigt wird, um einen Krümmungsradius und Ähnliches einer Fahrspur zu bestimmen, können die Informationen einer weißen Linie durch Informationen einer weißen Ergänzungslinie **106s** ergänzt werden, die auf der Grundlage der Bildinformationen bestimmt wird, die von der Rechtsseiten-CCD-Kamera **72** aufgenommen werden, und es kann eine benötigte Länge der weißen Linie gewährleistet werden.

**[0052]** Im Folgenden wird mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 5** eine Hauptroutine der Fahrzeugfahrspursteuerung gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Man beachte, dass die Steuerung gemäß dem Flussdiagramm der **Fig. 5** gestartet wird, wenn ein nicht gezeigter Zündschalter eingeschaltet wird, und wiederholt in vorbestimmten Intervallen ausgeführt wird.

**[0053]** Zunächst wird in Schritt **100** bestimmt, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit zu verringern ist, um die Ausführung der Fahrzeugfahrspursteuerung zu gewährleisten. Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, schreitet die Steuerung zu Schritt **200**, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, die Steuerung zu Schritt **150** schreitet. Wenn das Risiko besteht, dass das Fahrzeug von einer Fahrspur abweicht oder sich die Genauigkeit der Bildaufnahme der CCD-Kamera verschlechtert, kann bestimmt werden, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit zu verringern ist, um die Ausführung der Fahrzeugfahrspursteuerung zu gewährleisten.

**[0054]** In Schritt **150** wird die Fahrzeuggeschwindigkeit **V** mittels Verringern eines in **Fig. 1** nicht gezeigten Motorausgangs um  $\Delta V$  verringert, und es wird nach Bedarf die Bremsvorrichtung betätigt. Man beachte, dass der Verringerungsbetrag  $\Delta V$  der Fahrzeuggeschwindigkeit entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit änderbar eingestellt wird, so dass sich der Verringerungsbetrag erhöht, wenn sich die Fahrzeuggeschwindigkeit **V** erhöht. Außerdem kann der Verringerungsbetrag  $\Delta V$  der Fahrzeuggeschwindigkeit änderbar derart eingestellt werden, dass sich der Betrag erhöht, wenn sich das Risiko, dass das Fahrzeug von der Fahrspur abweicht, erhöht oder wenn sich der Verschlechterungsgrad der Bildaufnahme-genauigkeit der CCD-Kamera erhöht.

**[0055]** In Schritt **200** wird bestimmt, ob ein Radius **Rv** der Fahrspur nicht größer als ein vorbestimmter Bezugswert ist, wobei die Größe des Krümmungsradius **R** der Fahrspur, der im vorherigen Zyklus berechnet wurde, als Radius **Rv** der Fahrspur ausgedrückt wird. Wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, wird in Schritt **300** eine Sollseitenbeschleunigung (Sollquerbeschleunigung) Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildin-

formationen entsprechend dem Flussdiagramm, das in **Fig. 6** gezeigt ist, berechnet, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, die Steuerung zu Schritt **350** schreitet. Wenn das Fahrzeug mit einem Navigationssystem ausgerüstet ist, kann der Drehradius **Rv** selbstverständlich aus Fahrspurinformationen von dem Navigationssystem hergeleitet werden.

**[0056]** In Schritt **350** wird bestimmt, ob eine alternative Fahrspursteuerung benötigt wird, bei der eine Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird. Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, wird in Schritt **400** eine Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen entsprechend dem Flussdiagramm, das in **Fig. 7** gezeigt ist, berechnet, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, die Steuerung zu Schritt **500** schreitet.

**[0057]** In Schritt **500** wird auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt, ob eine weiße Linie der Fahrspur mit einer Länge bestimmt werden kann, die nicht kleiner als eine vorbestimmte minimale Bezugslänge ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, wird in Schritt **550** eine Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf 0 eingestellt, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, die Steuerung zu Schritt **600** schreitet. Selbstverständlich kann eine Modifikation derart durchgeführt werden, dass auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, ob eine weiße Linie der Fahrspur mit einer Länge bestimmt werden kann, die nicht kleiner als eine vorbestimmte minimale Bezugslänge ist, und wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, kann die Steuerung zu Schritt **550** schreiten.

**[0058]** In Schritt **600** wird eine Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärts- und Seitenbildinformationen entsprechend dem Flussdiagramm, das in **Fig. 8** gezeigt ist, berechnet.

**[0059]** Nach der Beendigung der Schritte **300**, **400**, **550** oder **600** schreitet die Steuerung zu Schritt **900**. In Schritt **900** wird ein gelenkter Sollwinkel  $\delta t$  der Vorderräder entsprechend dem Flussdiagramm, das in **Fig. 9** gezeigt ist, berechnet, und es wird der gelenkte Winkel der Vorderräder entsprechend dem gelenkten Sollwinkel  $\delta t$  gesteuert.

**[0060]** Im Folgenden wird mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 6** eine Routine zum Berechnen der Sollseitenbeschleunigung Gyt auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen erläutert, die in dem obigen Schritt **300** durchgeführt wird.

**[0061]** In Schritt **310** werden weiße Linien der Fahrspur auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärts- und Seitenbildinformationen bestimmt, und es werden Krümmungsradien **Rsl** und **Rsr** der linken und rechten weißen Linien auf der Grundlage der bestimmten weißen Linien berechnet. Außerdem wird der Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur als ein Mittelwert der Krümmungsradien **Rsl** und **Rsr** berechnet. Man beachte, dass der Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur auf der Grundlage nur des Krümmungsradius **Rsl** oder **Rsr** berechnet werden kann.

**[0062]** In Schritt **315** werden Abstände **Dr1** und **Dr2** zwischen Seitenkanten an den vorderen und hinteren Enden des Fahrzeugs **12** und einer weißen Linie **80R** auf der rechten Seite berechnet, wobei vordere und hintere Bezugspositionen des Fahrzeugs auf vordere und hintere Enden des Fahrzeugs eingestellt werden, wie es in **Fig. 19** gezeigt ist.

**[0063]** In Schritt **320** wird der Gierwinkel  $\phi_s$  des Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrspur auf der Grundlage der Abstände **Dr1** und **Dr2** auf der rechten Seite entsprechend der folgenden Formel 3 berechnet, wobei ein Abstand zwischen den vorderen und hinteren Enden des Fahrzeugs mit **L** angegeben wird.

$$\phi_s = \tan^{-1} \left( \frac{Dr1 - Dr2}{L} \right) \quad (3)$$

**[0064]** Der Gierwinkel  $\phi_s$  des Fahrzeugs kann auf der Grundlage der Abstände **DI1** und **DI2** auf der linken Seite entsprechend der folgenden Formel 4 berechnet werden, und es kann ein einfacher Mittelwert oder ein gewichteter Mittelwert der Werte, die entsprechend den Formeln 3 und 4 berechnet werden, verwendet werden.

$$\phi_s = \tan^{-1} \left( \frac{DI2 - DI1}{L} \right) \quad (4)$$

**[0065]** In Schritt **325** wird eine Sollseitendifferenz (Sollquerdifferenz) **Dst** in Bezug auf die Mitte der Fahrspur auf der Grundlage der Abstände **Dr1**, **DI1** auf der rechten Seite und des Gierwinkels  $\phi_s$  des Fahrzeugs entsprechend der folgenden Formel 5 berechnet, wobei die Breite des Fahrzeugs mit **W** angegeben wird. Nach dem Schritt **325** schreitet die Steuerung zu Schritt **360**. Die Sollseitendifferenz **Dst** ist ein Sollabstand zwischen der rechten Seitenkante des Fahrzeugs und der rechten Seitenkante der Fahrspur (rechtsseitige weiße Linie) oder zwischen der linken Seitenkante des Fahrzeugs und der linken Seitenkante der Fahrspur (linksseitige weiße Linie), der benötigt wird, damit die Mitte des Fahrzeugs entlang der Mitte der Fahrspur verläuft.

$$Dst = \frac{Dr1 \cos \phi_s + W / \cos \phi_s + DI1 \cos \phi_s - W}{2} \quad (5)$$

**[0066]** In Schritt **360** wird ein Sollgierwinkel  $\phi_{st}$  des Fahrzeugs zu einem sehr kleinen Wert berechnet, der dasselbe Vorzeichen wie der Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur, der in Schritt **310** berechnet wurde, aufweist, und dessen Größe wird erhöht, wenn sich die Größe des Radius **Rs** erhöht.

**[0067]** In Schritt **365** wird eine tatsächliche rechte Seitendifferenz **Ds** des Fahrzeugs in Bezug auf die Mitte der Fahrspur auf der Grundlage der rechten Seitendifferenzen **Dr1** und **Dr2** als berechnet, und eine Sollseitenbeschleunigung **Gyts** des Fahrzeugs wird auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen entsprechend der folgenden Formel 6 berechnet, in der **Ksr**, **Ksy** und **Ksh** vorbestimmte positive Koeffizienten sind.

$$Gyts = Ksr \cdot Rs + Ksy (Dst - Ds) + Ksh (\phi_{st} - \phi_s) \quad (6)$$

**[0068]** In Schritt **370** wird bestimmt, ob ein Korrekturkoeffizient **Ks** gleich 1 ist, das heißt, ob der Berechnungsmodus von dem Modus, in dem die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet wird, in den Modus, in dem die Sollseitenbeschleunigung **Gyts** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird, gewechselt hat. Wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, wird in Schritt **375** die Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen auf die Sollseitenbeschleunigung **Gyts** des Fahrzeugs eingestellt, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, die Steuerung zu Schritt **380** schreitet.

**[0069]** In Schritt **380** wird die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet. Wie in den Schritten **310-365** werden ein Krümmungsradius der Fahrspur, eine Seitendifferenz des Fahrzeugs, ein Gierwinkel des Fahrzeugs, eine Sollseitendifferenz des Fahrzeugs und ein Sollgierwinkel des Fahrzeugs berechnet, und es wird die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** auf der Grundlage dieser Werte berechnet. Die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** kann auf eine andere Weise berechnet werden.

**[0070]** In Schritt **385** werden Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** anhand des Kennlinienfelds, das in **Fig. 15** gezeigt ist, auf der Grundlage der Zeit **tfs**, die seit dem Zeitpunkt verstrichen ist, zu dem das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **200** von negativ nach positiv gewechselt hat, berechnet. Wie es in **Fig. 15**

gezeigt ist, verringert sich der Korrekturkoeffizient **Kf** von 1 auf 0, wenn die verstrichene Zeit **tfs** länger wird, wohingegen sich der Korrekturkoeffizient **Ks** von 0 auf 1 erhöht, wenn die verstrichene Zeit **tfs** länger wird. Die Summe der Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** ist unabhängig von der verstrichenen Zeit **tfs** gleich 1.

[0071] In Schritt **390** wird die Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs entsprechend der folgenden Formel 7 berechnet.

$$Gyt = Kf \cdot Gytf + Ks \cdot Gyts \quad (7)$$

[0072] Im Folgenden wird mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 7** eine Routine zum Berechnen der Sollseitenbeschleunigung **Gyt** auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen erläutert, die in dem obigen Schritt **400** durchgeführt wird.

[0073] In Schritt **410** wird wie in Schritt **380** die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet.

[0074] In Schritt **415** wird bestimmt, ob der Korrekturkoeffizient **Kf** gleich 1 ist, das heißt, ob der Berechnungsmodus von dem Modus, in dem die Sollseitenbeschleunigung **Gyts** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird, in den Modus, in dem die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet wird, gewechselt hat. Wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, wird in Schritt **420** die Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen auf die Sollseitenbeschleunigung **Gytf** des Fahrzeugs eingestellt, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, die Steuerung zu Schritt **425** schreitet.

[0075] In Schritt **425** wird wie in den Schritten **310-365** die Sollseitenbeschleunigung **Gyts** des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet.

[0076] In Schritt **430d** werden die Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** anhand des Kennlinienfelds, das in **Fig. 16** gezeigt ist, auf der Grundlage der Zeit **tsf**, die seit dem Zeitpunkt verstrichen ist, seit dem das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **200** von positiv nach negativ gewechselt hat, berechnet. Wie es in **Fig. 16** gezeigt ist, erhöht sich der Korrekturkoeffizient **Kf** von 0 auf 1, wenn die verstrichene Zeit **tsf** länger wird, wohingegen sich der Korrekturkoeffizient **Ks** von 1 auf 0 verringert, wenn die verstrichene Zeit **tsf** länger wird. Die Summe der Korrekturkoeffizienten **Kf**

und **Ks** ist unabhängig von der verstrichenen Zeit **tsf** gleich 1.

[0077] In Schritt **435** wird wie in Schritt **390** die Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs entsprechend der Formel 7 berechnet.

[0078] Im Folgenden wird mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 8** eine Routine zum Berechnen der Sollseitenbeschleunigung **Gyt** auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärts- und Seitenbildinformationen beschrieben, die in dem obigen Schritt **600** durchgeführt wird.

