



(10) **DE 10 2013 100 578 A1** 2013.08.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 578.0**

(22) Anmeldetag: **21.01.2013**

(43) Offenlegungstag: **29.08.2013**

(51) Int Cl.: **B60W 30/12 (2013.01)**

B60W 30/02 (2013.01)

B60W 40/10 (2013.01)

B60W 10/20 (2013.01)

(30) Unionspriorität:
2012-013278 25.01.2012 JP

(74) Vertreter:
**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354, Freising, DE**

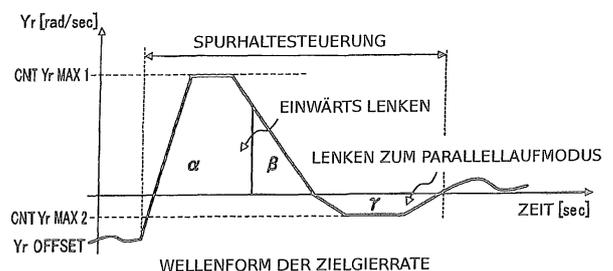
(71) Anmelder:
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(72) Erfinder:
**Nakano, Takahito, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Tatsukawa, Junpei, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Spurhalte-Steuer-system**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Spurhalte-Steuer-system vorgesehen, das zum Steuern eines Einhaltens der Spur eines Fahrzeugs dient. Wenn davon auszugehen ist, dass das Fahrzeug eine Spur einer Straße unbeabsichtigt verlässt, lenkt das System das Fahrzeug mit einer ersten Gierrate zur Mitte der Spur. Wenn danach bestimmt wird, dass das Fahrzeug auf eine virtuelle Linie zu fährt, die sich parallel zu der Begrenzungslinie erstreckt, richtet das System das Fahrzeug mit einer zweiten Gierrate parallel zu der virtuellen Linie aus. Das System hält einen absoluten Wert der ersten Gierrate unter einer ersten oberen Grenze, und es hält ebenso einen absoluten Wert der zweiten Gierrate unter einer zweiten oberen Grenze, die kleiner als die erste obere Grenze ist. Dies ermöglicht dem Fahrer des Fahrzeugs eine verbesserte angenehme Fahrt, wenn das Fahrzeug parallel zu der virtuellen Linie ausgerichtet wird.



Beschreibung

QUERVERWEIS OF VERWANDTE DRUCKSCHRIFTEN

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der japanischen Patentanmeldung JP 2012-13278, die am 25. Januar 2012 eingereicht wurde, und deren Offenbarung durch Bezugnahme hierin mit eingebunden ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Technisches Gebiet

[0002] Die Offenbarung betrifft im Wesentlichen ein Spurhalte-Steuersystem für Fahrzeuge, das dazu dient, das Verlassen der beabsichtigten Fahrzone eines Fahrzeugs zu minimieren, und genauer genommen, auf ein solches Spurhalte-Steuersystem, das dazu ausgestaltet ist, die Lenkung des Fahrzeugs mit einer gesteuerten Gierrate zu steuern.

2. Stand der Technik

[0003] Die japanische Offenlegungsschrift JP 3800087, die am 12. Mai 2006 veröffentlicht wurde, lehrt ein Spurhalte-Präventionssystem für angetriebene Fahrzeuge, das dazu dient, in einem ersten Lenksteuermodus das Fahrzeug automatisch zu der Mitte einer Fahrspur von diesem zu lenken, wenn bestimmt wird, dass es wahrscheinlich ist, dass sich das Fahrzeug aus der Spur heraus bewegt, und danach in einem zweiten Lenksteuermodus das Fahrzeug in die entgegengesetzte Richtung zu lenken, um das Fahrzeug innerhalb der Spur zu halten.

[0004] Das Spurhalte-Präventionssystem ist dazu ausgelegt, sowohl in dem ersten als auch zweiten Lenksteuermodus das Fahrzeug schnell mit einem relativ großen Grad eines Zielgierrmoments zu lenken, um das Fahrzeug zügig in eine gewünschte Kursrichtung zurück zu kehren. Dies kann dazu führen, dass das Fahrzeug sowohl in dem ersten als auch in dem zweiten Lenksteuermodus in einer lateralen Richtung erheblich schaukelt, wodurch Fahrzeuginsassen eine unangenehme Fahrt vermittelt wird.

KURZFASSUNG

[0005] Es ist daher eine Aufgabe, ein Spurhalte-Steuersystem zu schaffen, das mit einer einfachen Betriebsweise dazu ausgelegt ist, das Einhalten eines gewünschten Fahrbereichs eines Fahrzeugs unter sicheren und angenehmen Fahrbedingungen zu steuern.

[0006] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine Spurhalte-Steuervorrichtung zum Steuern eines Einhaltens der Spur eines Fahrzeugs unter Verwendung eines Lenkmechanismus vorgeschlagen. Die Spurhalte-Steuervorrichtung umfasst: (a) einen Winkelbestimmer, der einen gesteuerten Winkel bestimmt, der ein Winkel ist zwischen einer Richtung, in die ein Fahrzeug, das mit dieser Vorrichtung ausgestattet ist, innerhalb eines gegebenen Bereichs einer Spur auf einer Straße nun Kurs nimmt, und einer Zielwinkelrichtung, in die das Fahrzeug weisen soll, wobei der Winkelbestimmer ebenso einen Korrekturwinkel bestimmt, der ein Winkel ist zwischen einer Richtung, in die das Fahrzeug nun weist, und einer virtuellen Linie, wobei die virtuelle Linie so festgelegt ist, dass sie sich parallel zu einer Spurbegrenzung der Spur erstreckt; und (b) einen Spurhaltecontroller, der dazu ausgestaltet ist, in einem ersten Lenksteuermodus und einem zweiten Lenksteuermodus, der auf den ersten Lenksteuermodus folgt, betrieben zu werden. Wenn bestimmt wird, dass das Fahrzeug dabei ist, von dem gegebenen Bereich der Spur unbeabsichtigt abzuweichen, tritt der Spurhaltecontroller in den ersten Lenksteuermodus ein, um den gesteuerten Winkel von dem Winkelbestimmer zu erlangen, und er gibt ein Steuersignal an den Lenkmechanismus aus, um das Fahrzeug bei einer ersten Gierrate durch den gesteuerten Winkel zu einer Mitte des gegebenen Bereichs der Spur zu lenken. Wenn bestimmt wird, dass das Fahrzeug auf die virtuelle Linie zu fährt, tritt der Spurhaltecontroller in den zweiten Lenksteuermodus ein, um den Korrekturwinkel von dem Winkelbestimmer zu erlangen, und er gibt ein Steuersignal an den Lenkmechanismus aus, um das Fahrzeug, zur Orientierung des Fahrzeugs parallel zu der virtuellen Linie, bei einer zweiten Gierrate durch den Korrekturwinkel zu lenken.

[0007] Der Spurhaltecontroller hält in dem ersten Lenksteuermodus einen absoluten Wert der ersten Gierrate unter einer ersten oberen Grenze und er hält ebenso in dem zweiten Lenksteuermodus einen absoluten Wert der zweiten Gierrate unter einer zweiten oberen Grenze, die kleiner als die erste obere Grenze ist. Dies

ermöglicht für den Fahrer des Fahrzeugs eine verbesserte angenehme Fahrt, wenn das Fahrzeug parallel zu der virtuellen Linie ausgerichtet wird.

[0008] In dem bevorzugten Modus der Ausführungsform kann der Spurhaltecontroller einen Abweichungswinkel berechnen zwischen der Richtung, in die das Fahrzeug weist, und einer Begrenzungslinie, die dazu bereitgestellt ist, den gegebenen Bereich der Spur festzulegen, und er kann ebenso einen Unterstützungswinkel zwischen der Zielwinkelrichtung des Fahrzeugs in dem ersten Lenksteuermodus und der Begrenzungslinie berechnen. Der Korrekturwinkel wird auf die Summe von dem Abweichungswinkel und dem Unterstützungswinkel eingestellt. Dies erleichtert die Vereinfachung zur Erstellung eines Ablaufs zum Steuern der Lenkung des Fahrzeugs.

[0009] Die Spurhalte-Steuervorrichtung kann ebenso eine elektrische Servolenkvorrichtung umfassen, die als Lenkmechanismus dient, um das Fahrzeug in Reaktion auf jedes der Steuersignale, die von dem Spurhaltecontroller ausgegeben werden, zu lenken.

[0010] Die Spurhalte-Steuervorrichtung kann ferner eine Bildaufnahmevorrichtung umfassen, die als Winkelbestimmer dient, um ein Bild einer Straßenoberfläche in einer Kursrichtung des Systemfahrzeugs zum Bestimmen des gesteuerten Winkels aufzunehmen.

[0011] Wenn davon auszugehen ist, dass das Fahrzeug die Begrenzungslinie unbeabsichtigt verlässt, kann der Spurhaltecontroller einen momentanen Wert einer Gierrate des Fahrzeugs erlangen, um einen Gierratenausgleich zu bestimmen, der den momentanen Wert der Gierrate minus einer Kurvengierrate beträgt, und er kann in einem kartesischen Koordinatensystem, das durch eine erste Koordinatenachse, welche die Zeit darstellt, und eine zweite Koordinatenachse, welche einen Zielwert der ersten Gierrate darstellt, mit dem das Fahrzeug gelenkt werden soll, festgelegt ist, eine Wellenform mathematisch einzeichnen. Die Kurvengierrate ist eine Gierrate des Fahrzeugs, die erforderlich ist, um einer Kurve der Begrenzungslinie zu folgen, und sie beträgt null, wenn das Fahrzeug entlang der Begrenzungslinie geradeaus läuft. Die Wellenform ist derart festgelegt, dass sie sich von einem ersten Punkt erstreckt, der den Gierratenausgleich angibt, und an einem zweiten Punkt endet, an dem der Zielwert der ersten Gierrate die Kurvengierrate einnimmt, und sie ist ebenfalls so geformt, dass ein Wert des Integrals des Zielwerts der ersten Gierrate über eine Spurhalte-Steuerdauer, in der das Fahrzeug in dem ersten Lenksteuermodus gelenkt werden soll, den gesteuerten Winkel beträgt. Der Spurhaltecontroller lenkt das Fahrzeug mit dem Zielwert der ersten Gierrate, der sich übereinstimmend mit der Wellenform ändert. Dies führt zu einem vereinfachten Betrieb des Spurhaltecontrollers zum Steuern der Lenkung des Fahrzeugs zur Mitte der Spur.

[0012] Die Wellenform kann so ausgelegt sein, dass sie wenigstens zwei gerade Abschnitte umfasst: einen ersten Abschnitt, der den Zielwert der ersten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate erhöht wird, und einen zweiten Abschnitt, der den Zielwert der ersten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate gesenkt wird.

[0013] Wenn davon auszugehen ist, dass das Fahrzeug die Begrenzungslinie unbeabsichtigt verlässt, kann der Spurhaltecontroller ebenso dazu ausgelegt sein, einen momentanen Wert der Gierrate des Fahrzeugs zu erlangen, um den Gierratenausgleich zu bestimmen und in dem kartesischen Koordinatensystem, das durch eine erste Koordinatenachse, welche die Zeit darstellt, und eine zweite Koordinatenachse, die einen Zielwert der zweiten Gierrate darstellt, mit dem das Fahrzeug gelenkt werden soll, festgelegt ist, eine Wellenform mathematisch einzuzeichnen. Die Wellenform ist derart festgelegt, dass sie sich von einem ersten Punkt erstreckt, der den Gierratenausgleich angibt, und an einem zweiten Punkt endet, an dem der Zielwert der zweiten Gierrate die Kurvengierrate einnimmt, und sie ist ebenfalls so geformt, dass ein Wert des Integrals des Zielwerts der zweiten Gierrate über eine Spurhalte-Steuerdauer, in der das Fahrzeug in dem zweiten Lenksteuermodus gelenkt werden soll, den Korrekturwinkel beträgt. Der Spurhaltecontroller lenkt das Fahrzeug mit dem Zielwert der zweiten Gierrate, der sich übereinstimmend mit der Wellenform ändert. Dies führt zu einem vereinfachten Betrieb des Spurhaltecontrollers zum Steuern der Lenkung des Fahrzeugs, um das Fahrzeug zu einem parallelen Laufen zu der virtuellen Linie zu veranlassen. Die Wellenform kann dazu ausgelegt sein, wenigstens zwei gerade Abschnitte zu umfassen: einen ersten Abschnitt, der den Zielwert der zweiten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate erhöht wird, und einen zweiten Abschnitt, der den Zielwert der zweiten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate gesenkt wird.