[0079] In Schritt **610** wird bestimmt, ob eine Länge **Lfl** der linksseitigen weißen Linie, die auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt wird, kleiner als eine Länge **Lmin** ist, die eine minimale Länge ist, die benötigt wird, um die Fahrspursteuerung des Fahrzeugs auszuführen. Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, wird in Schritt **615** eine Ergänzungslänge **Lsl** auf 0 eingestellt, die eine Länge ist, durch die die linksseitige weiße Linie zu ergänzen ist und die auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, in Schritt **620** die Ergänzungslänge **Lsl** auf **Lmin-Lfl** eingestellt wird.

[0080] In Schritt **625** wird bestimmt, ob die Ergänzungslänge **Lsl** kleiner als **Lsla** ist, wobei **Lsla** eine Länge der linksseitigen weißen Linie, die auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, darstellt. Wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, schreitet die Steuerung zu Schritt **640**, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, in Schritt **630** die Ergänzungslänge **Ls1** auf **Lsla** eingestellt wird.

[0081] Auf ähnliche Weise wird in Schritt **640** bestimmt, ob eine Länge **Lfr** der rechtsseitigen weißen Linie, die auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt wird, kleiner als die minimale Länge **Lmin** ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, wird in Schritt **645** eine Ergänzungslänge **Lsr** auf 0 eingestellt, die eine Länge ist, durch die die rechtsseitige weiße Linie zu ergänzen ist und die auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, während, wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, in Schritt **650** die Ergänzungslänge **Lsr** auf **Lmin - Lfr** eingestellt wird.

[0082] In Schritt **655** wird bestimmt, ob die Ergänzungslänge **Lsr** kleiner als **Lsra** ist, wobei **Lsra** die Länge der rechtsseitigen weißen Linie, die auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, darstellt. Wenn das Ergebnis der Bestimmung positiv ist, schreitet die Steuerung zu Schritt **665**, während, wenn das Ergebnis der Be-

stimmung negativ ist, in Schritt **660** die Ergänzungslänge Lsr auf Lsra eingestellt wird.

**[0083]** In Schritt **665** werden linksseitige und rechtsseitige weiße Linien durch jeweilige weiße Linien mit der Ergänzungslänge **Lsl und Lsr** ergänzt. In Schritt **670** wird die Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der ergänzten linksseitigen und rechtsseitigen weißen Linien ähnlich wie in Schritt **410** berechnet, wobei die Sollseitenbeschleunigung Gyt berechnet wird.

**[0084]** Im Folgenden werden mit Bezug auf das Flussdiagramm der **Fig. 9** Routinen zum Berechnen eines Sollritzelwinkels  $\phi_{pt}$  und zum Steuern des gelenkten Winkels der Vorderräder entsprechend dem Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  erläutert, die in dem obigen Schritt **900** durchgeführt werden.

**[0085]** In Schritt **910** wird der gelenkte Sollwinkel  $\theta_{kt}$  der Fahrspursteuerung anhand des Kennlinienfelds, das in **Fig. 17** gezeigt ist, auf der Grundlage der Seitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs und der Fahrzeuggeschwindigkeit V berechnet.

**[0086]** In Schritt **920** wird ein Korrekturkoeffizient Kv auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit anhand der Kennlinie, die durch die durchgezogene Linie in **Fig. 18** angegeben ist, auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit V berechnet. Man beachte, dass in **Fig. 18** die gestrichelte Linie einen Korrekturkoeffizienten Kv auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit für einen Fall zeigt, in dem die Fahrspursteuerung nicht durchgeführt wird.

**[0087]** In Schritt **930** wird der Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  auf der Grundlage des gelenkten Winkels, der mit dem gelenkten Sollwinkel  $\theta_{kt}$  korrigiert wird, d. h.  $\theta - \theta_{kt}$ , entsprechend der folgenden Formel 8 berechnet. Der Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  ist ein Sollwinkel des Ritzels **36** entsprechend dem gelenkten Sollwinkel  $\delta_t$  der Vorderräder.

$$\phi_{pt} = K_v (\theta - \theta_{kt}) \quad (8)$$

**[0088]** In Schritt **940** wird die Lenkwinkeländerungseinheit **30** derart gesteuert, dass der Ritzelwinkel  $\phi_p$  mit einem endgültigen Sollritzelwinkel  $\phi_{pt} + \Delta\phi_{pt}$  übereinstimmt, und der gelenkte Winkel  $\delta$  der Vorderräder wird auf einen Solllenkwinkel  $\delta_t$  entsprechend dem Sollritzelwinkel  $\phi_{pt}$  gesteuert, wobei  $\Delta\phi_{pt}$  als ein Parameter zum Verhindern, dass die Lenkwinkeländerungseinheit **30** die Vorderräder übermäßig lenkt, wenn eine Lenkeingabe erfolgt, angenommen wird.

**[0089]** Somit kann gemäß der ersten Ausführungsform sogar in einer Situation, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen nicht richtig durchgeführt

werden kann, die Steuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seiten-CCD-Kamera **70** oder **72** erhalten werden, fortgesetzt werden. Daher kann die Möglichkeit einer richtigen Ausführung der Fahrspursteuerung im Vergleich zu einem Fall erhöht werden, in dem kein Bild auf der Seite des Fahrzeugs aufgenommen wird, was es möglich macht, die Fahrspursteuerung fortzusetzen, während eine Verschlechterung der Genauigkeit so weit wie möglich verhindert wird.

**[0090]** Wenn die Fahrspursteuerung, die auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen richtig ausgeführt wird, in einer Situation wiederhergestellt werden kann, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen ausgeführt wird, sind die Ergebnisse der Bestimmungen in den Schritten **200** und **350** negativ, und die Steuerung schreitet zu Schritt **400**. Daher ist es möglich zu verhindern, dass die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen trotz der Tatsache, dass die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen richtig ausgeführt werden kann, unnötig ausgeführt wird.

**[0091]** Eine Länge einer Fahrspur vor dem Fahrzeug, die bei der Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt werden kann, ist kürzer als diejenige, die bei der Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt werden kann. Die Möglichkeit, dass das Fahrzeug entlang einer Fahrspur fehlerfrei fährt, kann jedoch im Vergleich zu einem Fall erhöht werden, in dem die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen beendet wird.

**[0092]** Gemäß der ersten Ausführungsform ist es möglich, eine schnelle Änderung der Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs mittels der Korrekturkoeffizienten **Kf** und **Ks** zu verhindern, wenn ein Wechsel zwischen dem Steuermodus, in dem die Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet wird, und dem Steuermodus, in dem die Sollseitenbeschleunigung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird, durchgeführt wird. Dementsprechend ist es ebenfalls möglich zu verhindern, dass sich die Fahrzeugfahrbedingung aufgrund einer schnellen Änderung der Sollseitenbeschleunigung Gyt, die mit der Änderung des Steuermodus einhergeht, abrupt ändert. Man beachte, dass diese Wirkung ebenso in den weiteren später beschriebenen Ausführungsformen erzielt werden kann.

**[0093]** Insbesondere wenn gemäß der ersten Ausführungsform das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **350** positiv ist, wird die Bestimmung in Schritt **500**

durchgeführt. Wenn auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt wird, dass eine weiße Linie vor dem Fahrzeug mit einer Länge bestimmt werden kann, die nicht kleiner als die vorbestimmte minimale Bezugslänge ist, wird der Schritt **600** durchgeführt.

**[0094]** Fig. 20 zeigt eine Situation, bei der ein Hindernis **110** wie beispielsweise Nebel oder Ähnliches vor dem Fahrzeug vorhanden ist und die Aufnahme mittels der Vorwärts-CCD-Kamera **68** beeinträchtigt und nur Teile der linken und rechten weißen Linien **106l** und **106r** von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** aufgenommen werden können. In Fig. 20 bezeichnen **106fl** und **106fr** weiße Linien, die von der Vorwärts-CCD-Kamera **68** aufgenommen werden können, und **106sl** und **106sr** bezeichnen weiße Linien, die von den Seiten-CCD-Kameras **70** und **72** aufgenommen werden können.

**[0095]** Die linksseitigen und rechtsseitigen weißen Linien werden durch weiße Linien, die jeweils eine benötigte Länge von  $L_{sl}$  und  $L_{sr}$  aufweisen, mittels der Steuerung in Schritt **600** ergänzt. Das heißt, die linksseitigen und rechtsseitigen weißen Linien werden durch weiße Linien **106sls** und **106srs**, die die jeweiligen benötigten Längen  $L_{sl}$  und  $L_{sr}$  aufweisen, ergänzt, die in der Figur nicht gezeigt sind und Teile der weißen Linien **106l** und **106r** sind. Daher kann sogar in einer Situation, in der ein Hindernis **110** vorhanden ist, das die Aufnahme mittels der Vorwärts-CCD-Kamera **68** beeinträchtigt, die Fahrspursteuerung fortgesetzt werden, ohne dass sie beendet wird. Man beachte, dass diese Wirkung ebenfalls in den später beschriebenen zweiten bis vierten Ausführungsformen erzielt werden kann.

**[0096]** In einer Situation, in der ein Hindernis **110** vorhanden ist, das die Aufnahme mittels der Vorwärts-CCD-Kamera **68** verhindert, und die alternative Fahrspursteuerung benötigt wird, wird, wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **500** negativ ist, die Fahrspursteuerung beendet, ohne Schritt **600** durchzuführen. Wenn dementsprechend eine Länge der weißen Linie, die auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen bestimmt wird, kleiner als die benötigte Länge  $L_{min}$  ist, wird die Fahrspursteuerung beendet. Daher kann verhindert werden, dass die Fahrspursteuerung in einer Situation fortgesetzt wird, in der die Ergänzung von weißen Linien durch die aufgenommenen Informationen, die von den Seiten-CCD-Kameras **70** und **72** erhalten werden, keine geeignete Fortsetzung der Fahrspursteuerung ermöglichen kann. Man beachte, dass diese Wirkung ebenso in den zweiten bis vierten Ausführungsformen, die später beschrieben werden, erzielt werden kann.

**[0097]** Gemäß der ersten Ausführungsform werden in Schritt **300** in Bezug auf die Fahrspur, die auf der

Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen bestimmt wird, ein Krümmungsradius  $R_s$  der Fahrspur, eine Seitendifferenz  $D_s$  des Fahrzeugs, ein Gierwinkel  $\phi_s$  des Fahrzeugs, eine Sollseitendifferenz  $D_{st}$  des Fahrzeugs und ein Sollgierwinkel  $\phi_{st}$  des Fahrzeugs berechnet, und es wird die Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  auf der Grundlage dieser Werte berechnet. Daher ist es möglich, das Fahrzeug noch geeigneter entlang einer Fahrspur fahren zu lassen, während die Lage des Fahrzeugs beispielsweise im Vergleich zu einem Fall geeignet aufrechterhalten wird, in dem ein Krümmungsradius  $R_s$  der Fahrspur nicht berücksichtigt wird oder die Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  auf der Grundlage der Seitendifferenz  $D_s$  des Fahrzeugs und der Sollseitendifferenz  $D_{st}$  des Fahrzeugs berechnet wird. Man beachte, dass diese Wirkung ebenso gemäß der später beschriebenen zweiten Ausführungsform erzielt werden kann.

#### Zweite Ausführungsform

**[0098]** Fig. 10 ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß der zweiten Ausführungsform der Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In Fig. 10 werden dieselben Schritte wie in Fig. 6 mit denselben Nummern bezeichnet. Dasselbe gilt für die folgenden Ausführungsformen.

**[0099]** Bei der zweiten Ausführungsform werden, während die Schritte **330** bis **345** anders als in der oben beschriebenen ersten Ausführungsform durchgeführt werden, die Schritte **360** bis **390** auf dieselbe Weise wie in der oben beschriebenen ersten Ausführungsform durchgeführt.

**[0100]** Insbesondere werden in Schritt **330**, wie es in Fig. 21 gezeigt ist, in Bezug auf den derzeitigen Zeitpunkt  $t = t$  ein Abstand  $Dr(t)$  zwischen der rechten Kante an dem vorderen Ende des Fahrzeugs und der rechten Kante einer Fahrspur und ein Abstand  $DI(t)$  zwischen der linken Kante an dem vorderen Ende des Fahrzeugs und der linken Kante der Fahrspur in seitlicher Richtung des Fahrzeugs berechnet.

**[0101]** In Schritt **335** werden in Bezug auf anschließende drei Zeitpunkte  $t = 0, t - n, t$  ( $n$  ist konstant), die aufeinander folgen, wie es in Fig. 21 gezeigt ist, Koordinaten eines Punkts  $P$  in rechteckigen Koordinaten berechnet. Die rechteckigen Koordinaten werden derart festgelegt, dass eine vordere Bezugsposition des Fahrzeugs der Ursprung ist, die seitliche Richtung des Fahrzeugs auf die X-Achse festgelegt wird und die Vorwärtsrichtung des Fahrzeugs auf die Y-Achse festgelegt wird, wenn das Fahrzeug die Fahrt startet oder der Fahrzustand des Fahrzeugs von einer Geradeausfahrt in eine Kurvenfahrt übergeht.

**[0102]** Wenn beispielsweise ein Schlupfwinkel des Fahrzeugs mit  $\beta$  bezeichnet wird und Koordinaten der vorderen Bezugsposition des Fahrzeugs (in der Mitte in der Breitenrichtung des Fahrzeugs angeordnet) zu einem Zeitpunkt des Starts der Berechnungen mit  $(X_0, Y_0)$  bezeichnet werden, werden die Koordinaten  $(X_t, Y_t)$  der vorderen Bezugsposition des Fahrzeugs zu jeder Zeit entsprechend den folgenden Formeln 9 und 10 berechnet. Außerdem wird ein Neigungswinkel  $\varphi_{int}$  einer Längslinie **112** des Fahrzeugs **12** in den rechteckigen Koordinaten des derzeitigen Zeitpunkts  $t = t$  entsprechend der folgenden Formel 11 berechnet, wobei ein Neigungswinkel der Längslinie **112** des Fahrzeugs **12** in den rechteckigen Koordinaten zu dem Zeitpunkt des Starts der Berechnungen mit  $\varphi_{in0}$  bezeichnet wird.

$$X_t = X_0 + V \int_0^t \cos(\beta + \varphi_s) dt \quad (9)$$

$$Y_t = Y_0 + V \int_0^t \sin(\beta + \varphi_s) dt \quad (10)$$

$$\varphi_{int} = \varphi_{in0} + \int_0^t \gamma dt \quad (11)$$

**[0103]** Der Schlupfwinkel  $\beta$  des Fahrzeugs kann beispielsweise wie folgt berechnet werden. Zunächst wird eine Seitenschlupfbeschleunigung (Querschlupfbeschleunigung) der Fahrzeugkarosserie aus der Seitenbeschleunigung  $G_y$ , der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und der Gierrate  $\gamma$  als  $V_{yd} = G_y - V \cdot \gamma$  berechnet. Die Seitenschlupfbeschleunigung  $V_{yd}$ , die somit erhalten wird, wird integriert, um die Seitenschlupfgeschwindigkeit (Querschlupfgeschwindigkeit)  $V_y$  der Fahrzeugkarosserie zu erhalten. Dann wird der Schlupfwinkel  $\beta$  der Fahrzeugkarosserie als ein Verhältnis  $V_y/V_x$  der Seitenschlupfgeschwindigkeit  $V_y$  zu der Längsgeschwindigkeit  $V_x$  der Fahrzeugkarosserie (= Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ ) berechnet.

**[0104]** Anschließend werden, wie es in **Fig. 21** gezeigt ist, in Bezug auf die drei Zeitpunkte, die aufeinander folgen, Koordinaten eines Punkts P auf der rechten Kante einer Fahrspur auf der Grundlage der Koordinaten  $(X_t, Y_t)$  der vorderen Bezugsposition des Fahrzeugs (in der Mitte in der Breitenrichtung des Fahrzeugs angeordnet), des Neigungswinkels  $\varphi_{int}$  und der Abstände  $Dr(0)$ ,  $Dr(t - n)$  und  $Dr(t)$  zwischen der rechten Kante an dem vorderen Ende des Fahrzeugs und dem Punkt P berechnet.

**[0105]** Außerdem werden gleichzeitige Gleichungen mittels der Werte der Koordinaten  $(X_p(0), Y_p(0))$ ,  $(X_p(t - n), Y_p(t - n))$  und  $(X_p(t), Y_p(t))$  des Punkts P zu den drei Zeitpunkten in die folgende Formel 12 eingesetzt. Ein Krümmungsradius  $Rs$  der Fahrspur wird durch Lösen der gleichzeitigen Gleichungen berechnet.

$$(X_t - A)^2 + (Y_t - B)^2 = Rs^2 \quad (12)$$

**[0106]** In Schritt **340** wird eine Tangentiallinie **114** bestimmt, die den Punkt P zu dem derzeitigen Zeitpunkt  $t = t$  passiert, der sich auf der rechtsseitigen weißen Linie **80R** befindet, und es wird ein Gierwinkel  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs berechnet, der ein Winkel ist, der zwischen der Längslinie **112** und der Tangentiallinie **114** ausgebildet wird, d. h. die Differenz zwischen den Neigungen der Linien in den rechteckigen Koordinaten.

**[0107]** Man beachte, dass, wenn die Gierwinkel des Fahrzeugs zu den drei Zeitpunkten  $t = 0$ ,  $t - n$ ,  $t$  durch  $\varphi_s(0)$ ,  $\varphi_s(t - n)$  und  $\varphi_s(t)$  dargestellt werden, die oben genannten drei Koordinaten  $(X_p(0), Y_p(0))$ ,  $(X_p(t - n), Y_p(t - n))$  und  $(X_p(t), Y_p(t))$  des Punkts P zu den drei Zeitpunkten  $t = 0$ ,  $t - n$ ,  $t$  durch die folgenden Formeln 13 bis 18 ausgedrückt werden.

$$X_p(0) = X_0 + \frac{W + 2Dr(0)}{2} \cos \varphi_s(0) \quad (13)$$

$$Y_p(0) = Y_0 + \frac{W + 2Dr(0)}{2} \sin \varphi_s(0) \quad (14)$$

$$X_p(t - n) = X_t - n + \frac{W + 2Dr(t - n)}{2} \cos \varphi_s(t - n) \quad (15)$$

$$Y_p(t - n) = Y_t - n + \frac{W + 2Dr(t - n)}{2} \sin \varphi_s(t - n) \quad (16)$$

$$X_p(t) = X_t + \frac{W + 2Dr(t)}{2} \cos \varphi_s(t) \quad (17)$$

$$Y_p(t) = Y_t + \frac{W + 2Dr(t)}{2} \sin \varphi_s(t) \quad (18)$$

**[0108]** In Schritt **345** wird in Bezug auf den derzeitigen Zeitpunkt  $t = t$  ein Abstand  $DI(t)$  zwischen der linken Kante an dem vorderen Ende des Fahrzeugs und der linken Kante der Fahrspur in seitlicher Richtung (Querrichtung) des Fahrzeugs berechnet. Eine Sollseitendifferenz (Sollquerdifferenz)  $Dst$  in Bezug auf die Mitte der Fahrspur wird auf der Grundlage des Gierwinkels  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs und der linken und rechten Seitenabstände (Querabstände)  $DI(t)$  und  $Dr(t)$  entsprechend der folgenden Formel 19 berechnet.

$$Dst = \frac{Dr(t) \cos \varphi_s(t) + W / \cos \varphi_s(t) + Dl(t) \cos \varphi_s(t) - W}{2} \quad (19)$$

[0109] Somit kann gemäß der zweiten Ausführungsform sogar in einer Situation, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen nicht richtig ausgeführt werden kann, die Steuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seiten-CCD-Kamera **70** oder **72** erhalten werden, fortgesetzt werden.

[0110] Insbesondere können gemäß der zweiten Ausführungsform die Seitenabstände  $DI(t)$  und  $Dr(t)$  Seitenabstände an nur einer vorderen Bezugsposition des Fahrzeugs sein, und dementsprechend besteht keine Notwendigkeit, Seitenabstände an den vorderen und hinteren Bezugspositionen des Fahrzeugs zu erhalten.

[0111] In der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform werden gleichzeitige Gleichungen mittels der Werte der Koordinaten  $(Xp(0), Yp(0))$ ,  $(Xp(t - n), Yp(t - n))$  und  $(Xp(t), Yp(t))$  des Punkts **P** zu den drei Zeitpunkten, die in die Formel 12 eingesetzt werden, festgelegt, und es wird ein Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur durch Lösen der gleichzeitigen Gleichungen berechnet. Es kann jedoch ein Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur auf der Grundlage von drei Koordinaten eines Punkts **Q**, der sich auf der linksseitigen weißen Linie **80L** befindet, berechnet werden. Alternativ kann ein Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur als ein einfacher Mittelwert oder ein gewichteter Mittelwert des Krümmungsradius **Rsr** der Fahrspur auf der Grundlage der obigen drei Koordinaten des Punkts **P** und eines Krümmungsradius **Rsl** der Fahrspur auf der Grundlage der drei Koordinaten des Punkts **Q** berechnet werden.

[0112] In der obigen zweiten Ausführungsform wird eine Tangentiallinie **114** bestimmt, die den Punkt **P** passiert, der sich auf der rechtsseitigen weißen Linie **80R** befindet, und es wird ein Gierwinkel  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs berechnet, der ein Winkel ist, der zwischen der Längslinie **112** und der Tangentiallinie **114** ausgebildet wird. Es kann jedoch eine Tangentiallinie **116** bestimmt werden, die den Punkt **Q** passiert, der sich auf der linksseitigen weißen Linie **80L** befindet, und es kann ein Gierwinkel  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs berechnet werden, der ein Winkel ist, der zwischen der Längslinie **112** und der Tangentiallinie **116** ausgebildet wird. Es kann ein Gierwinkel  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs als ein einfacher Mittelwert oder ein gewichteter Mittelwert des Gierwinkels  $\varphi_s(t)_r$  des Fahrzeugs auf der Grundlage der Tangentiallinie **114** und des Gierwinkels  $\varphi_s(t)_l$  des Fahrzeugs auf der Grundlage der Tangentiallinie **116** berechnet werden.

### Dritte Ausführungsform

[0113] **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß der dritten Ausführungsform der Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In **Fig. 11** werden dieselben Schritte wie in **Fig. 10** mit denselben Nummern bezeichnet.

[0114] In der dritten Ausführungsform werden die Schritte **330** und **340** auf dieselbe Weise wie in der obigen zweiten Ausführungsform durchgeführt, und die Schritte **350** und **365a** werden anstelle der Schritte **345** und **365** durchgeführt. Die Schritte **370** bis **390** werden auf dieselbe Weise wie in der obigen ersten Ausführungsform durchgeführt.

[0115] In Schritt **350** wird, wie es in **Fig. 22** gezeigt ist, in Bezug auf den derzeitigen Zeitpunkt  $t = t$  ein Abstand  $DI(t)$  zwischen der linken Kante an dem vorderen Ende des Fahrzeugs und der linken Kante der Fahrspur in seitlicher Richtung des Fahrzeugs berechnet. Es werden Sollseitendifferenzen  $Drst$  und  $Dlst$  in Bezug auf die Mitte der Fahrspur auf der Grundlage des Gierwinkels  $\varphi_s(t)$  des Fahrzeugs und der linken und rechten Seitenabstände  $DI(t)$  und  $Dr(t)$  entsprechend denselben Formeln wie die Formel 19 berechnet.

[0116] In Schritt **365a** wird eine tatsächliche Sollseitendifferenz **Ds** in Bezug auf die Mitte der Fahrspur auf der Grundlage der linken und rechten Seitenabstände  $DI(t)$  und  $Dr(t)$  berechnet und eine Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  des Fahrzeugs wird auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen entsprechend der folgenden Formel 20 berechnet.

$$G_{yt} = K_{sy}(Dst - Dt) \quad (20)$$

[0117] Somit kann gemäß der dritten Ausführungsform sogar in einer Situation, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen nicht richtig ausgeführt werden kann, die Steuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen fortgesetzt werden, ohne den Krümmungsradius **Rs** der Fahrspur zu berechnen.

[0118] In der obigen dritten Ausführungsform wird eine Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  des Fahrzeugs ohne Berücksichtigung eines Gierwinkels des Fahrzeugs berechnet. Es kann jedoch wie in der im Folgenden beschriebenen vierten Ausführungsform eine Sollseitenbeschleunigung  $G_{yt}$  des Fahrzeugs entsprechend der unten angegebenen Formel 24 berechnet werden.

## Vierte Ausführungsform

**[0119]** Fig. 12 ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung Gyt auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß der vierten Ausführungsform der Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0120]** Gemäß der vierten Ausführungsform wird der Schritt 310 nicht durchgeführt, und die Schritte 355 und 365b werden anstelle der Schritte 325 und 365 durchgeführt. Die Schritte 360 und 370 bis 390 werden auf dieselbe Weise wie in der obigen ersten Ausführungsform durchgeführt.

**[0121]** In Schritt 355 wird in einer Situation, in der die Linksseiten-CCD-Kamera 70 und die Rechtsseiten-CCD-Kamera 72 verwendet werden, eine Sollseitendifferenz Dst in Bezug auf die Mitte der Fahrspur entsprechend derselben Formel wie die Formel 19 der zweiten Ausführungsform berechnet. In einer Situation, in der nur die Rechtsseiten-CCD-Kamera 72 verwendet wird, wird eine Sollseitendifferenz Dst entsprechend der folgenden Formel 22 berechnet, in der  $\Delta X_r$  durch die folgende Formel 21 angegeben wird. In der Formel 22 ist  $X_r$  eine Breite der Fahrspur, die aus dem Vorwärtsbild, das von der Vorwärts-CCD-Kamera 68 erlangt wird, geschätzt werden kann.

$$\Delta X_r(t) = X_r - D_r(t) \cos \varphi_s(t) - W / \cos \varphi_s(t) \quad (21)$$

$$\begin{aligned} D_{st} &= \frac{D_r(t) \cos \varphi_s(t) + W / \cos \varphi_s(t) + \Delta X_r(t) - W}{2} \\ &= \frac{X_r - W}{2} \end{aligned} \quad (22)$$

**[0122]** In Schritt 365b wird eine Sollseitenbeschleunigung Gyts des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen entsprechend der folgenden Formel 23 berechnet.

$$G_{yts} = K_{sy}(D_{st} - D_t) + K_{sh}(\varphi_{st} - \varphi_s) \quad (23)$$

**[0123]** Somit kann gemäß der vierten Ausführungsform wie in der dritten Ausführungsform sogar in einer Situation, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen nicht richtig ausgeführt werden kann, die Steuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen fortgesetzt werden, ohne den Krümmungsradius  $R_s$  der Fahrspur zu berechnen.