[0014] Gemäß einem anderen Aspekt der Ausführungsform wird ein Aufnahmemedium bereitgestellt, das durch einen Computer auslesbar ist und das Programme zum Konfigurieren eines Computersystems wie dem Spurhaltecontroller der Spurhalte-Steuervorrichtung, der obenstehend beschrieben ist, speichert.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] Die vorliegende Erfindung wird aus der nachstehenden ausführlichen Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung besser verständlich, allerdings sollten diese nicht als Beschränkung der Erfindung auf die bestimmten Ausführungsformen, sondern vielmehr lediglich zum Zweck der Erklärung und des Verständnis verstanden werden. In den Zeichnungen zeigt:

[0016] [Fig. 1\(a\)](#) ein Blockdiagramm, das ein Spurhalte-Steuersystem gemäß der ersten Ausführungsform darstellt;

[0017] [Fig. 1\(b\)](#) eine Draufsicht, die einen Überblick auf einen Spurhalte-Steuerbetrieb, der durch das Spurhalte-Steuersystem aus [Fig. 1\(a\)](#) vorgenommen wird, darstellt;

[0018] [Fig. 2](#) einen Graph, der eine Änderung der Zielgierrate mit der Zeit, die durch eine arithmetische Schaltung des Spurhalte-Steuersystems aus [Fig. 1\(a\)](#) eingestellt ist, veranschaulicht;

[0019] [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm eines Spurhalte-Steuerprogramms, das durch das Spurhalte-Steuersystem aus [Fig. 1\(a\)](#) ausgeführt wird, um eine Zielgierrate zu bestimmen, mit der ein Fahrzeug, das mit diesem System ausgestattet ist, gelenkt wird, um die Wahrscheinlichkeit eines Verlassens der Spur von demselben zu minimieren;

[0020] [Fig. 4](#) einen Graph, der ein Verhältnis zwischen einem Abweichungswinkel α und einem Unterstützungswinkel β zur Verwendung bei einer Lenkung eines Fahrzeugs, das mit dem Spurhalte-Steuersystem aus [Fig. 1\(a\)](#) ausgestattet ist, veranschaulicht;

[0021] [Fig. 5\(a\)](#) eine Ansicht, die einen Verlauf einer Änderung der Zielgierrate veranschaulicht, die durch das Spurhalte-Steuersystem aus [Fig. 1\(a\)](#) bestimmt wird, wenn die Richtung einer derzeitigen Gierrate eines Fahrzeugs, das mit diesem System ausgestattet ist, dieselbe wie diejenige ist, mit welcher das Spurhalte-Steuersystem lenkt;

[0022] [Fig. 5\(b\)](#) eine Ansicht, die einen Verlauf einer Änderung der Zielgierrate veranschaulicht, die durch das Spurhalte-Steuersystem aus [Fig. 1\(a\)](#) bestimmt wird, wenn die Richtung einer derzeitigen Gierrate eines Fahrzeugs, das mit diesem System ausgestattet ist, entgegengesetzt zu derjenigen ist, mit welcher das Spurhalte-Steuersystem lenkt;

[0023] [Fig. 6](#) eine Ansicht, die einen Verlauf einer Änderung einer Zielgierrate zeigt, wenn eine maximale Zielgierrate, die bestimmt ist, niedriger als eine obere Grenze ist;

[0024] [Fig. 7](#) eine Ansicht, die einen Verlauf einer Änderung einer Zielgierrate zeigt, wenn eine maximale Zielgierrate, die bestimmt ist, eine obere Grenze überschreitet;

[0025] [Fig. 8](#) eine Ansicht zur Erklärung, wie eine Zielgierrate eines Fahrzeugs berechnet wird, wenn das Fahrzeug in einer Kurvenspur läuft;

[0026] [Fig. 9](#) eine Draufsicht, die zeigt, wie ein Abstand vom Fahrzeug zu einer virtuellen Linie bestimmt wird;

[0027] [Fig. 10](#) ein Flussdiagramm eines Spurhalte-Steuerprogramms gemäß der zweiten Ausführungsform;

[0028] [Fig. 11\(a\)](#) einen Graph, der eine Änderung der Zielgierrate mit der Zeit in einem Fall veranschaulicht, bei dem eine maximale Zielgierrate kleiner als eine obere Grenze ist, die einer maximalen Steuerbeschleunigung entspricht;

[0029] [Fig. 11\(b\)](#) einen Graph, der eine Änderung der Zielgierrate mit der Zeit in einem Fall veranschaulicht, bei dem eine maximale Zielgierrate eine obere Grenze überschreitet, die einer maximalen Steuerbeschleunigung entspricht;

[0030] [Fig. 12\(a\)](#) einen Graph, der eine Änderung einer lateralen Beschleunigung eines Fahrzeugs zeigt, die bei einer Berechnung eines Spurhalteabstands verwendet wird;

[0031] [Fig. 12\(b\)](#) einen Graph, der eine Änderung einer Geschwindigkeit eines Fahrzeugs zeigt, die bei einer Berechnung eines Spurhalteabstands verwendet wird; und

[0032] [Fig. 12\(c\)](#) einen Graph, der eine lateralen Position eines Fahrzeugs zeigt, die bei einer Berechnung eines Spurhalteabstands verwendet wird.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0033] Mit Bezug auf die Zeichnungen, in denen sich bei verschiedenen Ansichten gleiche Bezugszeichen auf gleiche Bauteile beziehen, ist insbesondere in [Fig. 1\(a\)](#) ein Spurhalte-Steuersystem **1** für Fahrzeuge wie z. B. Automobile gemäß der ersten Ausführungsform gezeigt, das mit einem Spurhalte-Warnsystem verwendet werden kann.

[0034] Zum Einsatz wird das Spurhalte-Steuersystem **1** an einem Fahrzeug wie z. B. einem Personenkraftwagen angebracht und es ist dazu ausgestaltet, das Fahrzeug (welches nachstehend ebenso als ein Systemfahrzeug bezeichnet wird) innerhalb eines Fahrbereichs in einer Spur zu halten, die üblicherweise durch rechte und linke Begrenzungen (d. h. Spurlinien) auf einer Straße festgelegt ist.

[0035] Das Spurhalte-Steuersystem **1** ist mit einer arithmetischen Schaltung **10**, einer Kamera **20**, einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **21**, einem Gierratensensor **22**, einem Steuerwinkelsensor **23** und einem Lenkcontroller **30** ausgestattet.

[0036] Die arithmetischen Schaltung **10** ist durch einen typischen Mikrocomputer implementiert, der mit einer CPU, einem ROM, einem RAM, usw. ausgestattet ist und als Spurhaltecontroller zum Auszuführen von logischen Programmen dient, die ein Spurhalte-Steuerprogramm umfassen, das in dem ROM gespeichert ist, um gegebene Aufgaben durchzuführen, wie z. B. ein Steuern eines Einhaltens der Fahrspur des Systemfahrzeugs. Die arithmetischen Schaltung **10** dient ebenso dazu, ein Bild zu erlangen, das durch die Kamera **20** aufgenommen wird, um eine Zielgierrate zu berechnen, die ein Zielwert einer Winkelgeschwindigkeit ist, welche die Änderungsrate eines Winkelversatzes des Systemfahrzeugs in eine Richtung ist, in die das Systemfahrzeug gelenkt wird (diese wird nachstehend ebenso als eine Lenkwinkelgeschwindigkeit bezeichnet).

[0037] Die Kamera **20** dient dazu, ein Bild einer Straßenoberfläche in einer Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs aufzunehmen und einen Kurs (der nachstehend ebenso als ein Abweichungswinkel bezeichnet wird) zu berechnen, der ein Winkel ist, der durch eine Richtung (nachstehend ebenso Fahrtrichtung genannt), in die das Systemfahrzeug gerade Kurs nimmt, und eine Spurbegrenzung (d. h. einer Spurbegrenzungslinie oder Spurmarkierung) einer Spur auf der Straße, auf der das Systemfahrzeug gerade läuft, gebildet wird. Die Spurbegrenzung, wie sie hier bezeichnet wird, beinhaltet die Bedeutung einer Begrenzungslinie, die verwendet wird, um einen gegebenen Bereich der Spur zu begrenzen, innerhalb dem das Systemfahrzeug fahren darf, und umfasst somit die Bedeutung einer virtuellen Linie (d. h. eine imaginäre Linie, die in der Kamera **20** und der arithmetischen Schaltung **10** eingesetzt wird), die innerhalb der Spur in einem gegebenen Abstand (z. B. 1 m) von der Spurbegrenzung entfernt gezogen wird. Der Abweichungswinkel, wie er in dieser Offenbarung bezeichnet wird, umfasst daher einen Korrekturwinkel im Sinne dieser Anmeldung. Der Korrekturwinkel ist ein Winkel zwischen der Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs und der virtuellen Linie, wie später ausführlich beschrieben wird. Die Kamera **20** dient ebenso zum Berechnen eines Abstands zwischen dem Systemfahrzeug und der Spurbegrenzung und eines Radius einer Kurve auf der Straße unter Verwendung von bekannten Straßenführungserkennungstechniken. Die Kamera **20** gibt solche Parameter als Bilddaten an die arithmetische Schaltung **10** aus. Die Kamera **20** kann anderenfalls dazu ausgestaltet sein, lediglich eine Bildaufnahmefunktion durchzuführen während die arithmetische Schaltung **10** dazu ausgelegt sein kann, die Bilddaten in sich zu verarbeiten oder zu berechnen. Demzufolge dienen die Kamera **20** selbst oder eine Kombination aus der Kamera **20** und der arithmetischen Schaltung **10** als Rechner oder als Winkelbestimmer, um mit Bildverarbeitungstechniken, die im Stand der Technik hinlänglich bekannt sind, Parameter wie z. B. den Abweichungswinkel, den Korrekturwinkel, usw. aus den Bilddaten zu bestimmen.

[0038] Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **21** ist durch einen typischen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor implementiert und misst die Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs, um diese an die arithmetische Schaltung **10** auszugeben. Der Gierratensensor **22** ist durch einen typischen Gierratensensor implementiert und misst eine Winkelgeschwindigkeit des Systemfahrzeugs. Der Lenkwinkelsensor **23** ist durch einen bekannten Lenkwinkelsensor implementiert und misst einen eingelenkten Winkel beispielsweise von einem Lenkrad, um diesen an die arithmetischen Schaltung **10** auszugeben.

[0039] Der Lenkcontroller **30** dient sowohl als Rechner zum Berechnen eines Ziellenkwinkels des Fahrzeugs, der erforderlich ist, um die Zielgierrate (d. h. die Zielwinkelgeschwindigkeit) des Systemfahrzeugs zu erreichen, die in der arithmetischen Schaltung **10** hergeleitet wird, als auch als Controller zum Anweisen eines Lenkstellglieds **40** (d. h. eines Lenkmechanismus), wie beispielsweise eine typische elektrische Servolenkvorrichtung zum Erzeugen eines Grads eines Lenkdrehmoments, das zum Erreichen des Ziellenkwinkels erforderlich ist. Der Lenkcontroller **30** bestimmt insbesondere durch Auslesen eines Lenkwinkel-zu-Gierraten Kennfelds, das in einem Speicher wie dem ROM gespeichert ist, den Ziellenkwinkel pro Zeiteinheit in Bezug auf ein Lenkdrehmoment, das der Zielgierrate entspricht, die von der arithmetischen Schaltung **10** eingegeben wird, und er lenkt ebenso das Systemfahrzeug mit dem Ziellenkwinkel. Das Lenkstellglied **40** kann anderenfalls durch ein Bremssystem implementiert sein, das dazu ausgestaltet ist, einen Grad eines Bremsdrucks zu steuern, der entweder an den rechten oder linken Rädern aufgebracht wird, um das Systemfahrzeug nach rechts oder links zu lenken. Diese Technik ist im Stand der Technik hinlänglich bekannt und ausführliche Erklärungen hierzu werden ausgelassen.

[0040] Der Lenkcontroller **30** kann dazu ausgestaltet sein, direkt den Ziellenkwinkel oder indirekt einen Parameter, der eine Funktion des Ziellenkwinkels ist, zu bestimmen, indem die Zielgierrate an einem äquivalenten Zweiradfahrzeugmodell angewendet wird.

[0041] Der Lenkcontroller **30** dient daher zusammen mit der arithmetischen Schaltung **10** als Lenkhaltecontroller.