**[0124]** Insbesondere kann gemäß der oben beschriebenen vierten Ausführungsform die Fahrspursteuerung sogar in einer Situation, in der die Linksseiten-CCD-Kamera 70 oder die Rechtsseiten-CCD-Kamera 72 nicht in der Lage ist, ein Bild aufzunehmen, fortgesetzt werden, da aufgenommene Seitenbildinformationen Links- oder Rechtsseitenbildinformationen sein können.

## Fünfte Ausführungsform

**[0125]** Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, das eine Routine zum Berechnen einer Sollseitenbeschleunigung Gyt auf der Grundlage von aufgenommenen Seitenbildinformationen gemäß der fünften Ausführungsform der Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0126]** In der fünften Ausführungsform werden die Schritte 100 bis 550 auf dieselbe Weise wie in der oben beschriebenen ersten Ausführungsform durchgeführt, und wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 500 positiv ist, schreitet die Steuerung zu Schritt 700.

**[0127]** In Schritt 700 wird eine Sollseitenbeschleunigung Gytf des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen wie in Schritt 380 des Flussdiagramms der Fig. 6 und in Schritt 410 des Flussdiagramms der Fig. 7 berechnet.

**[0128]** In Schritt 750 wird eine Sollseitenbeschleunigung Gyts des Fahrzeugs auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen entsprechend dem Flussdiagramm der Fig. 14 berechnet. Man beachte, dass die Schritte 310 bis 365 in dem Flussdiagramm der Fig. 14 dieselben wie die Schritte 310 bis 365 in dem Flussdiagramm der Fig. 6 der ersten Ausführungsform sind.

**[0129]** In Schritt 800 wird ein Vorwärtsbeobachtungsabstand  $L_v$  des Fahrers auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ , des Krümmungsradius  $R_s$  der Fahrspur und einer Neigung der Fahrspur geschätzt, und es wird eine Länge  $L_{fd}$  der weißen Linie vor dem Fahrzeug, die die Vorwärts-CCD-Kamera erkennen kann, bestimmt. Es wird ein Korrekturkoeffizient  $K_d$  als ein Wert berechnet, der größer als 0 und kleiner als 1 ist, so dass sich der Koeffizient erhöht, wenn die Länge  $L_{fd}$  in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand  $L_v$  kürzer wird, und sich verringert, wenn die Länge  $L_{fd}$  in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand  $L_v$  länger wird.

**[0130]** In Schritt 850 wird eine Sollseitenbeschleunigung Gyt des Fahrzeugs als eine lineare Summe der Sollseitenbeschleunigungen Gytf und Gyts auf der Grundlage des Korrekturkoeffizienten  $K_d$  entsprechend der folgenden Formel 24 berechnet.



$$Gyt = (1 - Kd) Gyt_f + Kd \cdot Gyt_s \quad (24)$$

**[0131]** Somit kann gemäß der fünften Ausführungsform sogar in einer Situation, in der die Fahrspursteuerung auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen nicht richtig ausgeführt werden kann, die Steuerung fortgesetzt werden, solange sie auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärts- und Seitenbildinformationen ausgeführt werden kann.

**[0132]** Insbesondere wird gemäß der oben beschriebenen fünften Ausführungsform in Schritt **800** der Korrekturkoeffizient **Kd** berechnet, und es wird die Sollseitenbeschleunigung **Gyt** des Fahrzeugs als eine lineare Summe der Sollseitenbeschleunigungen **Gyt<sub>f</sub>** und **Gyt<sub>s</sub>** auf der Grundlage des Korrekturkoeffizienten **Kd** entsprechend der Formel 24 berechnet. Der Korrekturkoeffizient **Kd** wird änderbar berechnet, so dass er sich erhöht, wenn die Länge **Lfd** in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand **Lv** kürzer wird, und sich verringert, wenn die Länge **Lfd** in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand **Lv** länger wird.

**[0133]** Dementsprechend kann die Fahrspursteuerung durch Erhöhen eines Beitrags der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen in einer Situation, in der die Länge **Lfd** in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand **Lv** länger ist, und durch Erhöhen eines Beitrags der aufgenommenen Seitenbildinformationen in einer Situation, in der die Länge **Lfd** in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand **Lv** kürzer ist, fortgesetzt werden. Daher kann im Vergleich zu einem Fall, in dem der Korrekturkoeffizient **Kd** nicht änderbar eingestellt wird, die Fahrspursteuerung entsprechend der Größenkorrelation zwischen dem Vorwärtsbeobachtungsabstand **Lv** und der Länge **Lfd** geeignet fortgesetzt werden.

**[0134]** Während die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die obigen Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es für den Fachmann offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist, sondern auf verschiedene andere Formen ausgeführt sein kann, ohne von dem Bereich der Erfindung abzuweichen.

**[0135]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen enthält die Bildaufnahmeeinrichtung beispielsweise die Vorwärts-CCD-Kamera **68**, die Linksseiten-CCD-Kamera **70** und die Rechtsseiten-CCD-Kamera **72**. Die Bildaufnahmeeinrichtung kann jedoch eine Bildaufnahmeverrichtung oder zwei Bildaufnahmeverrichtungen sein, die eine Aufnahmerichtung und/oder einen Aufnahmewinkel ändern können.

**[0136]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen sind die vorderen und hinteren Bezugspositio-

nen vordere und hintere Enden eines Fahrzeugs. Es kann jedoch mindestens eine der vorderen und hinteren Bezugspositionen eine Position sein, die zwischen vorderen und hinteren Enden eines Fahrzeugs angeordnet ist. Alternativ kann die vordere Bezugsposition auf eine Position festgelegt werden, die vor einem vorderen Ende eines Fahrzeugs angeordnet ist, oder die hintere Bezugsposition kann auf eine Position festgelegt werden, die hinter einem hinteren Ende eines Fahrzeugs angeordnet ist.

**[0137]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen schreitet die Steuerung zu Schritt **500** und die Fahrspursteuerung wird beendet, wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **500** negativ ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt **500** in einer Situation, in der das Fahrzeug bei Nacht oder bei Nebel fährt, negativ ist, kann jedoch eine Projektionsrichtung der vorderen Scheinwerfer und/oder Nebelscheinwerfer geändert werden, und die Bestimmung in Schritt **500** kann erneut durchgeführt werden.

**[0138]** Während in den oben beschriebenen ersten bis dritten Ausführungsformen der Bezug der Sollseitendifferenz des Fahrzeugs eine Mitte einer Fahrspur ist, kann dieser eine rechte oder linke Seitenkante einer Fahrspur sein. Alternativ kann der Bezug änderbar entsprechend der Kurvenrichtung einer Fahrspur eingestellt werden, so dass dieser beispielsweise auf eine Seitenkante auf einer Kurveninnenseite eingestellt wird.

**[0139]** In den oben beschriebenen ersten bis vierten Ausführungsformen können die Schritte **500** und **600** weggelassen werden.

## Patentansprüche

1. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10), die aufweist: eine Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72), die ein Bild um ein Fahrzeug (12) aufnimmt und eine Aufnahmerichtung und/oder einen Aufnahmebereich ändern kann, und eine Rechen-Steuer-Einheit (40), die einen gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) von gelenkten Rädern (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Bildinformationen, die von der Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) gesendet werden, berechnet und einen gelenkten Winkel ( $\delta$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage des gelenkten Sollwinkels ( $\delta_t$ ) steuert, um das Fahrzeug (12) derart zu steuern, dass es entlang einer Fahrspur (102) fährt, wobei in einer Situation, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) nicht richtig berechnet werden kann, die Rechen-Steuer-Einheit (40) bewirkt, dass die Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) ein Seitenbild auf einer Seite des Fahrzeugs (12) aufnimmt, Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) zwischen mindestens einer aus linken und rechten

Kanten der Fahrspur (102) und dem Fahrzeug (12) an vorderen und hinteren Bezugspositionen, die in der Längsrichtung des Fahrzeugs (12) zueinander beabstandet sind, auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, eine Seitendifferenz ( $D_s$ ) und einen Gierwinkel ( $\varphi_s$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) auf der Grundlage der Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) des Fahrzeugs (12) an den vorderen und hinteren Bezugspositionen schätzt, eine Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) auf der Grundlage der Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) des Fahrzeugs (12) und des Gierwinkels ( $\varphi_s$ ) des Fahrzeugs (12) berechnet und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage zumindest der Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) des Fahrzeugs (12) und der Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) berechnet.

2. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) einen Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, einen Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) auf der Grundlage des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) berechnet und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz ( $D_s$ ) des Fahrzeugs (12) und der Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12), einer Differenz zwischen einem Gierwinkel ( $\varphi_s$ ) des Fahrzeugs (12) und dem Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) und des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) berechnet.

3. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) Gierwinkel ( $\varphi_s(0)$ ,  $\varphi_s(t-n)$ ,  $\varphi_s(t)$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf drei aufeinanderfolgende Zeitpunkte auf der Grundlage einer Fahrzeugfahrbewegung schätzt, Positionen des Fahrzeugs (12) in rechteckigen Koordinaten in Bezug auf die drei Zeitpunkte auf der Grundlage der Gierwinkel ( $\varphi_s(0)$ ,  $\varphi_s(t-n)$ ,  $\varphi_s(t)$ ) des Fahrzeugs (12) und der Fahrzeugfahrbewegung schätzt, die Seitenabstände ( $Dr(0)$ ,  $Dr(t-n)$ ,  $Dr(n)$ ,  $DI(0)$ ,  $DI(t-n)$ ,  $DI(t)$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) an einer Bezugsposition des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die drei Zeitpunkte auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen schätzt, einen Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) auf der Grundlage der Seitenabstände ( $Dr(0)$ ,  $Dr(t-n)$ ,  $Dr(n)$ ,  $DI(0)$ ,  $DI(t-n)$ ,  $DI(t)$ ) des Fahrzeugs (12) der drei Zeitpunkte in Bezug auf die Fahrspur (102), der Gierwinkel ( $\varphi_s(0)$ ,  $\varphi_s(t-n)$ ,  $\varphi_s(t)$ ) des Fahrzeugs (12) der drei Zeitpunkte und der Position des Fahrzeugs (12) der drei Zeitpunkte schätzt, die Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) auf der Grundlage der Seitendifferenz( $D_s$ ) des dritten Zeitpunkts und des Gier-

winkels ( $\varphi_s(t)$ ) des dritten Zeitpunkts berechnet, einen Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) auf der Grundlage des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) berechnet und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz ( $D_s$ ) des Fahrzeugs (12) des dritten Zeitpunkts und der Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12), einer Differenz zwischen dem Gierwinkel ( $\varphi_s(t)$ ) des Fahrzeugs (12) des dritten Zeitpunkts und dem Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) und des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) berechnet.

4. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) die Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) in Bezug auf die Fahrspur (102) außerdem auf der Grundlage von Breiteninformationen der Fahrspur (102) berechnet.

5. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) eine Seitenbildaufnahmeeinrichtung (70, 72) enthält, wobei die Seitenbildaufnahmeeinrichtung (70, 72) eine Linksseitenbildaufnahmeeinrichtung (70), die ein linksseitiges Bild auf der linken Seite des Fahrzeugs (12) aufnimmt, und eine Rechtsseitenbildaufnahmeeinrichtung (72), die ein rechtsseitiges Bild auf der rechten Seite des Fahrzeugs (12) aufnimmt, enthält und die Rechen-Steuer-Einheit (40) die Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) des Fahrzeugs (12) zwischen Kanten der Fahrspur (102) auf den linken und rechten Seiten des Fahrzeugs (12) auf der Grundlage der aufgenommenen linksseitigen und rechtsseitigen Bildinformationen schätzt.

6. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) einen Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) auf der Grundlage der Seitenabstände ( $Dr_1$ ,  $Dr_2$ ,  $DI_1$ ,  $DI_2$ ) des Fahrzeugs (12) berechnet, einen Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) auf der Grundlage des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) berechnet und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage einer Differenz zwischen der Seitendifferenz( $D_s$ ) des Fahrzeugs (12) und der Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) und einer Differenz zwischen dem Gierwinkel ( $\varphi_s$ ) des Fahrzeugs (12) und dem Sollgierwinkel ( $\varphi_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) berechnet, wobei die Sollseitendifferenz ( $D_{st}$ ) des Fahrzeugs (12) ein Wert ist, der auf der Grundlage einer Breite ( $W$ ) der Fahrspur (102) eingestellt wird, oder ein vorbestimmter Wert ist.

7. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) eine Vorwärtsbildaufnahmeeinrichtung (68), die ein

Vorwärtsbild vordem Fahrzeug (12) aufnimmt, und eine Seitenbildaufnahmevorrichtung (70, 72), die ein Seitenbild auf einer linken und/oder rechten Seite des Fahrzeugs (12) aufnimmt, enthält und die Rechen-Steuer-Einheit (40) den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen, die von der Vorwärtsbildaufnahmevorrichtung (68) gesendet werden, in einer Situation berechnet, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) richtig berechnet werden kann, und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seitenbildaufnahmevorrichtung (70, 72) gesendet werden, in einer Situation berechnet, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) nicht richtig berechnet werden kann.

8. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) in einem Fall, in dem ein Krümmungsradius ( $R_v$ ) einer Fahrspur (102) eines vorherigen Zyklus größer als ein Bezugswert ist, bestimmt, dass die Situation vorhanden ist, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) richtig berechnet werden kann, und in einem Fall, in dem der Krümmungsradius ( $R_v$ ) der Fahrspur (102) des vorherigen Zyklus nicht größer als der Bezugswert ist, bestimmt, dass die Situation vorhanden ist, in der der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen vor dem Fahrzeug (12) nicht richtig berechnet werden kann.

9. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) graduell den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) ändert, wenn die Fahrzeugfahrspursteuerung zwischen einem ersten Modus, in dem der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen berechnet wird, und einem zweiten Modus, in dem der gelenkte Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage zumindest der aufgenommenen Seitenbildinformationen berechnet wird, wechselt.

10. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Situation, in der der Krümmungsradius ( $R_v$ ) der Fahrspur (102) des vorherigen Zyklus nicht größer als der Bezugswert ist, die Rechen-Steuer-Einheit (40) einen Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur be-

rechnet, einen ersten gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Vorwärtsbildinformationen, die von der Vorwärtsbildaufnahmevorrichtung (68) gesendet werden, und einen zweiten gelenkten Sollwinkel der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage der aufgenommenen Seitenbildinformationen, die von der Seitenbildaufnahmevorrichtung (70, 72) gesendet werden, berechnet, einen Vorwärtsbeobachtungsabstand ( $L_v$ ) eines Fahrers auf der Grundlage einer Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V$ ) und des Krümmungsradius ( $R_s$ ) der Fahrspur (102) schätzt, und den gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) auf der Grundlage des ersten gelenkten Sollwinkels, des zweiten gelenkten Sollwinkels und einem Beitrag des zweiten gelenkten Sollwinkels in dem gelenkten Sollwinkel ( $\delta_t$ ) der gelenkten Räder (18FR, 18FL) berechnet, wobei die Rechen-Steuer-Einheit (40) den Beitrag des zweiten gelenkten Sollwinkels derart einstellt, dass der Beitrag hoch wird, wenn ein Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmevorrichtung (68) in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand ( $L_v$ ) kürzer ist, im Vergleich zu einem Fall, in dem der Bildaufnahmeabstand der Vorwärtsbildaufnahmevorrichtung (68) in Bezug auf den Vorwärtsbeobachtungsabstand ( $L_v$ ) länger ist.

11. Fahrzeugfahrspursteuervorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechen-Steuer-Einheit (40) eine Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V$ ) in einem Fall, in dem das Risiko besteht, dass das Fahrzeug (12) von der Fahrspur (102) abweicht, oder in einem Fall, in dem das Leistungsvermögen der Bildaufnahmeeinrichtung (68, 70, 72) sich hinsichtlich der Bildaufnahmegenaugkeit verschlechtert, verringert, um die Fahrzeugfahrspursteuerung fortzusetzen.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