[0042] **Fig. 1(b)** ist eine Draufsicht, die einen Überblick auf den Spurhalte-Steuerbetrieb darstellt, der von dem Spurhalte-Steuersystem **1** vorgenommen wird. **Fig. 2** ist ein Graph, der eine Änderung einer Zielgierrate mit der Zeit veranschaulicht, die durch die arithmetische Schaltung **10** eingestellt wird. Wenn beispielsweise bestimmt wird, dass sich das Fahrzeug unbeabsichtigt an die linke Spurbegrenzung (zum Beispiel eine weiße Spurmarmierung auf der Straße) annähert, wie in **Fig. 1(b)** dargestellt ist, tritt das Spurhalte-Steuersystem **1** in einen ersten Lenksteuermodus ein und dient dazu zu bestimmen, ob eine Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Systemfahrzeug **1** innerhalb kurzer Zeit von der linken Spurbegrenzung abweichen wird oder nicht. Falls bestimmt wird, dass eine solche Wahrscheinlichkeit hoch ist, ändert das Spurhalte-Steuersystem **1** die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs innerhalb der Spur (d. h. zur Mitte der Spur) durch einen gesteuerten Winkel ($\alpha + \beta$), der die Summe des Abweichungswinkels α und des Unterstützungswinkels β beträgt, wobei der Abweichungswinkel α in dem Beispiel aus **Fig. 1(b)** ein Winkel ist, der durch die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs und die linke Spurbegrenzung gebildet wird, und der Unterstützungswinkel β ein Winkel ist, der durch eine Zielwinkelrichtung, in die das Systemfahrzeug weisen soll, und die linke Spurbegrenzung gebildet wird.

[0043] Anschließend tritt das Spurhalte-Steuersystem **1** danach in einen zweiten Lenksteuermodus ein, um den Korrekturwinkel, (d. h. einen letzten Lenkwinkel) zu erlangen, und es korrigiert die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs, d. h. es kehrt die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs zurück nach links, mittels dem Korrekturwinkel γ Zurückgekehrt, um das Systemfahrzeug im Wesentlichen parallel zu den virtuellen Linien auszurichten. Der Korrekturwinkel γ ist ein Winkel, der zwischen der Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs und der virtuellen Linie, die an der Straße in einem gegebenen Abstand von der rechten Begrenzungslinie der Spur entfernt festgelegt ist, gebildet wird. Es ist zu beachten, dass die Mitte der Spur, wie sie obenstehend bezeichnet wird, nicht notwendigerweise die exakte Mitte der Spur ist, auf der das Systemfahrzeug läuft, sondern es kann ein beliebiger Punkt auf der Straße sein, auf den das Systemfahrzeug durch das Spurhalte-Steuersystem **1** ausgerichtet werden soll, um die Wahrscheinlichkeit eines Verlassens der Spur zu minimieren oder zu beseitigen.

[0044] Die virtuelle Linie ist eine Linie, die in einem gegebenen Abstand entfernt von der rechten Begrenzung in dem Beispiel der aus **Fig. 1(b)** festgelegt ist, bei der sich ein Fahrer an die linke Seite der Straße halten sollte. Der Abstand zwischen dem Systemfahrzeug und der virtuellen Linie wird durch eine Messung des Abstands zwischen dem Systemfahrzeug und der rechten Begrenzungslinie mittels der Kamera **20** bestimmt. Wie obenstehend beschrieben ist, bestimmt das Spurhalte-Steuersystem **1** auf diese Weise die Zielgierrate, mit der das Systemfahrzeug gelenkt wird, wie in **Fig. 2** gezeigt ist.

[0045] **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm eines Spurhalte-Steuerprogramms, das durch die arithmetische Schaltung **10** ausgeführt wird, um die Zielgierrate (d. h. die Zielwinkelrichtung) zu bestimmen, mit welcher das Systemfahrzeug gelenkt wird, um die Wahrscheinlichkeit eines Verlassens der Spur von diesem zu minimieren.

[0046] Das Spurhalte-Steuerprogramm wird durch ein Einschalten des Spurhalte-Steuersystems **1** begonnen und in einem Intervall von beispielsweise 50 ms ausgeführt.

[0047] Zunächst wird bei Schritt S110 ein Bild hergeleitet, das durch die Kamera **20** aufgenommen wird. Ausgaben von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **21** und dem Gierratensensor **22** werden abgelegt, um momentane Werte der Gierrate und der Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs zu bestimmen. Eine Zielrate der Änderung der Gierrate wird ebenso berechnet.

[0048] Die Zielrate der Änderung der Gierrate ist diejenige Rate, bei der die Zielgierrate geändert werden muss, wenn es erforderlich wird, das Verlassen der Spur des Systemfahrzeugs zu beseitigen oder zu steuern (d. h. wenn ein Spurhalteflag gesetzt wird, wie später ausführlich beschrieben wird). Insbesondere wird die Zielrate bestimmt, bei der die Zielgierrate entweder in einem Spurhalte-Steuermodus (d. h. der erste Lenksteuermodus), in dem das Spurhalte-Steuersystem **1** dazu dient, das Einhalten der Spur des Systemfahrzeugs zu steuern, d. h. die Abweichung von der Straße (was nachstehend ebenso als eine Einhaltesteuerung bei zunehmender Änderungsrate oder eine Spurhaltesteuerung bei abnehmender Rate bezeichnet wird), oder in einem Parallellauf-Steuermodus (d. h. der zweite Lenksteuermodus), in dem das Spurhalte-Steuersystem **1** dazu dient, das Systemfahrzeug so zu lenken, dass es parallel zu der virtuellen Linie läuft, d. h. wenn kein Spurhalteflag gesetzt ist (was nachstehend ebenso als ein Parallellaufen bei zunehmender Änderungsrate oder ein Parallellaufen bei abnehmender Änderungsrate bezeichnet wird), erhöht oder gesenkt werden muss. Die Zielrate der Änderung der Gierrate ist durch eine Steigung von einem der einzelnen Abschnitte einer Zielgierratenkurve gegeben, die mathematische oder logisch festgelegt ist, um ein Verhältnis zwischen einer Steuerdauer und einem erforderlichen Wert (d. h. einem Zielwert) der Gierrate auszudrücken, wie später ausführlich beschrieben wird.

[0049] Der absolute Wert des Parallellaufens bei abnehmender Änderungsrate ist so gewählt, dass er kleiner oder gleich demjenigen des Parallellaufens bei zunehmender Änderungsrate ist. Der absolute Wert des Parallellaufens bei zunehmender Änderungsrate ist so gewählt, dass er kleiner oder gleich demjenigen der Einhaltesteuerung bei abnehmender Änderungsrate ist. Der absolute Wert der Einhaltesteuerung bei abnehmender Änderungsrate ist so gewählt, dass er kleiner oder gleich demjenigen der Einhaltesteuerung bei zunehmender Änderungsrate ist.

[0050] Nach dem Schritt S110 setzt der Ablauf bei Schritt **120** fort, bei dem bestimmt wird, ob der Anwender oder Fahrer des Systemfahrzeugs nichts unternommen hat oder doch. Insbesondere wird bestimmt, ob der Fahrer das Lenkrad gedreht hat, um das Systemfahrzeug von der Spurbegrenzung, an die sich das Systemfahrzeug bis zu diesem Zeitpunkt angenähert hat, weg zu bewegen oder nicht. Diese Bestimmung wird durch ein Überwachen einer Ausgabe des Steuerwinkelsensors **23** in einem Zyklus vorgenommen.

[0051] Falls eine NEIN-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass der Fahrer die oben genannte Aktivität unternimmt oder unternommen hat, setzt der Ablauf bei S130 fort, bei dem sowohl das Spurhalteflag, welches anzeigt, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Systemfahrzeug von der Spur abdriften oder abweichen wird (d. h. ein Fahrbereich, der durch rechte und linke Spurbegrenzungen beschränkt ist, einschließlich der virtuellen Linie), als auch ein Spurhaltesteuerflag, welches anzeigt, dass sich das Spurhalte-Steuersystem **1** im Spurhalte-Steuermodus befindet, eingesetzt oder entfernt. Danach kehrt der Ablauf zu Schritt S110 zurück. Der Vorgang bei S130 verhindert den Vorgang des Spurhalte-Steuersystems **1** und lässt zu, dass der Fahrer die Bewegung des Systemfahrzeugs manuell steuert.

[0052] Wenn anderenfalls bei Schritt S120 eine JA-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass der Fahrer keine beabsichtigte Aktivität unternommen hat, setzt der Ablauf bei S140 fort, bei dem bestimmt wird, ob das Systemfahrzeug innerhalb einer referenzierten Zeitdauer (z. B. 2 sec.) von der Spur abweichen wird oder nicht. Insbesondere berechnet das Spurhalte-Steuersystem **1** basierend auf dem Abweichungswinkel α , dem Abstand zur Spurbegrenzung und der derzeitigen Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs die Zeit (ebenso TLC (Zeit bis Linienüberquerung) genannt), die es dauert, bis das Systemfahrzeug die Spurbegrenzung erreicht, und es bestimmt, ob eine solche Zeit innerhalb der referenzierten Zeitdauer liegt oder nicht. Wie die TLC berechnet wird, ist im Stand der Technik hinlänglich bekannt und ausführliche Erklärungen hierzu werden ausgelassen.

[0053] Falls bei Schritt S140 eine NEIN-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass das Systemfahrzeug die Spurbegrenzung nicht innerhalb der referenzierten Zeitdauer überquert, setzt der Ablauf bei Schritt S150 fort, bei dem das Spurhalteflag zurückgesetzt wird. Der Ablauf setzt bei Schritt S160 fort, bei dem bestimmt wird, ob das Spurhaltesteuerflag gesetzt ist oder nicht, und ob sich das Systemfahrzeug nun an die virtuelle Linie annähert oder nicht. Die letztere Bestimmung wird wie bei Schritt S140 dadurch vorgenommen, dass bestimmt wird, ob das Systemfahrzeug die virtuelle Linie innerhalb einer referenzierten Zeitdauer (z. B. 1,5 sec) erreichen wird oder nicht.

[0054] Falls bei Schritt S160 eine NEIN-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass das Spurhaltesteuerflag zurückgesetzt ist, oder das Systemfahrzeug die virtuelle Linie nicht überqueren wird, kehrt der Ablauf zu Schritt S110 zurück. Wenn anderenfalls eine JA-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass das Spurhaltesteuerflag gesetzt ist, und das Systemfahrzeug dabei ist, sich an die virtuelle Linie anzunähern, setzt der Ablauf bei Schritt S180 fort, wie später beschrieben wird.

[0055] Falls bei Schritt S140 eine JA-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass eingeschätzt wird, dass das Systemfahrzeug die Spurbegrenzung innerhalb der referenzierten Zeitdauer überqueren wird, setzt der Ablauf bei Schritt S170 fort, bei dem sowohl das Spurhalteflag als auch das Spurhaltesteuerflag gesetzt wird. Nach dem Schritt S170 setzt der Ablauf bei Schritt S180 fort, bei dem der Unterstützungswinkel β berechnet wird und eine maximale Steuerbeschleunigung G , die später ausführlich beschrieben wird, in Bezug auf eine Winkelgeschwindigkeit bestimmt wird. Es ist zu beachten, dass die maximale Steuerbeschleunigung G , wie sie bei dieser Ausführungsform bezeichnet wird, eine obere Grenze einer lateralen Beschleunigung des angetriebenen Fahrzeugs ist, die beispielsweise hinsichtlich der Sicherheitsanforderungen bestimmt ist. Wie der Unterstützungswinkel β bestimmt wird, wird mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben. Falls bei Schritt S160 eine JA-Antwort erhalten wird, setzt der Ablauf in ähnlicher Weise bei Schritt S180 fort, allerdings wird nicht der Unterstützungswinkel β berechnet, sondern der Korrekturwinkel γ wird als Abweichungswinkel α verarbeitet und die obere Grenze der lateralen Beschleunigung des Systemfahrzeugs, die beim Berechnen der Zielgier rate verwendet wird wenn das Systemfahrzeug parallel zu der virtuellen Linie ausgerichtet werden soll, wie später ausführlich beschrieben wird, wird so gewählt, dass sie kleiner als ein Wert ist, welcher der maximalen Steuerbeschleunigung G entspricht.

[0056] [Fig. 4](#) ist ein Graph, der ein Verhältnis zwischen dem Abweichungswinkel α und dem Unterstützungswinkel β veranschaulicht. Die Bestimmung des Unterstützungswinkels β kann durch eine Vielzahl von Ansätzen vorgenommen werden. Wie durch eine unterbrochene Linie (1) in [Fig. 4](#) gezeigt ist, kann beispielsweise der Unterstützungswinkel β so eingestellt werden, dass er kleiner als der Abweichungswinkel α ist, um einen neuen unnatürlichen Steuervorgang zu vermeiden, bei dem die Geschwindigkeit, mit der sich das Systemfahrzeug an die Spurbegrenzung annähert, langsam ist, jedoch die Geschwindigkeit, mit der das Systemfahrzeug zur Mitte der Spur zurückkehrt, sehr hoch ist.

[0057] Wie durch eine gestrichelte Linie (2) in [Fig. 4](#) gezeigt ist, kann anderenfalls der Unterstützungswinkel β konstant eingestellt werden, um die Belastung auf die arithmetische Schaltung **10** beim Berechnen des Unterstützungswinkels β zu verringern. Wie durch eine durchgezogene Linie zu (3) in [Fig. 4](#) gezeigt ist, kann der Unterstützungswinkel β ebenso derart bestimmt werden, dass er übereinstimmend mit einer linearen Funktion des Abweichungswinkels α abnimmt bis eine obere Grenze erreicht ist. Dies vermittelt dem Fahrer des Systemfahrzeugs das Gefühl, dass das Systemfahrzeug auf einen Dämpfer oder ein Kissen in der Nähe der Begrenzungslinie auftrifft, so dass die Einwirkung langsam absorbiert wird und anschließend zur Mitte der Spur zurückfedert wird.

[0058] Falls das Systemfahrzeug mit dem Steuerwinkel gelenkt wird (d. h. $\alpha + \beta$), jedoch zu erwarten ist, dass es aus der Begrenzungslinie abdriftet, kann, wie in [Fig. 1\(b\)](#) dargestellt ist, der Unterstützungswinkel β bei einem zunehmenden Abstand (der nachstehend ebenso als Spurhalteabstand bezeichnet wird) zwischen den Orten P1 und P2, wie durch eine durchgezogene Linie (4) in [Fig. 4](#) gezeigt ist, größer als derjenige eingestellt werden, der durch die durchgezogene Linie (3) angezeigt ist. Der Ort P1 wird durch den Scheitelpunkt (einem Punkt ganz links) einer Bahn oder Ortskurve ausgedrückt, entlang der eine Bewegung des Systemfahrzeugs zu erwarten ist (z. B. einem außenliegenden Vorderrad des Systemfahrzeugs), wenn es mit dem jetzigen bestimmten gesteuerten Winkel gelenkt wird. Der Ort P2 ist eine Überschneidung einer Linie, die von dem Ort P1 senkrecht zu der Spurbegrenzung (oder der virtuellen Linie) oder einer Richtung, in die das Systemfahrzeug unter der Spurhaltesteuerung weisen soll, gezogen ist, und einer Linie **500**, die durch die derzeitige Position des Systemfahrzeugs (zum Beispiel das außenliegende Vorderrad des Systemfahrzeugs) parallel zu der Spurbegrenzung (d. h. die Richtung, in die das Systemfahrzeug positiv weisen soll), gezogen ist. Mit anderen Worten ist der Spurhalteabstand ein Intervall in der Breitenrichtung der Spur zwischen der derzeitigen Position des Systemfahrzeugs (z. B. dem außenliegenden Vorderrad) und einer zukünftigen Position des Systemfahrzeugs, die so eingeschätzt wird, dass sie mit einem maximalen Abstand von der Linie **500** entfernt ist, falls das Systemfahrzeug fortlaufend mit dem jetzigen bestimmten gesteuerten Winkel gelenkt wird. Die Bestimmung des Unterstützungswinkels β entlang der Linie (4) minimiert den Grad des Verlassens der Spur des Systemfahrzeugs und bewirkt, dass sich das Systemfahrzeug schnell zur Mitte der Spur zurückbewegt, wodurch dem Fahrer ein Gefühl von Sicherheit vermittelt wird.

[0059] Wenn das Spurhalteflag zurückgesetzt ist, d. h. nach dem Schritt S150, wird der Unterstützungswinkel β in den nachfolgenden Schritten auf null (0) eingestellt. Mit anderen Worten wird der Korrekturwinkel γ , wie obenstehend beschrieben ist, als eine zielgesteuerte Variable (d. h. der gesteuerte Winkel = Korrekturwinkel γ) zur Verwendung beim Lenken des Systemfahrzeugs in dem zweiten Lenksteuermodus bestimmt, um das Systemfahrzeug parallel zu der virtuellen Linie auszurichten.

[0060] Die maximale Steuerbeschleunigung G , die der oberen Grenze der Zielwinkelgeschwindigkeit des Systemfahrzeugs entspricht, wie sie oben beschrieben ist, kann so bestimmt werden, dass sie einen der unterschiedlichen Werte aufweist zwischen dem Fall, wenn die Straße oder Spur, auf der das Systemfahrzeug läuft, gerade ist (z. B. wenn der Radius einer Kurve der Straße größer oder gleich 3000 m ist), und dem Fall, wenn die Spur eine Kurve ist. Wenn sich beispielsweise die Spur (d. h. die Spurbegrenzung) gerade erstreckt, wird die maximale Steuerbeschleunigung G auf 0,1 G eingestellt. Wenn die Spur eine Kurve ist, wird die maximale Steuerbeschleunigung G auf 0,15 G eingestellt, was größer als in dem Fall ist, wenn die Spur gerade ist, da es erforderlich ist, das Verhalten des Systemfahrzeugs stark zu ändern. Diese Werte der maximalen Steuerbeschleunigung G werden vorzugsweise experimentell bestimmt.

[0061] Wenn das Spurhalte-Steuersystem **1** das Systemfahrzeug parallel zu der virtuellen Linie lenkt oder ausrichtet, d. h. wenn das Spurhalteflag zurückgesetzt ist, kann der Wert der maximalen Steuerbeschleunigung G so gewählt sein, dass er kleiner als in dem Fall ist, wenn das Spurhalte-Steuersystem **1** das Systemfahrzeug zur Mitte der Spur zurückführt, d. h. wenn das Spurhalteflag gesetzt ist. Wenn das Systemfahrzeug so gelenkt wird, dass es parallel zu der virtuellen Linie läuft, kann der Wert der maximalen Steuerbeschleunigung G beispielsweise so gewählt sein, dass er im Wesentlichen die Hälfte zu dem Fall beträgt, wenn das Systemfahrzeug zur Mitte der Spur ausgerichtet wird.

[0062] In Rückbezug auf [Fig. 3](#), setzt der Ablauf bei Schritt S190 fort, bei dem eine Dreieckswellenform, die zum Bestimmen der Zielgierrate des Systemfahrzeugs erforderlich ist, mathematisch in der Weise festgelegt wird, wie es in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) aufgezeigt ist, nachdem bei Schritt S180 der Unterstützungswinkel β und die maximale Steuerbeschleunigung G (d. h. die obere Grenze der Zielwinkelgeschwindigkeit des Systemfahrzeugs) bestimmt ist. Die [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) stellen ein Verhältnis zwischen einem Zielwert der Gierrate und einer Zeit dar, die nach Beginn der Spurhaltesteuerung abläuft.

[0063] Insbesondere wenn die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs in eine Winkelrichtung des Unterstützungswinkels β geändert werden soll, wird die maximale Zielgierrate basierend auf dem Abweichungswinkel α berechnet. Um die Länge der Zeit, die eine Durchführung der Spurhalte-Steuvorgang in Anspruch nimmt, sowie den Abstand, mit dem das Systemfahrzeug von der Spurbegrenzung abweicht, zu minimieren, wird das Verhältnis zwischen der Zeit (d. h. der Steuerezeit) und der Zielgierrate in Form einer Dreieckswellenform logisch eingestellt.

[0064] Insbesondere ist die Zielgierrate so eingestellt, dass sie bei einer gegebenen konstanten Rate für eine erste gesteuerte Zeitdauer fortlaufend zunimmt, und danach bei einer gegebenen konstanten Rate für eine zweite gesteuerte Zeitdauer fortlaufend abnimmt. Mit anderen Worten wird die Zielgierrate für einen ersten Winkelbereich linear erhöht und danach für einen zweiten Winkelbereich linear gesenkt. Jeder von dem ersten und zweiten Winkelbereich ist als Funktion eines Gierratenausgleichs $YrOffset$ (der später ausführlich beschrieben wird), einer Rate der Änderung der Zielgierrate und der maximalen Zielgierrate bestimmt.

[0065] Die Zielgierrate ist so bestimmt, dass der Wert des Integrals der Zielgierrate über eine Spurhalte-Steuerdauer den gesteuerten Winkel ($\alpha + \beta$) beträgt. Die Spurhalte-Steuerdauer ist eine Zeitdauer (d. h. die Summe der ersten und zweiten gesteuerten Zeitdauer), in der das Systemfahrzeug durch den gesteuerten Winkel automatisch gelenkt wird. Ferner wird die Zielgierrate ebenso derart bestimmt, dass die Zielgierrate eine Kurvengierrate R_Yr ist, wenn die Fahrtrichtung (d. h. der Kurswinkel) des Systemfahrzeugs durch den gesteuerten Winkel bei gegebenen konstanten Änderungsraten der Gierrate zur Mitte der Spur hin geändert worden ist, d. h. wenn die Spurhaltesteuerung beendet ist. Die Kurvengierrate R_Yr ist, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, eine Gierrate des Systemfahrzeugs, die erforderlich ist, um an einer Kurve der Straße (d. h. der Spurbegrenzung einer Kurve) entlang zulaufen. Die Kurvengierrate R_Yr wird basierend auf dem Radius R der Krümmung der Spur und der Geschwindigkeit V des Systemfahrzeugs berechnet. Der Radius R der Krümmung kann beispielsweise unter Verwendung des Bilds, das durch die Kamera **20** aufgenommen wird, in bekannter Weise hergeleitet werden. Es ist zu beachten, dass die Kurvengierrate R_Yr null ist, wenn das Systemfahrzeug entlang der Spurbegrenzung geradeaus läuft, mit anderen Worten, wenn sich die Spur gerade erstreckt.

[0066] Die maximale Zielgierrate $YrMax$ weist einen Wert auf, der sich unterscheidet zwischen dem Fall, wenn der Zielgierratenausgleich $YrOffset$ zu Beginn des Berechnens der Zielgierrate ein positives Vorzeichen aufweist (d. h. das Systemfahrzeug kehrt bei dieser Ausführungsform nach rechts), und dem Fall, wenn er ein negatives Vorzeichen aufweist (d. h. das Systemfahrzeug kehrt bei dieser Ausführungsform nach links), wie in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) dargestellt ist. Der Zielgierratenausgleich $YrOffset$ ist eine Sensorausgabe $YrSensor$ minus der Kurvengierrate R_Yr (d. h. $YrOffset = YrSensor - R_Yr$). Die Sensorausgabe $YrSensor$ stellt eine derzeitige Gierrate des Systemfahrzeugs dar, die durch den Gierratensensor **22** gemessen wird. Wenn das Systemfahrzeug an der Spurbegrenzung entlang läuft, ist die Kurvengierrate R_Yr dementsprechend null, so dass der Gierratenausgleich $YrOffset$ mit der Sensorausgabe $YrSensor$ identisch ist. Mit anderen Worten stellt der Gierratenausgleich $YrOffset$ eine Gierrate des Systemfahrzeugs in Bezug zu der Spurbegrenzung dar. Wenn die Sensorausgabe $YrSensor$ eine Gierrate des Systemfahrzeugs für den Fall anzeigt, dass es an der Kurve entlang läuft (d. h. die Spurbegrenzung eine Kurve ist), ist der Gierratenausgleich $YrOffset$ null.

[0067] Die maximale Zielgierrate $YrMax$ ist durch die nachfolgenden Gleichungen gegeben.

[0068] Wenn $YrOffset \cdot YrMax$ positiv ist,

$$(YrMax + YrOffset)(YrMax - YrOffset)/2 \cdot reqYrJerkrising + YrMax^2/(2 \cdot reqYrJerkfalling) = \alpha + \beta$$

[0069] Dann folgt,

$$YrMax^2 = \{2 \cdot (\alpha + \beta) + YrOffset^2/reqYrJerkrising\} / \{(1/reqYrJerkrising) + (1/reqYrJerkfalling)\} \quad (1)$$

[0070] Wenn $YrOffset \cdot YrMax$ negativ ist,

$$YrOffset^2/(2 \cdot reqYrJerkrising) + (YrMax/reqYrJerkrising) + YrMax^2/(2 \cdot reqYrJerkfalling) = \alpha + \beta$$

[0071] Dann folgt,

$$YrMax^2 = \{2 \cdot (\alpha + \beta) - YrOffset^2/reqYrJerkrising\} / \{(1/reqYrJerkrising) + (1/reqYrJerkfalling)\} \quad (2)$$

wobei $reqYrJerkrising$ eine Rate ist, bei der die Zielgierrate zunehmen soll, und $reqYrJerkfalling$ eine Rate ist, bei der die Zielgierrate abnehmen soll.

[0072] Der Scheitelpunkt der Dreieckwellenform wird aus den Gleichungen (1) oder (2) (d. h. die maximale Zielgierrate $YrMax$) hergeleitet.