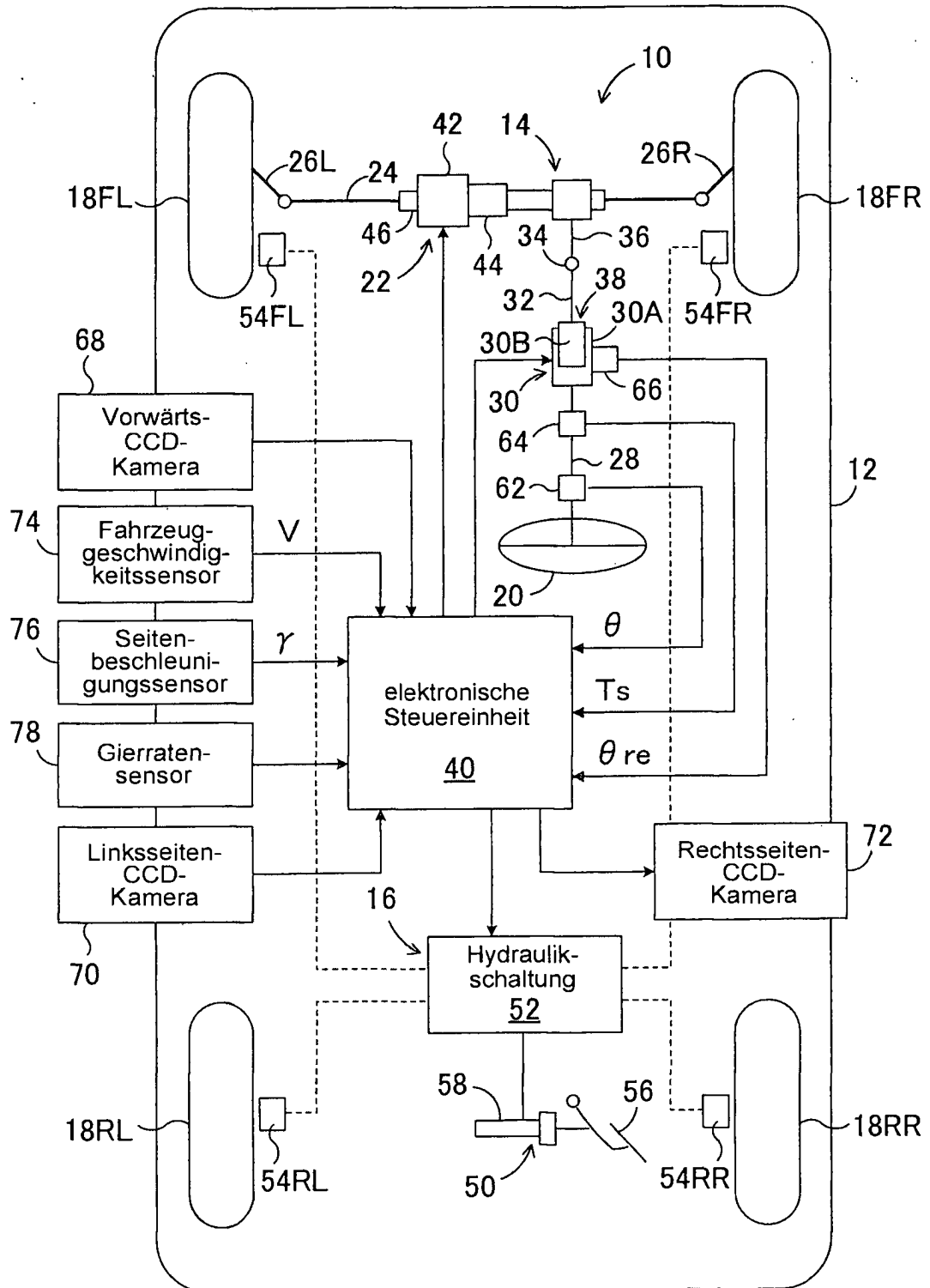


FIG. 2

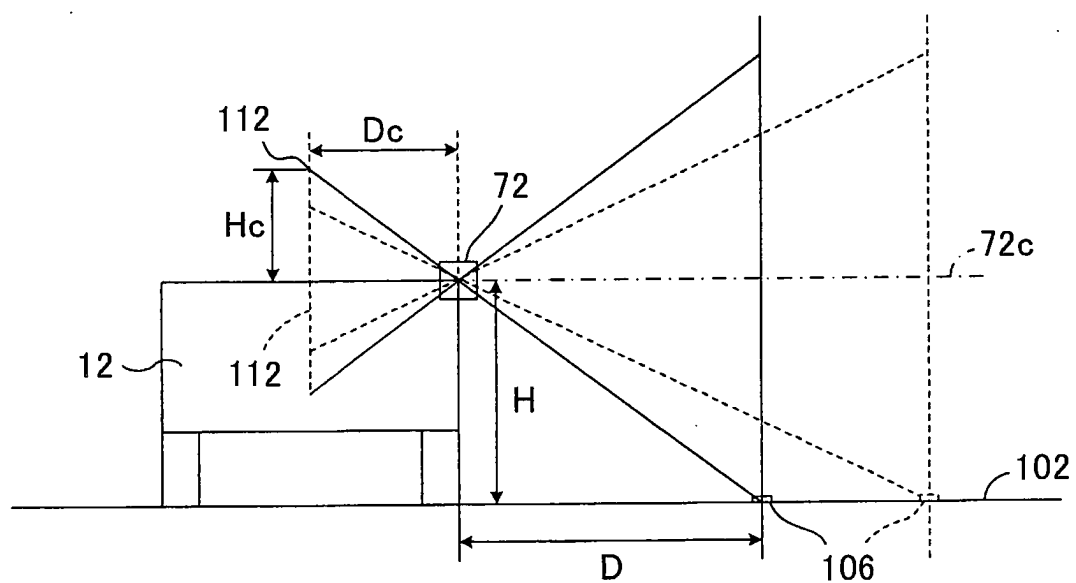


FIG. 3

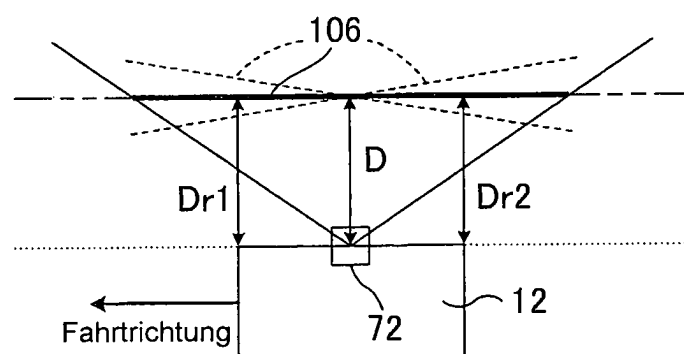


FIG. 4

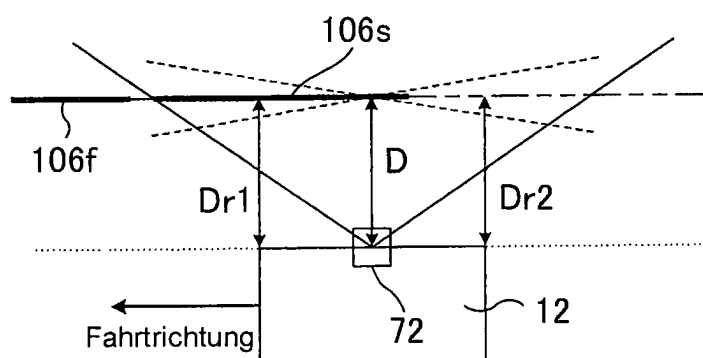


FIG. 5

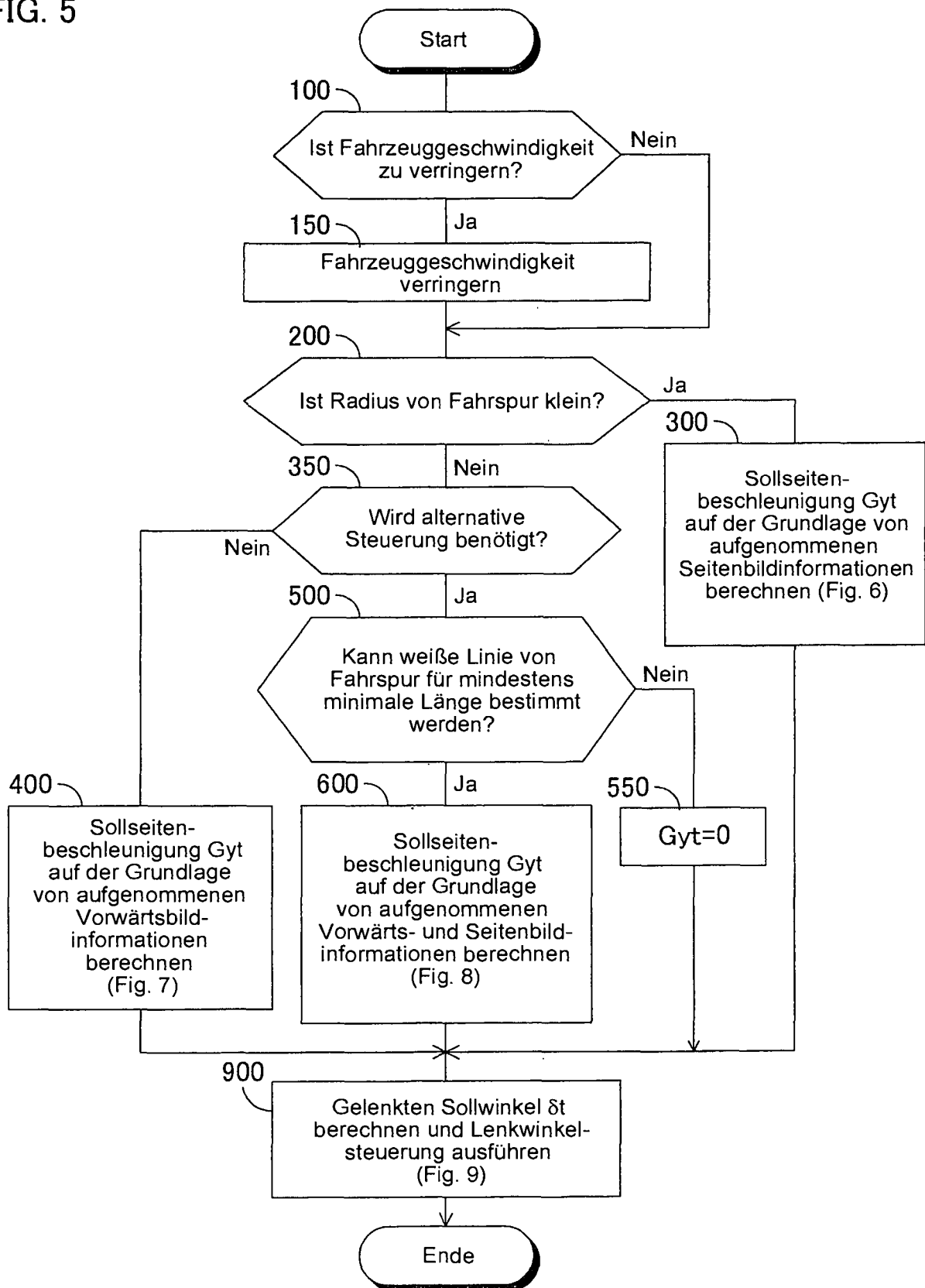


FIG. 6

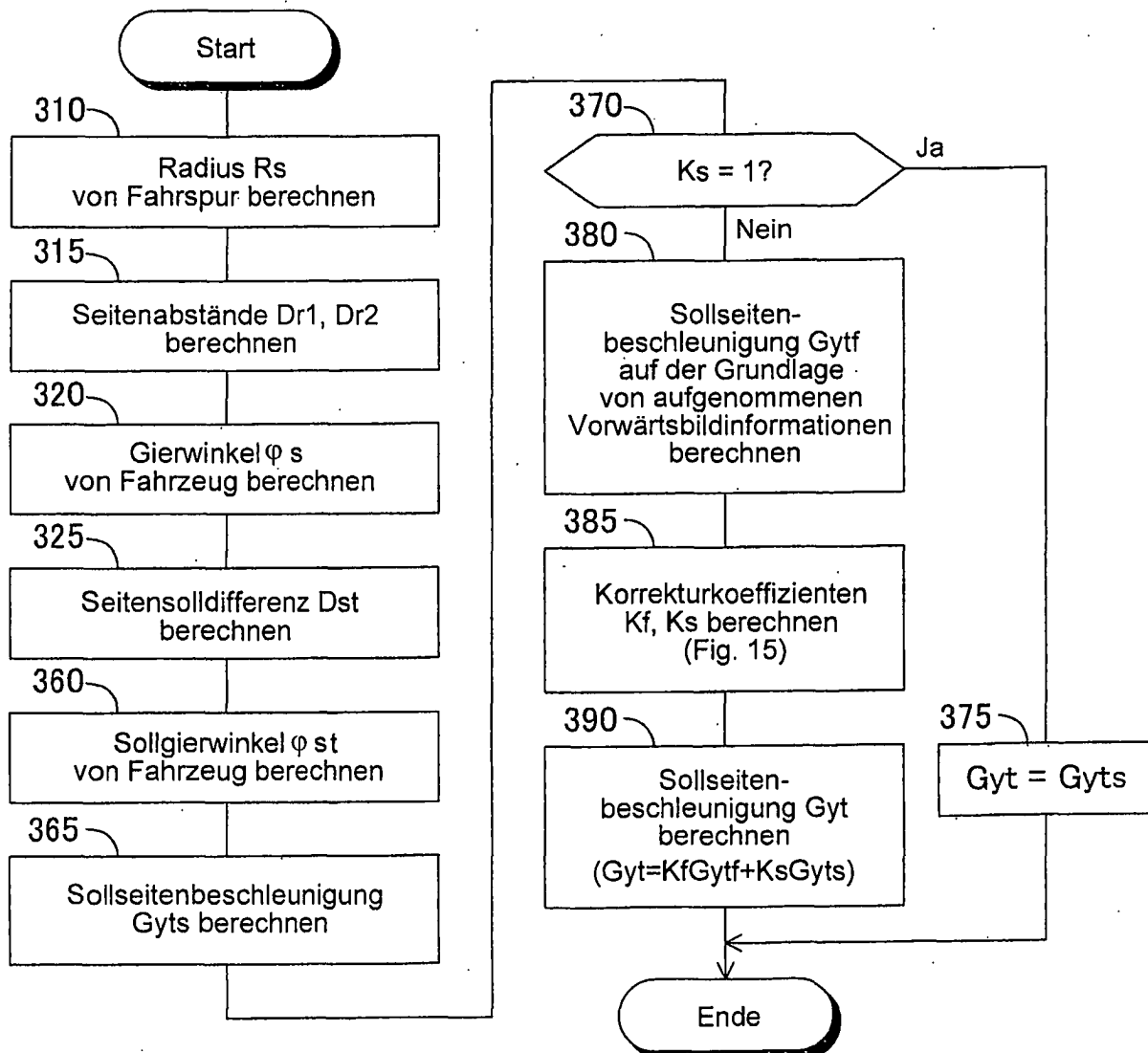


FIG. 7

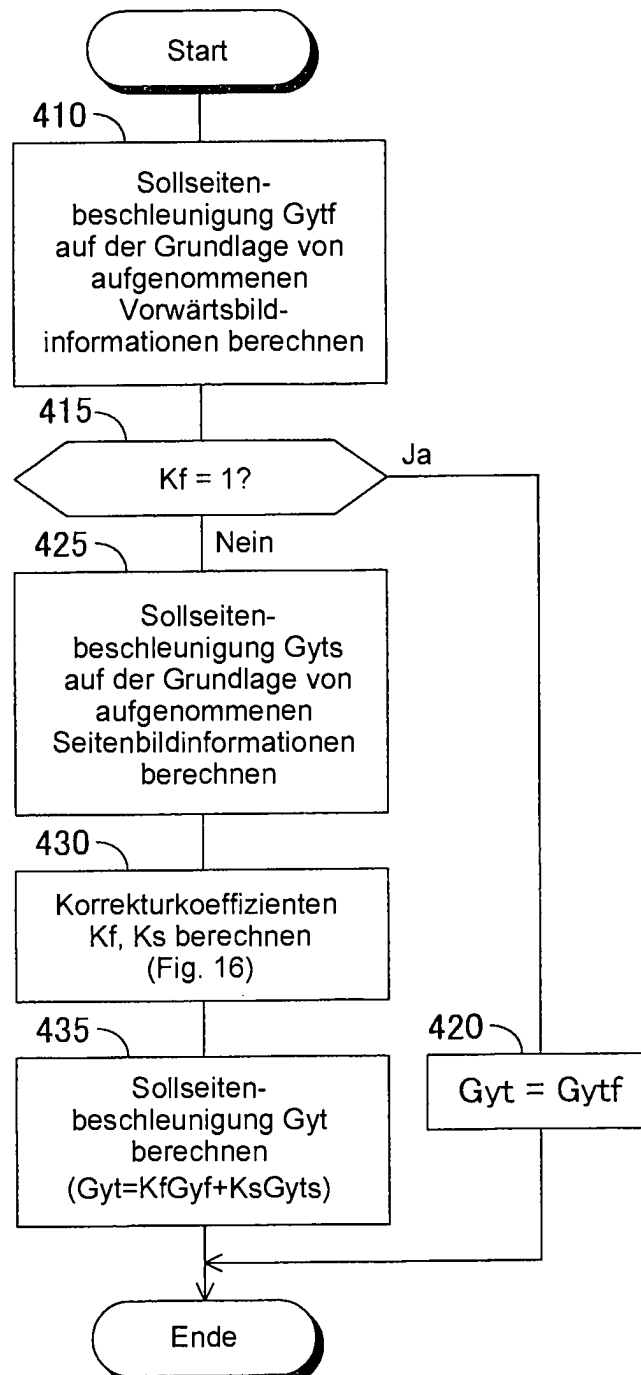




FIG. 8