[0073] Danach setzt der Ablauf bei Schritt S210 fort, bei dem bestimmt wird, ob der Scheitelpunkt der Dreieckwellenform (d. h. die maximale Zielgierrate $YrMax$), die bei Schritt S190 berechnet wird, größer als eine obere Grenze $cntYrMax$ ist oder nicht. Die obere Grenze $cntYrMax$ ist durch die maximale Steuerbeschleunigung G /die Geschwindigkeit V des Systemfahrzeugs gegeben, wie obenstehend beschrieben ist. Falls eine NEIN-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass der Scheitelpunkt der Dreieckwellenform nicht größer als die obere Grenze $cntYrMax$ ist, setzt der Ablauf danach bei Schritt S230 fort, bei dem Steuerdauern, in denen die Zielgierrate zunimmt und danach abnimmt, in Form einer Dreieckwellenform bestimmt werden, wie in [Fig. 6](#) dargestellt ist. Insbesondere werden eine Steuerdauer t_rising (d. h. die erste gesteuerte Zeitdauer in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#)), in der die Zielgierrate fortlaufend mit der Rate $reqYrJerkrising$ erhöht wird, und eine Steuerdauer $t_falling$ (d. h. die zweite gesteuerte Zeitdauer in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#)), in der die Zielgierrate fortlaufend mit der Rate $reqYrJerkfalling$ gesenkt wird, in Übereinstimmung mit den nachfolgenden Gleichungen bestimmt.

$$t_rising = (YrOffset/reqYrJerkrising) + (YrMax/reqYrJerkrising) \quad (3)$$

$$t_falling = YrMax/reqYrJerkfalling \quad (4)$$

[0074] Wie aus der obenstehenden Diskussion hervorgeht, erlangt die arithmetische Schaltung **10** den momentanen Wert (d. h. $YrSensor$) der Gierrate des Systemfahrzeugs, um den Gierratenausgleich $YrOffset$ zu bestimmen, und eine Wellenform, die in den [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) dargestellt ist, zu berechnen oder in dem kartesischen Koordinatensystem mathematisch einzuzeichnen, das durch eine erste Koordinatenachse, welche die Zeit darstellt (d. h. die Spurhalte-Steuerdauer), und eine zweite Koordinatenachse, die den Wert der Zielgierrate darstellt, festgelegt ist, wenn bestimmt wird, dass das Systemfahrzeug dabei ist, von der Spur abzuweichen. Die Wellenform erstreckt sich von einem ersten Punkt, der den Gierratenausgleich $YrOffset$ anzeigt, und endet

an einem zweiten Punkt, bei dem die Zielgierrate mit der Kurvengierrate R_{Yr} identisch ist. Die Wellenform ist auch so geformt, dass der Wert des Integrals der Zielgierrate über der Spurhalte-Steuerdauer den gesteuerten Winkel ($\alpha + \beta$) beträgt, mit anderen Worten ist eine Gesamtfläche einer Figur, die durch die Wellenform, die erste Koordinatenachse und einen Abschnitt festgelegt ist, der sich von dem ersten Punkt parallel zu der zweiten Koordinatenachse bis zur ersten Koordinatenachse erstreckt, die Summe von dem Abweichungswinkel α und dem Unterstützungswinkel β . Wie den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) zu entnehmen ist, umfasst die Wellenform wenigstens zwei gerade Abschnitte: der eine Abschnitt **300** zeigt die Zielgierrate, die mit einer konstanten Rate zunimmt, und der andere Abschnitt **400** zeigt die Zielgierrate, die mit einer konstanten Rate abnimmt. Mit anderen Worten wird die Wellenform in der Form eines Dreiecks entlang der ersten Koordinatenachse (d. h. die Zeitachse) gezogen. In jedem der Beispiele der [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) entspricht die Summe einer Fläche S_{rising} und einer Fläche S_{falling} der Summe von dem Abweichungswinkel α und dem Unterstützungswinkel β .

[0075] Falls bei Schritt S210 eine JA-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass der Scheitelpunkt (d. h. die maximale Zielgierrate) der Dreieckswellenform größer als die obere Grenze cntYrMax ist, setzt der Ablauf bei Schritt S220 fort, bei dem die Steuerdauer t_{rising} und die t_{falling} berechnet werden, in denen die Zielgierrate in Form einer trapezförmigen Wellenform erhöht und danach gesenkt wird, wobei der Wert der Zielgierrate unter der oberen Grenze cntYrMax gehalten wird. Wie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, wird insbesondere die trapezförmige Wellenform festgelegt, in dem ein Dreiecksbereich **100** von der Fläche der dreieckigen Wellenform aus [Fig. 6](#), bei welcher der Wert der Zielgierrate die obere Grenze cntYrMax überschreitet, entfernt wird, und danach der Dreiecksbereich **100** als zusätzliche Länge der Steuerdauer t_{const} hinzugefügt wird, die durch einen rechteckigen Bereich **200** dargestellt wird. Daher nimmt der Wert der Zielgierrate zunächst mit der Steuerdauer t_{rising} zu, wird mit der Steuerdauer t_{const} auf der oberen Grenze cntYrMax gehalten, und nimmt danach mit der Steuerdauer t_{falling} in Form der trapezförmigen Wellenform ab.

$$t_{\text{rising}} = (\text{YrOffset}/\text{reqYrJerkrising}) + (\text{YrMax}/\text{reqYrJerkrising}) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} t_{\text{const}} &= a + b + (\text{Bereich } 100) = \{(\text{YrMax} - \text{cntYrMax})/\text{reqYrJerkrising}\} + \{(\text{YrMax} - \text{cntYrMax})/\text{reqYrJerkfalling}\} + (\text{Bereich } 200)/\text{cntYrMax} \\ &= (\text{YrMax} - \text{cntYrMax})\{(1/\text{reqYrJerkrising}) + (1/\text{reqYrJerkfalling})\} + \{(a + b)(\text{YrMax} - \text{cntYrMax})/2\}/\text{cntYrMax} \\ &= (\text{YrMax} - \text{cntYrMax})\{(1/\text{reqYrJerkrising}) + (1/\text{reqYrJerkfalling})\}\{1 + \{(\text{YrMax} - \text{cntYrMax})/2 \cdot \text{cntYrMax}\}\} \end{aligned} \quad (6)$$

$$t_{\text{falling}} = \text{YrMax}/\text{reqYrJerkfalling} \quad (7)$$

[0076] Nach den Schritten S230 oder Schritt S220 setzt der Ablauf bei Schritt S240 fort, wobei der Wert der Zielgierrate für jede der Steuerdauern t_{rising} und t_{falling} berechnet wird, wie in den Schritten S220 oder S230 hergeleitet ist. Die Zielgierrate wird an den Lenkcontroller **30** ausgegeben. Der Lenkcontroller **30** gibt ein Drehmomentsteuersignal an den Lenkmechanismus **40** wie z. B. eine elektrische Servolenkvorrichtung aus, wie obenstehend beschrieben ist, um das Systemfahrzeug mit der Zielgierrate mittels des gesteuerten Winkels zu lenken. Insbesondere gibt die arithmetische Schaltung **10** die Zielgierrate aus, die in der Steuerdauer t_{rising} mit einer gegebenen konstanten Rate zunimmt, in der Steuerdauer t_{const} unverändert bleibt, und danach in der Steuerdauer t_{falling} mit einer gegebenen konstanten Rate abnimmt. Die Raten der Änderung der Zielgierrate in der Steuerdauer die t_{rising} und t_{falling} können sich unterscheiden oder gleich zueinander sein, wie obenstehend beschrieben ist.

[0077] Wenn bei Schritt S160 eine JA-Antwort erhalten wird, d. h. wenn sich das Systemfahrzeug an die virtuelle Linie annähert nachdem es mit dem gesteuerten Winkel ($\alpha + \beta$) gesteuert worden ist, tritt die arithmetische Schaltung **10** in den zweiten Lenksteuermodus ein, wie obenstehend beschrieben ist, um den Korrekturwinkel γ in derselben Weise zu berechnen, wie in den Schritten S180 bis S220 beschrieben ist. Insbesondere stellt die arithmetische Schaltung **10** den Unterstützungswinkel β auf null (0) ein und verarbeitet den Korrekturwinkel γ als den gesteuerten Winkel (= Abweichungswinkel α). Die arithmetische Schaltung **10** ändert die Zielgierrate in Form einer Dreieckswellenform oder einer trapezförmigen Wellenform (siehe [Fig. 2](#)). Die Zielgierrate wird wie in dem ersten Lenksteuermodus unter der oberen Grenze cntYrMax2 gehalten. Der absolute Wert der oberen Grenze cntYrMax2 , der oben beschrieben ist, wird niedriger als derjenige der oberen Grenze cntYrMax1 eingestellt. Es ist zu beachten, dass die obere Grenze cntYrMax1 in [Fig. 2](#) die obere Grenze cntYrMax ist, wie im Flussdiagramm aus [Fig. 3](#) beschrieben ist, die bei dem Beispiel aus [Fig. 1\(b\)](#) in dem ersten Lenksteuermodus verwendet wird, um das Systemfahrzeug von der linken Spurbegrenzung hinweg zu lenken, während die obere Grenze cntYrMax2 die obere Grenze cntYrMax ist, die in dem zweiten Lenksteuermodus verwendet wird, um das Systemfahrzeug parallel zu der virtuellen Linie auszurichten. Wenn das Systemfahrzeug mittels

dem Korrekturwinkel γ gelenkt wird, ändert die arithmetische Schaltung **10** die Zielgierrate wie in dem ersten Lenksteuermodus mit einer konstanten Rate in wenigstens zwei Winkelbereichen (d. h. der erste und zweite Winkelbereich in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#)), wodurch das Systemfahrzeug entlang der virtuellen Linie ausgerichtet wird, sodass dem Fahrer ein komfortables Gefühl vermittelt wird.

[0078] Wenn sich das Spurhaltesteuerflag in dem zurückgesetzten Zustand befindet und die Spurhaltesteuerung abgeschlossen ist (d. h. nach Ablauf der Steuerdauer $t_{falling}$), oder die Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs zu der virtuellen Linie parallel geworden ist (z. B. der Winkel zwischen der Fahrtrichtung des Systemfahrzeugs und der virtuellen Linie unter $\pm 0,5$ Grad gefallen ist), setzt die arithmetische Schaltung **10** das Spurhaltesteuerflag zurück oder entfernt es, um die Spurhaltesteuerung zu beenden.

[0079] Wie aus der obenstehenden Diskussion ersichtlich ist, dient das Spurhalte-Steuersystem **1** (d. h. die arithmetische Schaltung **10**) zum Bestimmen, ob eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Systemfahrzeug unbeabsichtigt aus der Spur laufen wird oder nicht, und, falls bestimmt wird, dass eine solche Wahrscheinlichkeit besteht, dient es zum Eintreten in den ersten Lenksteuermodus, zum Berechnen des gesteuerten Winkels ($\alpha + \beta$) und eines Ablaufplans zur Änderung der Zielgierrate, und zum anschließenden Ausgeben eines Steuersignals, das hierfür bezeichnend ist, an den Lenkcontroller **30**, um das Systemfahrzeug mit einem Optimalwertsteuermodus (bzw. Feedforward-Steuermodus) zur Mitte der Spur zu lenken. Das Spurhalte-Steuersystem **1** erhöht und senkt anschließend übereinstimmend mit dem gegebenen Ablaufplan in zumindest zwei Winkelbereichen (d. h. der Steuerdauer t_{rising} und $t_{falling}$) die Zielgierrate mit einer gegebenen konstanten Rate. Die arithmetische Schaltung **10** kann anderenfalls dazu ausgelegt sein, die Lenkung des Systemfahrzeugs in einem Regelungssteuermodus (bzw. Feedback-Steuermodus) zu steuern, während eine Ausgabe des Gierratensensors **22** überwacht wird.

[0080] Der obengenannte Steuerbetrieb benötigt beim Bestimmen der Zielgierrate keine Berechnung des Gierratenmoments des Systemfahrzeugs und ermöglicht dem Spurhalte-Steuersystem **1** somit, den Betrieb der arithmetischen Schaltung **10** zum Berechnen der Zielgierrate, mit der das Systemfahrzeug automatisch gelenkt wird, um das Risiko eines Verlassens der Spur zu beseitigen, zu vereinfachen.

[0081] Wenn das Systemfahrzeug dabei ist, aus der Spur zu laufen, leitet die arithmetische Schaltung **10** den Abweichungswinkel α zwischen der Kursrichtung des Systemfahrzeugs und der Spurbegrenzung sowie den Unterstützungswinkel β zwischen der Begrenzungslinie und der Zielwinkelrichtung, in die das Systemfahrzeug weisen soll, her, und sie bestimmt die Summe von diesen als den gesteuerten Winkel, mittels dem das Systemfahrzeug zur Mitte der Spur gesteuert werden soll. Der Unterstützungswinkel β wird übereinstimmend mit einem vorbestimmten Algorithmus als Funktion des Abweichungswinkels α berechnet. Dies führt zu einem vereinfachten arithmetischen Betrieb zum Bestimmen des gesteuerten Winkels und der Zielgierrate.