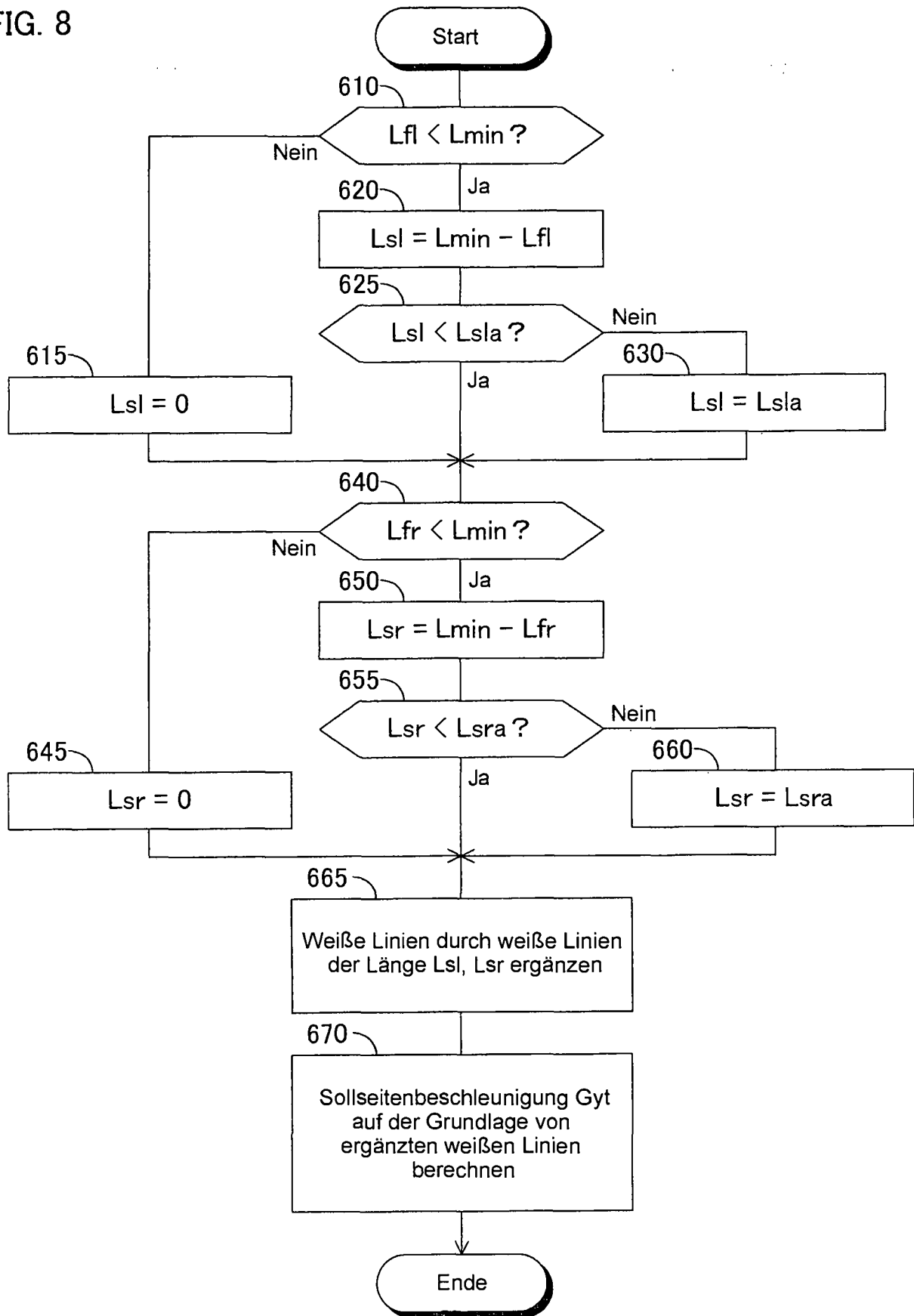


FIG. 9

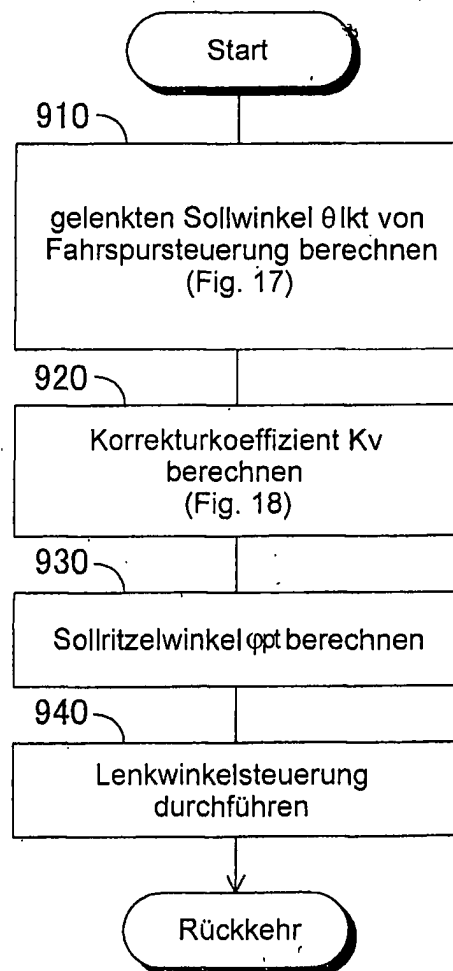


FIG. 10

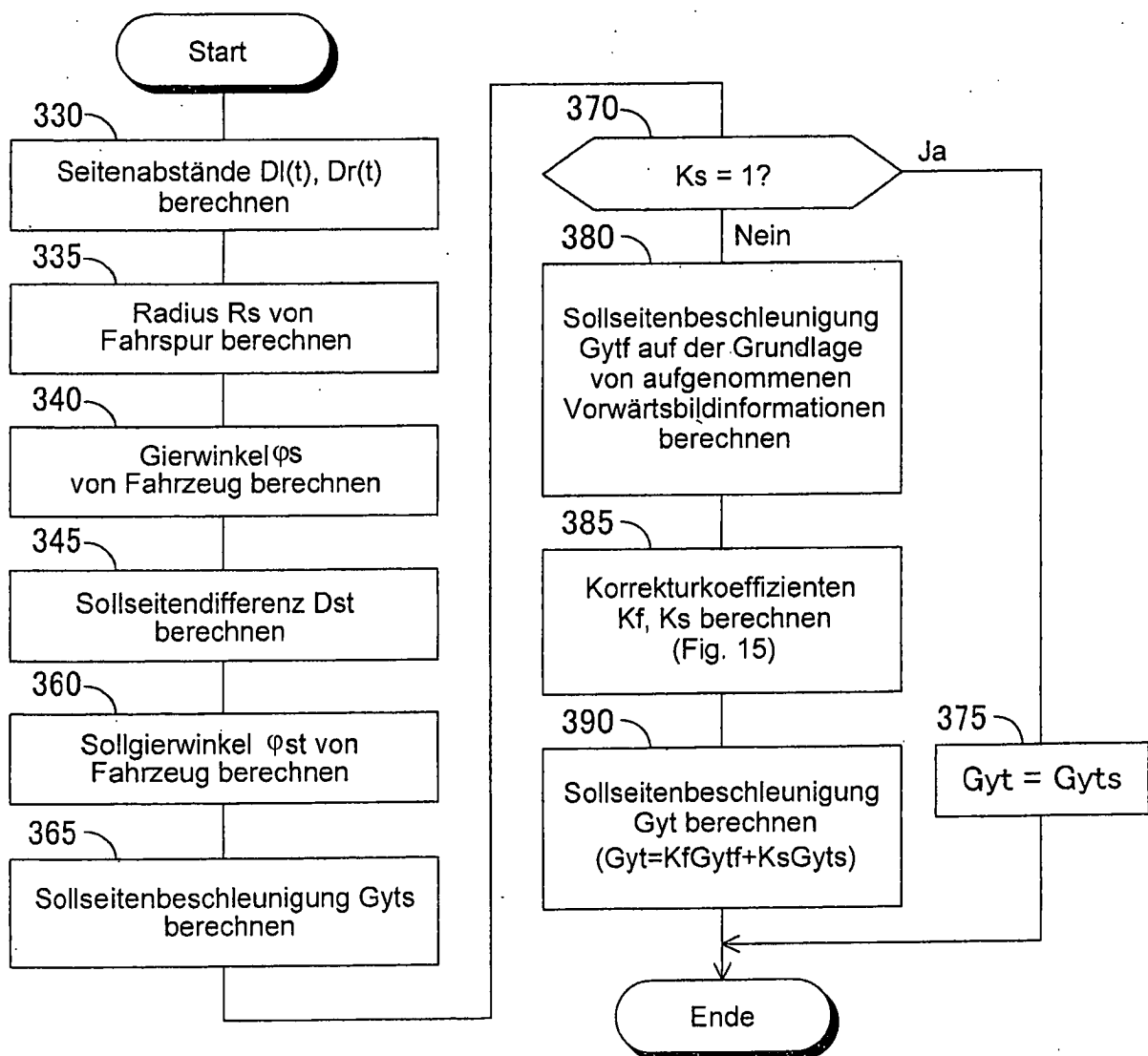


FIG. 11

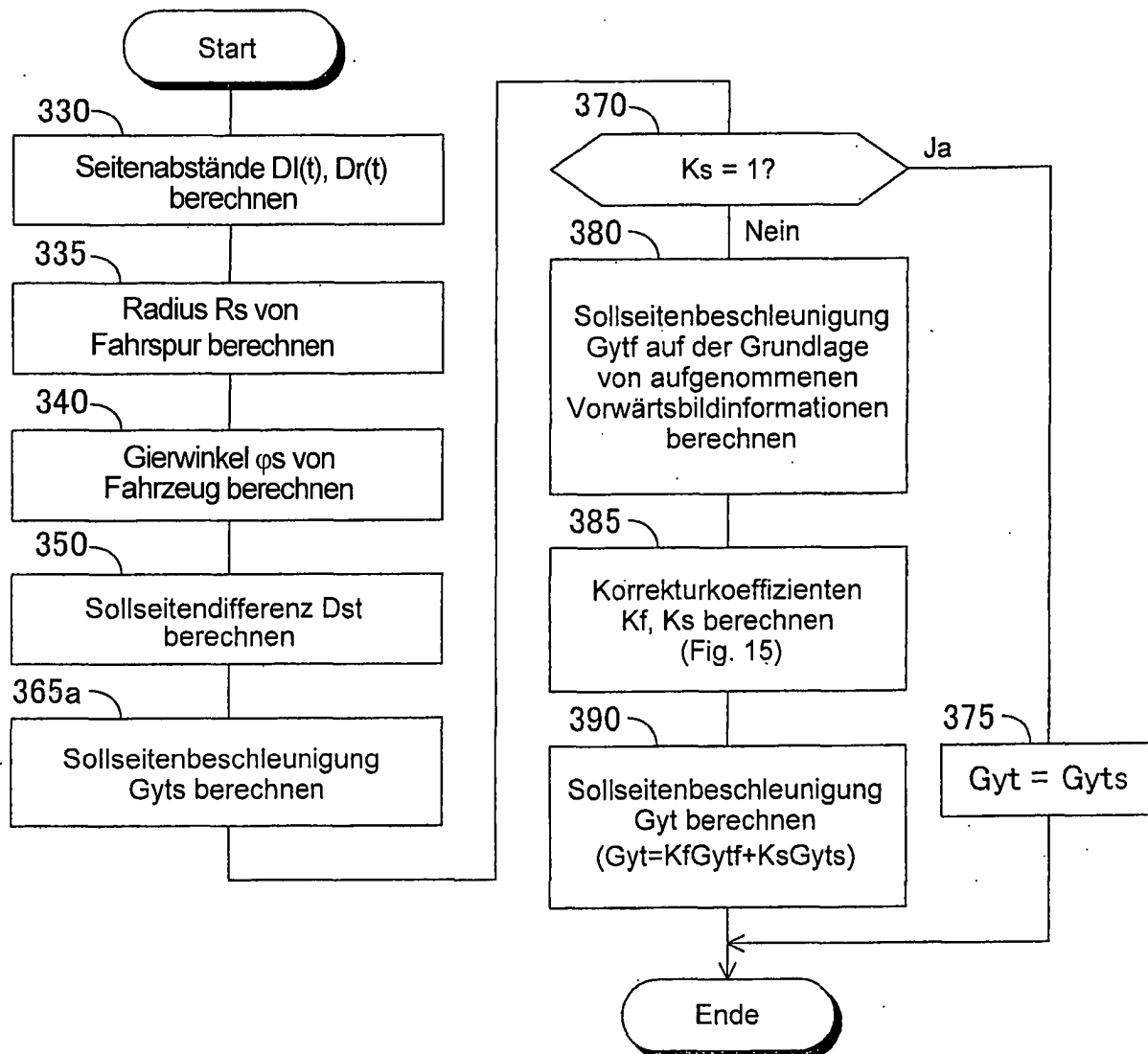


FIG. 12

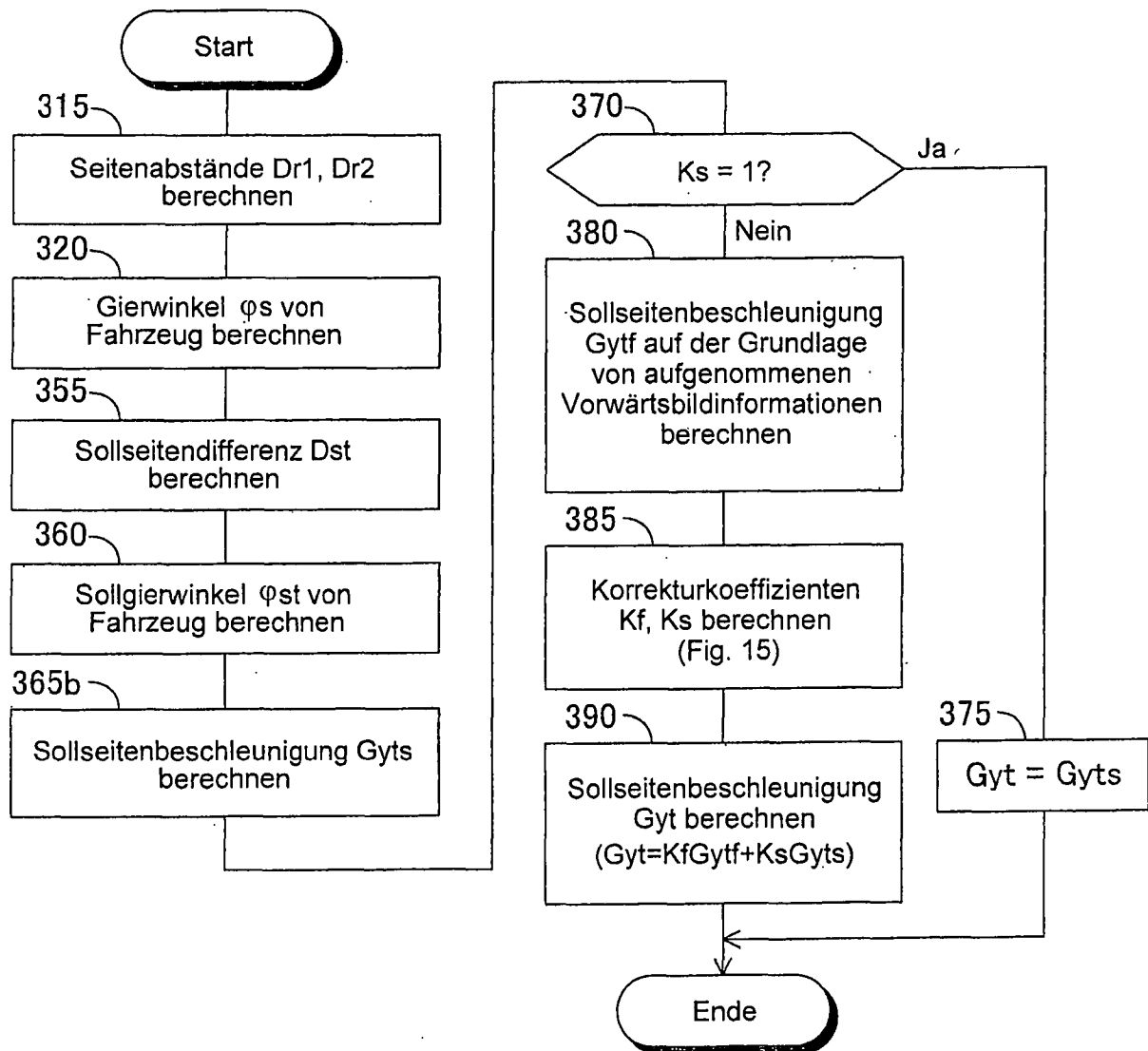


FIG. 13

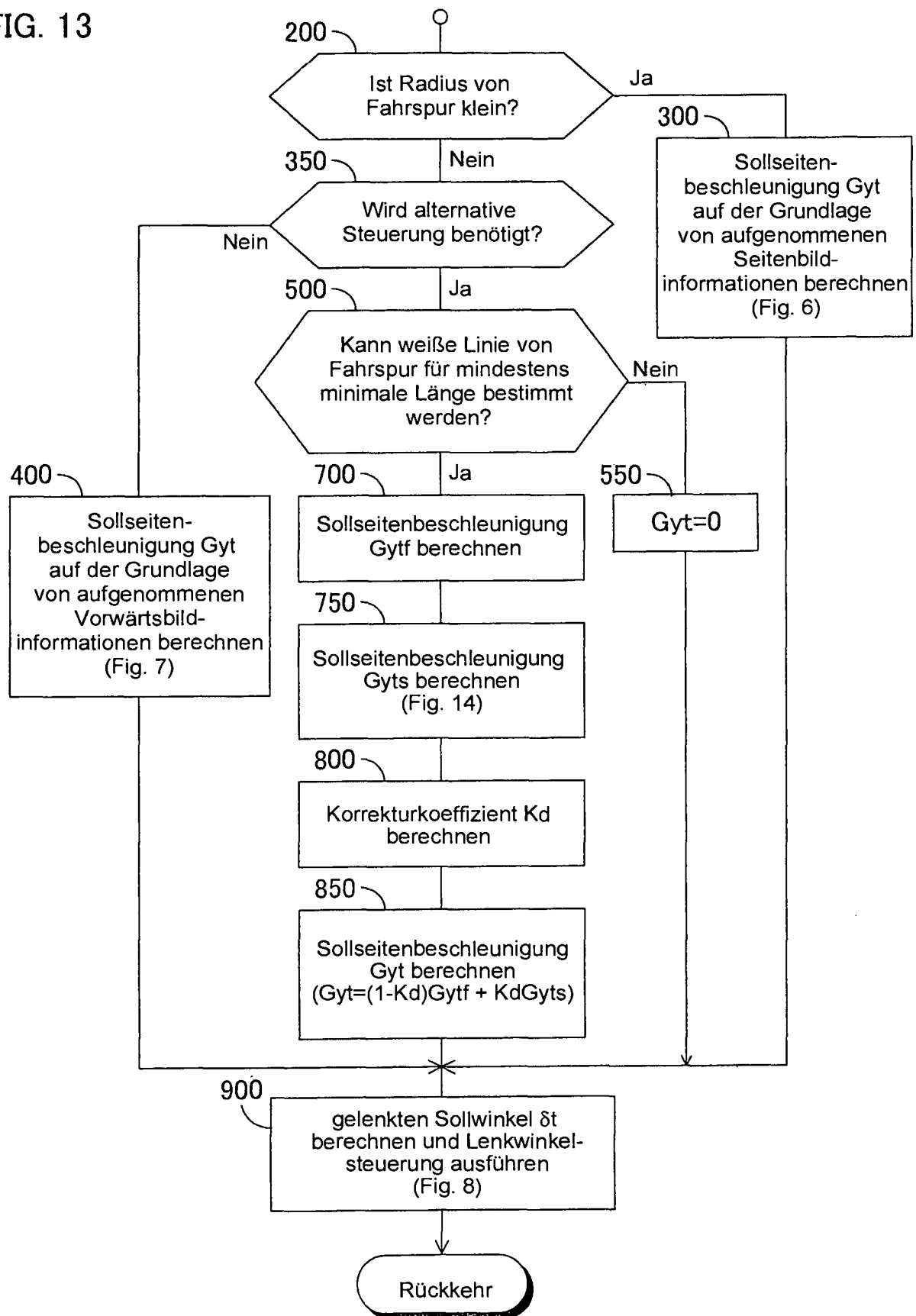


FIG. 14

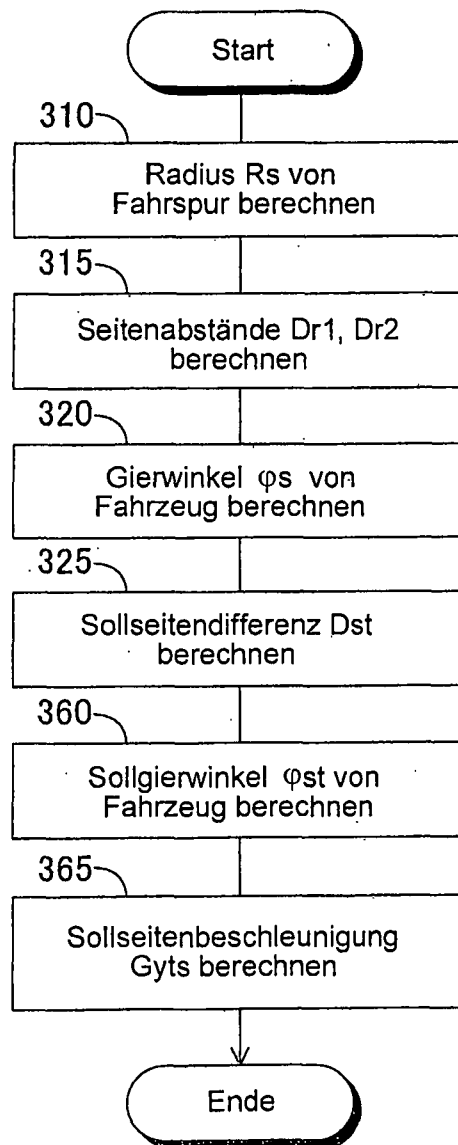


FIG. 15

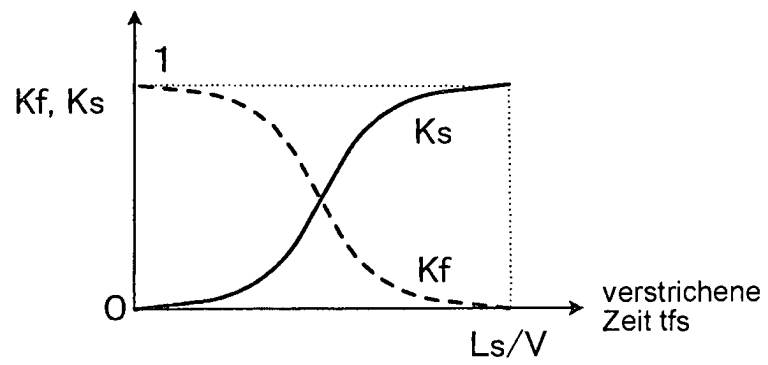