[0082] Ferner stellt die arithmetische Schaltung **10** den Ablaufplan der Änderung der Zielgierrate so ein, dass die Gierrate des Systemfahrzeugs, die durch den Gierratensensor **22** gemessen wird, nach Abschluss des Lenkens des Systemfahrzeugs zur Mitte der Spur mittels dem gesteuerten Winkel die Kurvengierrate R_{Yr} einnimmt. Mit anderen Worten wird zugelassen, dass der Fahrer das Systemfahrzeug lenkt nachdem die Gierrate des Systemfahrzeugs auf die Kurvengierrate R_{Yr} (oder auf null, wenn sich die Spur geradeaus erstreckt) abfällt, wodurch eine ungewünschte Belastung zum Führen des Systemfahrzeugs auf den Fahrer beseitigt wird.

[0083] Das Spurhalte-Steuersystem **1** bestimmt auch den Zeitablaufplan der Änderung der Zielgierrate in dem ersten Lenksteuermodus derart, dass der Wert des Integrals der Zielgierrate über der Spurhalte-Steuerdauer den gesteuerten Winkel ($\alpha + \beta$) einnimmt. In ähnlicher Weise bestimmt das Spurhalte-Steuersystem **1** den Zeitablaufplan der Änderung der Zielgierrate in dem zweiten Lenksteuermodus derart, dass der Wert des Integrals der Zielgierrate über der Spurhalte-Steuerdauer den Korrekturwinkel γ einnimmt. Mit anderen Worten berechnet das Spurhalte-Steuersystem **1**, wie bereits beschrieben, die Zielgierrate derart, dass sie sich entweder in Form einer Dreieckwellenform oder einer trapezförmigen Wellenform ändert. Dies vereinfacht die Erleichterung beim Berechnen der Zielgierrate, mit der das Systemfahrzeug gelenkt werden soll, und es bietet ebenso ein Gefühl von Sicherheit für den Fahrer.

[0084] Das Spurhalte-Steuersystem **1** bestimmt die Zielgierrate als Funktion einer derzeitigen Gierrate (d. h. der Sensorausgabe $YrSensor$) des Systemfahrzeugs, mit anderen Worten, basierend auf dem Gierratenausgleich $YrOffset$, wodurch die Stabilität im laufenden Systemfahrzeug beim Übergang zum automatischen Spurhaltesteuermodus gewährleistet wird.

[0085] Nach Abschluss des ersten Lenksteuermodus tritt das Spurhalte-Steuersystem **1** in den zweiten Lenksteuermodus ein, um den Korrekturwinkel γ zwischen der Kursrichtung des Systemfahrzeugs und der virtuellen Linie zu bestimmen, und das Systemfahrzeug mit dem Korrekturwinkel γ zu lenken, um es parallel zu der virtuellen Linie auszurichten. In dem zweiten Lenksteuermodus hält die arithmetische Schaltung **10** die Zielgierrate unter der oberen Grenze cntYrmax2 (siehe [Fig. 2](#)), deren absoluter Wert kleiner als derjenige der ersten oberen Grenze cntYrmax1 ist. Mit anderen Worten stellt das Spurhalte-Steuersystem **1** die Zielgierrate in dem zweiten Lenksteuermodus kleiner als diejenige in dem ersten Lenksteuermodus ein, wodurch eine ungewünschte Belastung auf den Fahrer verringert wird und die Erleichterung des Übergangs zum manuellen Fahren des Systemfahrzeugs durch den Fahrer vereinfacht wird.

[0086] Die arithmetische Schaltung **10** bestimmt, wie obenstehend beschrieben ist, den Unterstützungswinkel β als Funktion des Abweichungswinkels α . Insbesondere erlangt die arithmetische Schaltung **10** den Abweichungswinkel α und bestimmt die Wahrscheinlichkeit des Verlassens der Spur des Systemfahrzeugs. Falls bestimmt wird, dass eine solche Wahrscheinlichkeit des Verlassens der Spur hoch ist, berechnet die arithmetische Schaltung **10** den Unterstützungswinkel β in Bezug zu dem Abweichungswinkel α , sie bestimmt die Summe des Abweichungswinkels α und des Unterstützungswinkels β als den gesteuerten Winkel, und leitet die Zielgierrate her, mit der das Systemfahrzeug mittels dem gesteuerten Winkel gelenkt werden soll. Anders als bei dem System aus dem Stand der Technik, das dazu ausgelegt ist, das Giermoment zu berechnen, ist das Spurhalte-Steuersystem **1** dazu ausgelegt, das Einhalten der Spur des Systemfahrzeugs auf vereinfachte Weise zu steuern.

[0087] Die arithmetische Schaltung **10** bestimmt den Unterstützungswinkel β derart, dass er kleiner oder gleich dem Abweichungswinkel α ist, wodurch eine ungewünscht schnelle Änderung der Kursrichtung des Systemfahrzeugs zur Mitte der Spur verhindert wird.

[0088] Die arithmetische Schaltung **10** erhöht den Unterstützungswinkel β bei einer Zunahme des Abweichungswinkels α . Hierdurch wird eine schnelle Beseitigung eines Verlassens der Spur des Systemfahrzeugs erreicht, wenn zu erwarten ist, dass das Systemfahrzeug erheblich von der Spur abweichen wird, wodurch die Sicherheit des Systemfahrzeugs gewährleistet ist.

[0089] Die arithmetische Schaltung **10** ändert die Zielgierrate, mit der das Systemfahrzeug gelenkt werden soll, linear, wie obenstehend beschrieben ist. Insbesondere erhöht die arithmetische Schaltung **10** in jedem von dem ersten und zweiten Lenksteuermodus die Zielgierrate mit einer ersten konstanten Rate und senkt sie anschließend mit einer zweiten konstanten Rate. Die erste und zweite konstante Rate können gleich groß zueinander eingestellt sein. Die absoluten Werte der ersten und zweiten konstanten Rate, die in dem zweiten Lenksteuermodus verwendet werden, sind beide kleiner als diejenigen in dem ersten Lenksteuermodus.

[0090] Mit anderen Worten ändert die arithmetische Schaltung **10** die Zielgierrate stark, um die Änderung der Kursrichtung des Systemfahrzeugs zu beschleunigen, wenn sie in den ersten Lenksteuermodus eingetreten ist, um die Kursrichtung des Systemfahrzeugs zur Mitte der Spur auszurichten, während die arithmetische Schaltung **10** die Änderung der Kursrichtung nicht schnell abschließen muss, wenn sie in den zweiten Lenksteuermodus eingetreten ist, um das Systemfahrzeug dazu zu bringen, parallel zu der virtuellen Linie zu laufen, und somit ändert sie die Zielgierrate langsam, wodurch eine ungewünschten physikalische Belastung auf den Fahrer des Systemfahrzeugs minimiert wird.

[0091] Das Spurhalte-Steuersystem **1** kann wie folgt ausgelegt sein.

[0092] Die arithmetische Schaltung **10** gibt die Zielgierrate an den Lenkcontroller **30** aus, wie obenstehend beschrieben ist, allerdings kann sie dazu ausgestaltet sein, ein Signal, das für einen Ziellenkwinkel bezeichnend ist, sequenziell zuzusenden, was der Zielgierrate entspricht.

[0093] Das Verhältnis zwischen dem Abweichungswinkel α und dem Unterstützungswinkel β kann durch eine lineare Funktion oder eine exponentielle Funktion dargestellt werden, in denen der Unterstützungswinkel β mit einer Zunahme des Abweichungswinkels α monoton erhöht wird.

[0094] Im Falle eines Fehlers bei der Erkennung der Spurbegrenzung (z. B. der rechten Spurmarkierung in [Fig. 1\(b\)](#)) in der Nähe der virtuellen Linie, kann das Spurhalte-Steuersystem **1** in dem zweiten Lenksteuermodus die folgenden Vorgänge durchführen.

[0095] Die arithmetische Schaltung **10** berechnet einen Fahrzeug-zu-virtuelle Linie Abstand VirtDTLB, wie in [Fig. 9](#) dargestellt ist, zwischen der rechten Spurbegrenzung und dem Systemfahrzeug (z. B. dem rechten Vorderrad) in der Breitenrichtung des Systemfahrzeugs basierend auf der linken Begrenzungslinie gemäß der untenstehenden Gleichung.

$$\text{VirtDTLB} = \text{ParaOffset}/\cos\gamma - (\text{Tread} + \text{DTLB}) \quad (8)$$

wobei ParaOffset der Abstand zwischen der entfernten Spurbegrenzung und der virtuellen Linie ist, Tread der Abstand (d. h. die Achsenspur) zwischen der Mittellinie von zwei Laufrädern (d. h. des rechten und linken Vorderrads in [Fig. 9](#)) an derselben Achse ist, und DTLB der Abstand zwischen einem außenliegenden Vorderrad (z. B. die Mittellinie des außenliegenden Vorderrads) und der inneren Kante der nahen Spurbegrenzung ist.

[0096] Eine TTLC (d. h. Zeit bis zum Überqueren der Spur), welche die Zeit ist, die das System benötigt, um die virtuelle Linie zu überqueren, ist gegeben durch

$$\text{TTL}C = (\text{VirtDTLB}/\tan\gamma)/V \quad (9)$$

wobei V die Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs ist.

[0097] Demnach wird eine Gierrate Req_Yr (d. h. die Zielgierrate), die im zweiten Lenksteuermodus zum Ausrichten der Kursrichtung des Systemfahrzeugs parallel zu der virtuellen Linie erforderlich ist, durch die untenstehende Gleichung erhalten.

$$\begin{aligned} \text{Req_Yr} &= \gamma/\text{TTL}C \\ &= V\gamma/(\text{VirtDTLB}/\tan\gamma) \end{aligned} \quad (10)$$

[0098] Wenn der Korrekturwinkel γ in einen Bereich von $\pm 0,5$ Grad fällt, oder wenn der Abstand VirtDTLB unter null abfällt, kann die arithmetische Schaltung **10** den zweiten Lenksteuermodus beenden.

[0099] Bei Schritt S180 aus [Fig. 3](#) kann die arithmetische Schaltung **10** den Unterstützungswinkel β so berechnen, dass eine laterale Geschwindigkeit V_x des Systemfahrzeugs in dem ersten Lenksteuermodus konstant sein kann (z. B. 0,3 m/sec). Die laterale Geschwindigkeit V_x ist die Geschwindigkeit in einer Richtung senkrecht zu der Spurbegrenzung, an der sich das Systemfahrzeug von der Spurbegrenzung zu der virtuellen Linie bewegt. Der Unterstützungswinkel β ist durch die untenstehenden Gleichungen gegeben.

$$V \cdot \tan\beta = V_x \quad (11)$$

$$\beta = \arctan(V_x/V) \quad (12)$$

[0100] Insbesondere steuert die arithmetische Schaltung **10** die Bewegung des Systemfahrzeugs in Bezug auf die Spurbegrenzung mit einer konstanten Geschwindigkeit V_x , wodurch dem Fahrer des Systemfahrzeugs ein Gefühl von Sicherheit vermittelt wird.

[0101] Die arithmetische Schaltung **10** kann mathematisch den Spurhalteabstand prognostizieren, der das Intervall in der Breitenrichtung der Spur zwischen der derzeitigen Position des Systemfahrzeugs und einer zukünftigen Position des Systemfahrzeugs ist, das eingeschätzt wird, um einen maximalen Abstand von der Spurbegrenzung herzuleiten, falls das Systemfahrzeug fortlaufend mittels dem jetzigen bestimmten gesteuerten Winkel gelenkt wird.

[0102] Insbesondere führt die arithmetische Schaltung **10** ein Spurhalte-Steuerprogramm aus [Fig. 10](#) durch. Dieselben Schrittnummern, wie sie in [Fig. 3](#) eingesetzt sind, beziehen sich auf dieselben Vorgänge, und ausführliche Erklärungen hier zu werden ausgelassen. Die Wellenformenberechnung in jedem der Schritte S310 und S350 werden in derselben Weise vorgenommen, wie in den Schritten S190 bis S230 in [Fig. 3](#) beschrieben ist.

[0103] Nach dem Schritt S310, bei dem die trapezförmige Wellenform oder die Dreieckewellenform festgelegt wird, um die Steuerdauer t_{rising} und t_{falling} zu bestimmen (d. h. Schritte S220 oder S230), setzt der Ablauf bei Schritt S320 fort, bei dem der Spurhalteabstand X_{max} berechnet wird. Der Spurhalteabstand X_{max} ist, wie obenstehend beschrieben, das Intervall in der Breitenrichtung der Spur (d. h. einer Richtung senkrecht zu der Spurbegrenzung oder der virtuellen Linie) zwischen der derzeitigen Position des Systemfahrzeugs und einer

zukünftigen Position des Systemfahrzeugs, bei der anzunehmen ist, dass sie um einen maximalen Abstand von der Linie **500** entfernt ist, wie in [Fig. 1\(b\)](#) dargestellt ist, das durch die derzeitige Position des Systemfahrzeugs parallel zu der Spurbegrenzung gezogen ist (d. h. die Richtung in die das Systemfahrzeug positiv weist).

[0104] Der Ablauf setzt bei Schritt S330 fort, bei dem bestimmt wird, ob davon auszugehen ist, dass das Systemfahrzeug von der Spurbegrenzung abweichen wird oder nicht, falls der automatische Lenkbetrieb an dem Systemfahrzeug fortlaufend basierend auf dem gesteuerten Winkel mit der Gierrate durchgeführt wird, die in der Wellenformberechnung in Schritt S310 hergeleitet wird. Diese Bestimmung wird vorgenommen, indem der Spurhalteabstand X_{max} mit dem derzeitigen oder momentanen Abstand zwischen dem Systemfahrzeug und der Spurbegrenzung (oder der virtuellen Linie) verglichen wird. Insbesondere wird bestimmt, ob der Spurhalteabstand X_{max} größer als der Abstand DTLB ist oder nicht.

[0105] Falls eine NEIN-Antwort erhalten wird, was bedeutet, dass das Systemfahrzeug nicht von der Spur abweichen wird, setzt der Ablauf bei Schritt S240 fort. Wenn anderenfalls eine JA-Antwort erhalten wird, setzt der Ablauf bei Schritt **340** fort, bei dem der Unterstützungswinkel β korrigiert wird.

[0106] Insbesondere wird der Unterstützungswinkel β unter Verwendung eines Korrekturfaktors $K (> 0)$ korrigiert, um einen Unterstützungswinkel β' gemäß einer untenstehenden Gleichung herzuleiten.

$$\beta' = \beta + K(X_{max} - DTLB) \quad (13)$$

[0107] Der Ablauf setzt bei Schritt S350 fort, bei dem dieselben Vorgänge wie in den Schritten S210 und S220 oder S230 durchgeführt werden, um die Steuerdauern t_{rising} und $t_{falling}$ und/oder die Steuerdauer t_{const} zu berechnen. Anschließend setzt der Ablauf bei Schritt **240** fort, bei dem dieselben Vorgänge wie in den Schritten S240 in [Fig. 3](#) durchgeführt werden, um die Lenkung des Systemfahrzeugs mittels dem Lenkcontroller **30** zu steuern.

[0108] Wie der Spurhalteabstand X_{max} berechnet wird, wird untenstehend beschrieben. In der nachfolgenden Diskussion wird die Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs durch V m/s ausgedrückt. Die obere Grenze der lateralen Beschleunigung des Systemfahrzeugs (d. h. die maximale Steuerbeschleunigung) wird durch G m/s² ausgedrückt. Die Rate der Änderung der Zielgierrate wird durch A rad/s² ausgedrückt. [Fig. 11\(a\)](#) ist ein Graph, der eine Änderung der Zielgierrate (d. h. die erforderliche Gierrate) mit der Zeit in einem Fall veranschaulicht, bei dem die maximale Zielgierrate kleiner als eine obere Grenze ist, die der maximalen Steuerbeschleunigung G entspricht. [Fig. 11\(b\)](#) ist ein Graph, der eine Änderung der Zielgierrate mit der Zeit in einem Fall veranschaulicht, bei dem die maximale Zielgierrate die obere Grenze überschreitet.

[0109] In dem Beispiel aus [Fig. 11\(a\)](#) erhöht die arithmetische Schaltung **10** die Zielgierrate mit der Änderungsrate A von der Zeit 0 bis zur Zeit T und senkt sie anschließend mit der Änderungsrate $-A$ von der Zeit T bis zur Zeit $T1$. In dem Beispiel aus [Fig. 11\(b\)](#) erhöht die arithmetischen Schaltung **10** die Zielgierrate mit der Änderungsrate A von der Zeit 0 bis zur Zeit $T1$, hält diese auf einen Wert von G/V von der Zeit $T1$ bis zur Zeit $T2$, und senkt sie anschließend mit der Änderungsrate $-A$ von der Zeit $T2$ bis zur Zeit $T3$.

[0110] Die nachfolgende Diskussion darüber, wie der Spurhalteabstand X_{max} zu berechnen ist, bezieht sich zur Vereinfachung der Erklärung lediglich auf das Beispiel in [Fig. 11\(a\)](#). In den untenstehenden Gleichungen gibt „ A “ den absoluten Wert der Rate der Änderung der Zielgierrate an. Es wird davon ausgegangen, dass die nachfolgende Erklärung den Fachmann dazu befähigt, den Spurhalteabstand X_{max} selbst dann herzuleiten, falls sich der absolute Wert der Rate der Änderung der Zielgierrate zwischen Fällen, wenn die Zielgierrate erhöht wird und wenn sie gesenkt wird, unterscheidet, oder wenn die Zielgierrate in Form einer trapezförmigen Wellenform geändert wird, wie in [Fig. 11\(b\)](#) dargestellt ist.

[0111] Bei dem Beispiel in [Fig. 11\(a\)](#) sind die Gleichungen (14) und (15) erfüllt, die untenstehend gezeigt sind.

$$Y_r = At \quad (14)$$

wobei Y_r die Zielgierrate ist.

[0112] Im Falle einer Fläche der Kurve (d. h. die Dreieckwellenform), welche die Zielgierrate angibt, wird das folgende Verhältnis erfüllt.

$$T \cdot AT = \alpha + \beta(15)$$

$$T = \sqrt{((\alpha + \beta)/A)} \quad (16)$$

[0113] Die Bedingung, unter der die Zielgerate in Form einer Dreieckwellenform geändert wird ist

$$G \leq V \cdot YrMax = VAT \quad (17)$$

[0114] In der Annahme, dass der Abweichungswinkel α ausreichend klein ist, ist die laterale Beschleunigung g_x des Systemfahrzeugs gegeben durch

$$g_x = g \cdot \cos \alpha = g$$

[0115] Somit ist,

$$\begin{aligned} g_x &= -V \cdot Yr = -Vat & (t < T) \\ &= -VAT + VA(t-T) = VA(t-2T) & (T < t < 2T) \\ &= 0 & (2T < t) \end{aligned} \quad (18)$$

[0116] Die laterale Geschwindigkeit V_x ist

$$\begin{aligned} V_x &= \int g_x = -1/2VAt^2 + Vsina & (t < T) \\ &= -1/2VAT^2 + Vsina + VA(-T(t-T) + 1/2(t-T)^2) \\ &= VA(1/2t^2 - 2Tt + T^2) + Vsina & (T < t < 2T) \\ &= -1/2VAT^2 + Vsina + VA\{-T(2T-T) + 1/2(2T-T)^2\} \\ &= -VAT^2 + Vsina & (2T < t) \end{aligned} \quad (19)$$

[0117] Somit ist die laterale Position x des Systemfahrzeugs gegeben durch

$$\begin{aligned} x &= \int v_x = -1/6VAt^3 + Vsina t & (t < T) \\ &= -1/6VAT^3 + Vsina T - 1/2VAT^2(t-T) + Vsina(t-T) \\ &\quad -1/2VAT(t-T)^2 + 1/6VA(t-T)^3 \\ &= VA(1/6t^3 - Tt^2 + T^2 t - 1/3 T^3) + Vsina t & (T < t < 2T) \\ &= -1/6VAT^3 + Vsina T - 1/2VAT^2(2T-T) + Vsina(2T-T) \\ &\quad -1/2VAT(2T-T)^2 + 1/6VA(2T-T)^3 + (-VAT^3 + Vsina) t \\ &= -VAT^3 + (-VAT^2 + Vsina) t & (2T < t) \end{aligned} \quad (20)$$

[0118] Die Zeit T_a für $v_x = 0$ ist

$$\text{Wenn } \alpha < \beta, -1/2VAt^2 + Vsina = 0 \quad (21)$$

dann ist,

$$T_a = \sqrt{\{(2sina)/A\}} \quad (22)$$

$$\text{Wenn } \alpha > \beta, VA(1/2T_a^2 - 2T \cdot T_a + T^2) + Vsina = 0 \quad (23)$$

dann ist,

$$T_a = \{2AT - \sqrt{(2A^2 \cdot T^2 - 2Asina)}\}/A \quad (24)$$

[0119] Demnach ist der Spurhalteabstand X_{max} durch eine der untenstehenden Gleichungen gegeben.

[0120] Die Zeit t für $x = X_{\max}$ ist Ta .

[0121] Somit ist,

$$\text{wenn } \alpha < \beta, X_{\max} = -1/6VATa^3 + VsinaTa \quad (25)$$

$$\text{wenn } \alpha > \beta, X_{\max} = VA(1/6Ta^3 - TTa^2 + T^2Ta - 1/3T^3 + VsinaTa) \quad (23)$$

[0122] Wenn die Geschwindigkeit V des Systemfahrzeugs 100 km/h beträgt, und der Abweichungswinkel α 1 Grad beträgt, bewirkt die Ausführung der oben beschriebenen Spurhaltesteuerung, dass das Systemfahrzeug mit der Zeit einer Änderungen der lateralen Beschleunigung, wie in [Fig. 12\(a\)](#) dargestellt ist, einer lateralen Geschwindigkeit, wie in [Fig. 12\(b\)](#) dargestellt ist, und einer lateralen Position, wie in [Fig. 12\(c\)](#) dargestellt ist, unterworfen wird. [Fig. 12\(a\)](#) gibt eine zeitlich aufeinanderfolgend aufgezeichnete Änderung der lateralen Beschleunigung des Systemfahrzeugs an, die gemäß der Gleichung (18) hergeleitet ist. In ähnlicher Weise zeigt [Fig. 12\(b\)](#) eine zeitlich aufeinanderfolgend aufgezeichnete Änderung der lateralen Geschwindigkeit des Systemfahrzeugs an, die gemäß der Gleichung (19) hergeleitet ist. [Fig. 12\(c\)](#) gibt eine zeitlich aufeinanderfolgend aufgezeichnete Änderung der lateralen Position des Systemfahrzeugs an, die gemäß der Gleichung (20) hergeleitet ist.

[0123] Der Wert des Spurhalteabstands X_{\max} , der gemäß den Gleichungen (25) und (26) hergeleitet ist, entspricht einem Extremwert (d. h. dem Maximum) der Kurve aus [Fig. 12\(c\)](#).

[0124] Die arithmetische Schaltung **10** erhöht, wie obenstehend beschrieben ist, den Unterstützungswinkel β bei einer Zunahme des Spurhalteabstands X_{\max} , um einen größeren Wert des korrigierten Unterstützungswinkels β' zu erlangen, was zu einem schnellen Zurückkehren des Systemfahrzeugs zur Mitte der Spur führt.

[0125] Obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen offenbart worden ist, um ein besseres Verständnis derselben zu erleichtern, sollte verständlich sein, dass die Erfindung in verschiedenen Weisen ausgeführt werden kann, ohne von dem Prinzip der Erfindung abzuweichen. Daher sollte die Erfindung so verstanden werden, dass sie alle möglichen Ausführungsformen und Modifikationen an den gezeigten Ausführungsformen umfasst, die ausgeführt werden können ohne von dem Prinzip der Erfindung abzuweichen, das in den angehängten Ansprüche vorangestellt ist.

[0126] Beispielsweise kann das Programm in den [Fig. 3](#) und [Fig. 10](#) in einem computerlesbaren Speichermedium (z. B. einem nicht-vorübergehenden Medium) gespeichert sein. Das Medium kann beispielsweise ein (e) elektrische(s), magnetische(s), optische(s), Infrarot- oder Halbleiter-System, oder Vorrichtung oder Übertragungsmedium sein, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein.

[0127] Das Programm in dem Speichermedium kann auf einem Computer installiert sein und dazu ausgeführt werden, um das Spurhalte-Steuersystem **1** zu realisieren.