FIG. 16

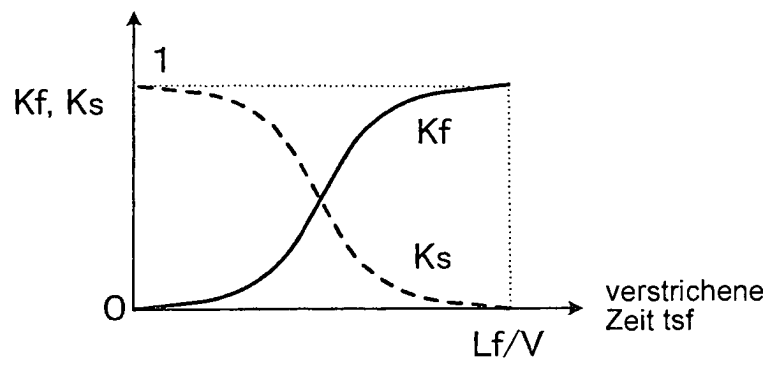


FIG. 17

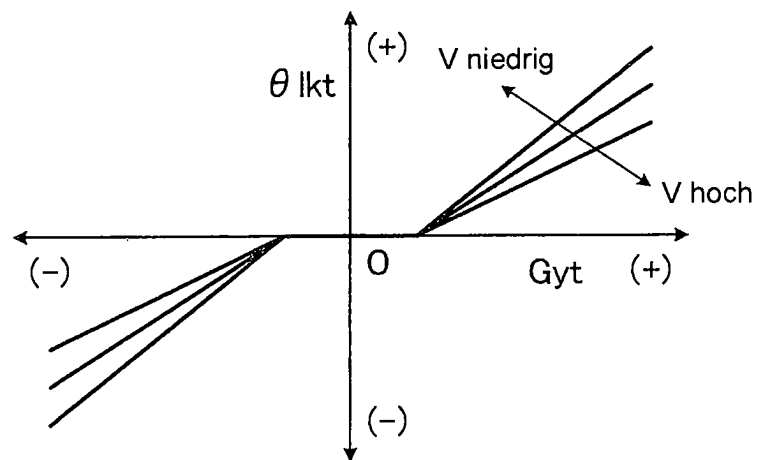




FIG. 18

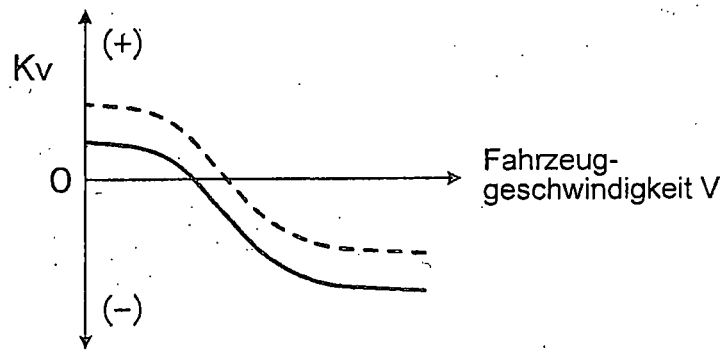


FIG. 19

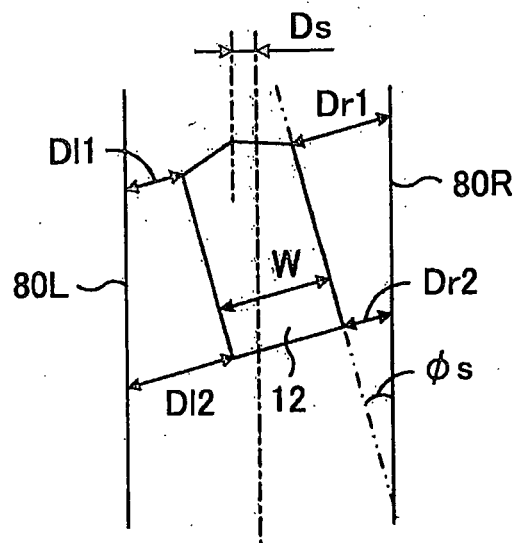


FIG. 20

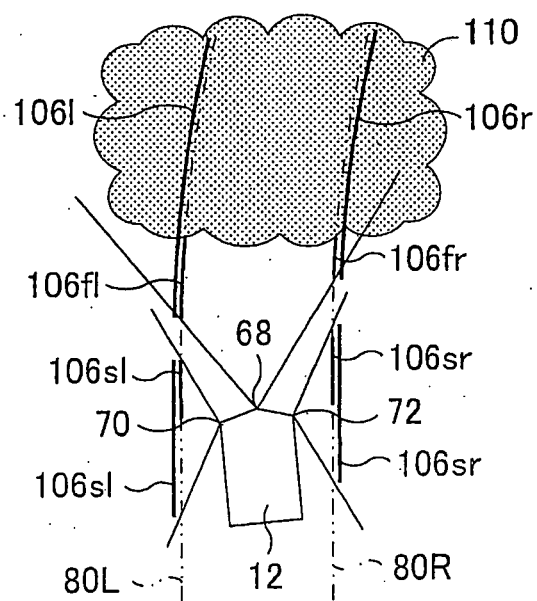


FIG. 21

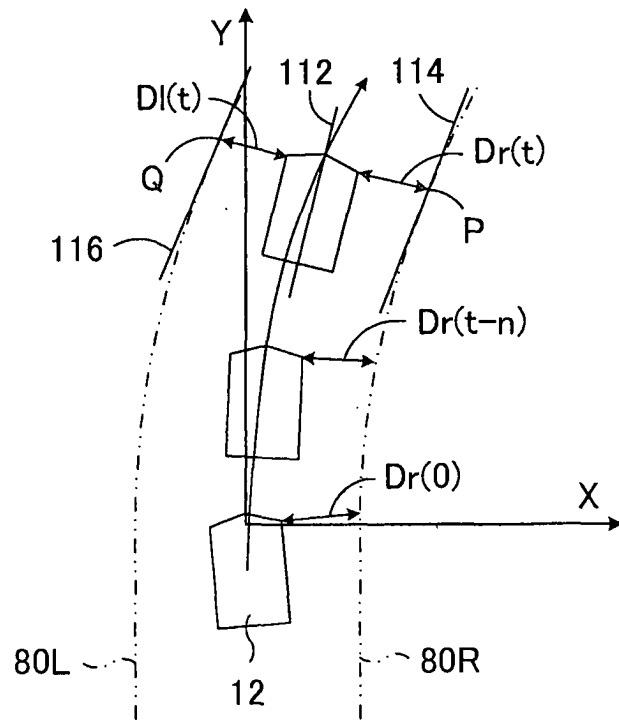


FIG. 22

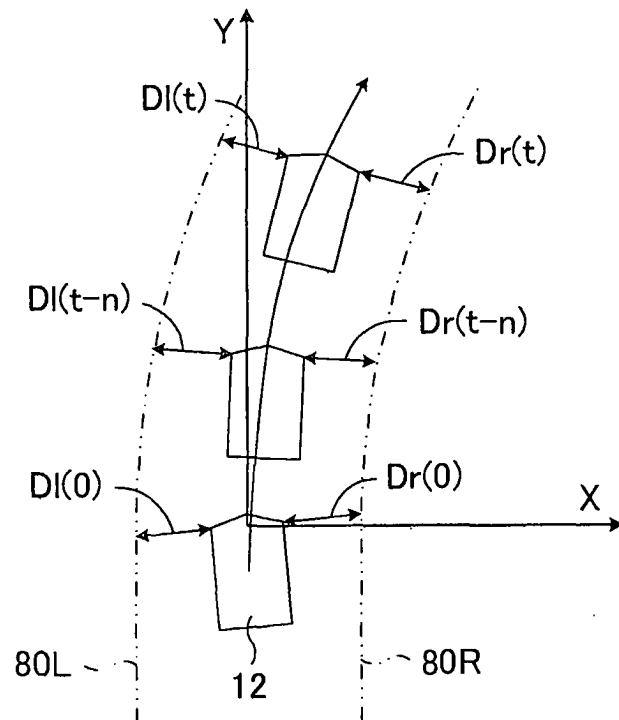


FIG. 23