[0128] Obwohl die vorliegende Erfindung in Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen offenbart worden ist, um ein besseres Verständnis derselben zu erleichtern, sollte verständlich sein, dass die Erfindung in verschiedenen Weisen ausgeführt werden kann, ohne von dem Prinzip der Erfindung abzuweichen. Daher sollte die Erfindung so verstanden werden, dass sie alle möglichen Ausführungsformen und Modifikationen an den gezeigten Ausführungsformen umfasst, die ausgeführt werden können ohne von dem Prinzip der Erfindung abzuweichen, das in den angehängten Ansprüche vorangestellt ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 3800087 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Spurhalte-Steuervorrichtung zum Steuern eines Einhaltens der Spur eines Fahrzeugs unter Verwendung eines Lenkmechanismus, aufweisend:

einen Winkelbestimmer, der einen gesteuerten Winkel bestimmt, der ein Winkel ist zwischen einer Richtung, in die ein Fahrzeug, das mit dieser Vorrichtung ausgestattet ist, innerhalb eines gegebenen Bereichs einer Spur auf einer Straße nun Kurs nimmt, und einer Zielwinkelrichtung, in die das Fahrzeug weisen soll, wobei der Winkelbestimmer ebenso einen Korrekturwinkel bestimmt, der ein Winkel ist zwischen einer Richtung, in die das Fahrzeug nun weist, und einer virtuellen Linie, wobei die virtuelle Linie so festgelegt ist, dass sie sich parallel zu einer Spurbegrenzung der Spur erstreckt; und

einen Spurhaltecontroller, der dazu ausgestaltet ist, in einem ersten Lenksteuermodus und einem zweiten Lenksteuermodus, der auf den ersten Lenksteuermodus folgt, betrieben zu werden, wobei, wenn bestimmt wird, dass das Fahrzeug dabei ist, von dem gegebenen Bereich der Spur unbeabsichtigt abzuweichen, der Spurhaltecontroller in den ersten Lenksteuermodus eintritt, um den gesteuerten Winkel von dem Winkelbestimmer zu erlangen, und er ein Steuersignal an den Lenkmechanismus ausgibt, um das Fahrzeug bei einer ersten Gierrate durch den gesteuerten Winkel zu einer Mitte des gegebenen Bereichs der Spur zu lenken, wobei, wenn bestimmt wird, dass das Fahrzeug auf die virtuelle Linie zu fährt, der Spurhaltecontroller in den zweiten Lenksteuermodus eintritt, um den Korrekturwinkel von dem Winkelbestimmer zu erlangen, und er ein Steuersignal an den Lenkmechanismus ausgibt, um das Fahrzeug, zur Orientierung des Fahrzeugs parallel zu der virtuellen Linie, bei einer zweiten Gierrate durch den Korrekturwinkel zu lenken, wobei der Spurhaltecontroller in dem ersten Lenksteuermodus einen absoluten Wert der ersten Gierrate unter einer ersten oberen Grenze hält, und er hält ebenso in dem zweiten Lenksteuermodus einen absoluten Wert der zweiten Gierrate unter einer zweiten oberen Grenze, die kleiner als die erste obere Grenze ist.

2. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei Spurhaltecontroller einen Abweichungswinkel zwischen der Richtung, in die das Fahrzeug weist, und einer Begrenzungslinie, die dazu bereitgestellt ist, den gegebenen Bereich der Spur festzulegen, berechnet, und er ebenso einen Unterstützungswinkel zwischen der Zielwinkelrichtung des Fahrzeugs in dem ersten Lenksteuermodus und der Begrenzungslinie berechnet, und wobei der Korrekturwinkel auf die Summe von dem Abweichungswinkel und dem Unterstützungswinkel eingestellt ist.

3. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend eine elektrische Servolenkvorrichtung, die als Lenkmechanismus dient, um das Fahrzeug in Reaktion auf jedes der Steuersignale, die von dem Spurhaltecontroller ausgegeben werden, zu lenken.

4. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend eine Bildaufnahmeverrichtung, die als Winkelbestimmer dient, um ein Bild einer Straßenoberfläche in einer Kursrichtung des Systemfahrzeugs zum Bestimmen des gesteuerten Winkels aufzunehmen.

5. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei, wenn davon auszugehen ist, dass das Fahrzeug die Begrenzungslinie unbeabsichtigt verlässt, der Spurhaltecontroller einen momentanen Wert einer Gierrate des Fahrzeugs erlangt, um einen Gierratenausgleich zu bestimmen, der den momentanen Wert der Gierrate minus einer Kurvengierrate beträgt, und er in einem kartesischen Koordinatensystem, das durch eine erste Koordinatenachse, welche die Zeit darstellt, und eine zweite Koordinatenachse, die einen Zielwert der ersten Gierrate darstellt, mit dem das Fahrzeug gelenkt werden soll, festgelegt ist, eine Wellenform mathematisch einzeichnet, wobei die Kurvengierrate eine Gierrate des Fahrzeugs ist, die erforderlich ist, um einer Kurve der Begrenzungslinie zu folgen, und sie null beträgt, wenn das Fahrzeug entlang der Begrenzungslinie geradeaus läuft, wobei die Wellenform derart festgelegt ist, dass sie sich von einem ersten Punkt erstreckt, der den Gierratenausgleich angibt, und an einem zweiten Punkt endet, an dem der Zielwert der ersten Gierrate die Kurvengierrate einnimmt, und sie ist ebenfalls so geformt, dass ein Wert des Integrals des Zielwerts der ersten Gierrate über eine Spurhalte-Steuerdauer, in der das Fahrzeug in dem ersten Lenksteuermodus gelenkt werden soll, den gesteuerten Winkel beträgt, und wobei der Spurhaltecontroller das Fahrzeug mit dem Zielwert der ersten Gierrate lenkt, der sich übereinstimmend mit der Wellenform ändert.

6. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Wellenform wenigstens zwei gerade Abschnitte umfasst: einen ersten Abschnitt, der den Zielwert der ersten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate erhöht wird, und einen zweiten Abschnitt, der den Zielwert der ersten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate gesenkt wird.

7. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei, wenn davon auszugehen ist, dass das Fahrzeug die Begrenzungslinie unbeabsichtigt verlässt, der Spurhaltecontroller einen momentanen Wert einer Gierrate des Fahrzeugs erlangt, um einen Gierratenausgleich zu bestimmen, der den momentanen Wert der Gierrate minus einer Kurvengierrate beträgt, und er in einem kartesischen Koordinatensystem, das durch eine erste Koordinatenachse, welche die Zeit darstellt, und eine zweite Koordinatenachse, die einen Zielwert der zweiten Gierrate darstellt, mit dem das Fahrzeug gelenkt werden soll, festgelegt ist, eine Wellenform mathematisch einzeichnet, wobei die Kurvengierrate eine Gierrate des Fahrzeugs ist, die erforderlich ist, um einer Kurve der Begrenzungslinie zu folgen, und sie null beträgt, wenn das Fahrzeug entlang der Begrenzungslinie geradeaus läuft, wobei die Wellenform derart festgelegt ist, dass sie sich von einem ersten Punkt erstreckt, der den Gierratenausgleich angibt, und an einem zweiten Punkt endet, an dem der Zielwert der zweiten Gierrate die Kurvengierrate einnimmt, und sie ist ebenfalls so geformt, dass ein Wert des Integrals des Zielwerts der zweiten Gierrate über eine Spurhalte-Steuerdauer, in der das Fahrzeug in dem zweiten Lenksteuermodus gelenkt werden soll, den Korrekturwinkel beträgt, und wobei der Spurhaltecontroller das Fahrzeug mit dem Zielwert der zweiten Gierrate lenkt, der sich übereinstimmend mit der Wellenform ändert.

8. Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Wellenform wenigstens zwei gerade Abschnitte umfasst: einen ersten Abschnitt, der den Zielwert der zweiten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate erhöht wird, und einen zweiten Abschnitt, der den Zielwert der zweiten Gierrate angibt, der mit einer konstanten Rate gesenkt wird.

9. Aufnahmemedium, das durch einen Computer auslesbar ist und das Programme zum Konfigurieren eines Computersystems wie dem Spurhaltecontroller der Spurhalte-Steuervorrichtung nach Anspruch 1 speichert.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1(a)

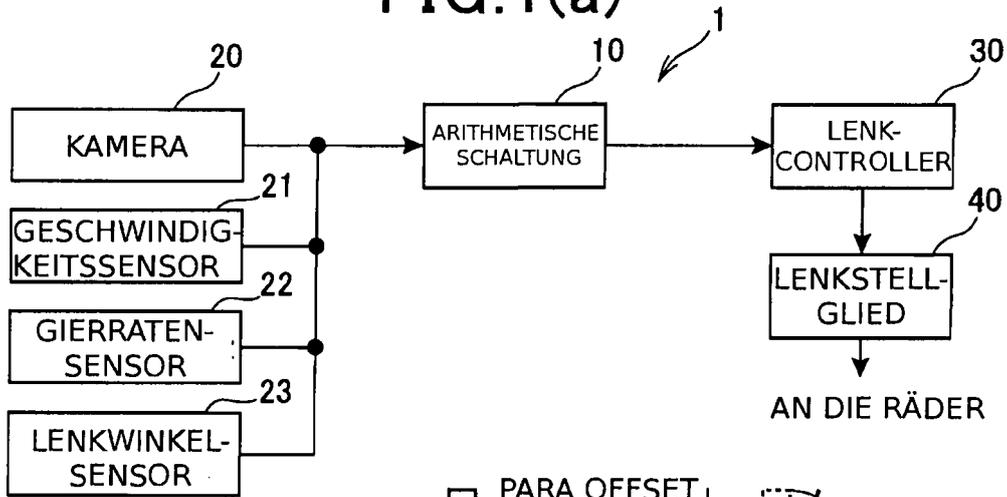


FIG.1(b)

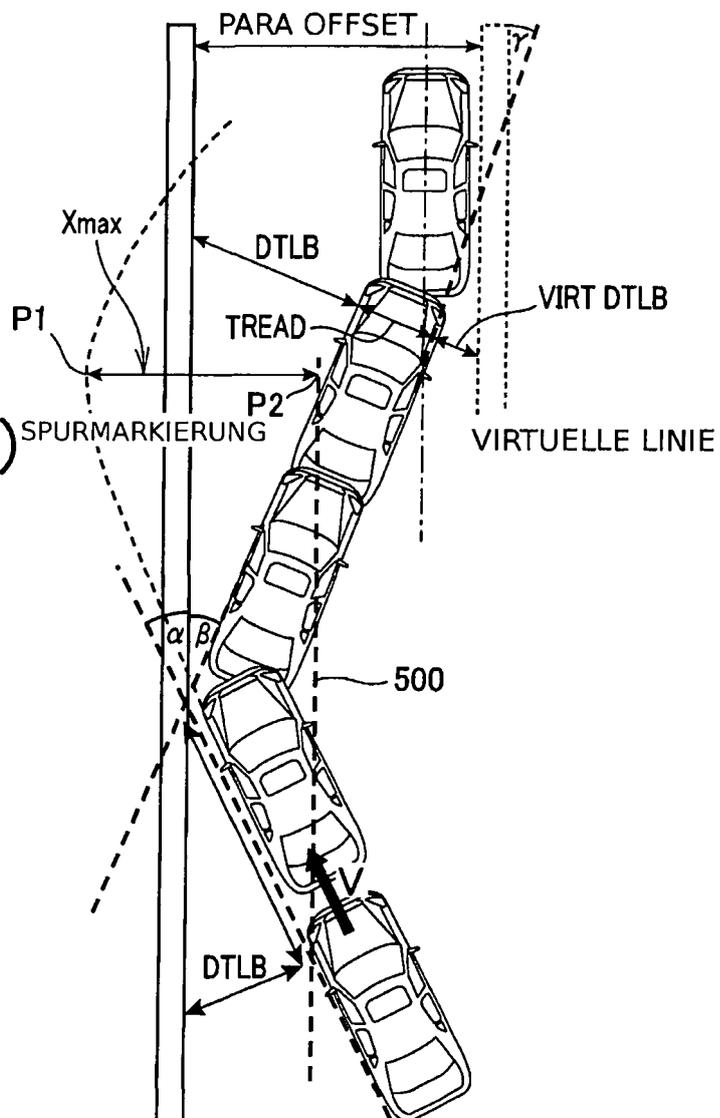


FIG.2

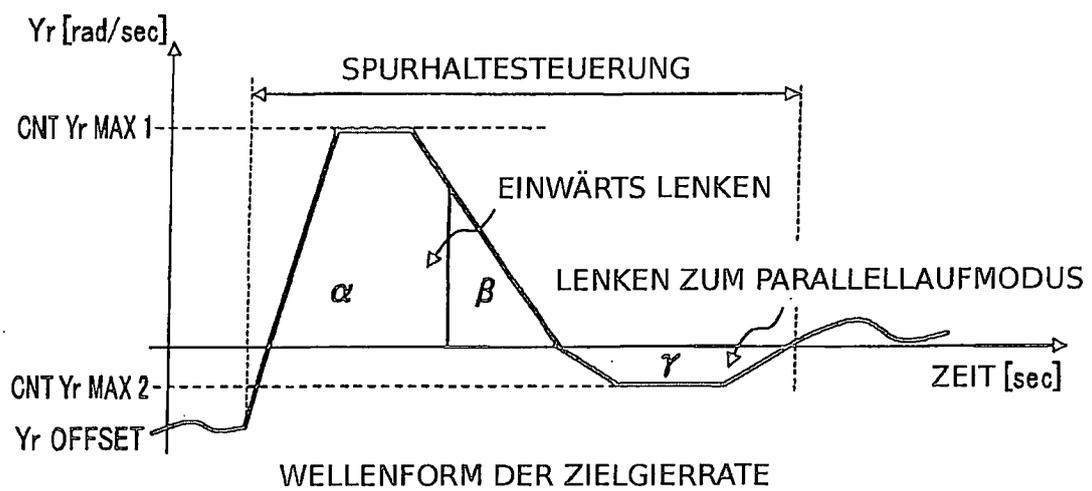
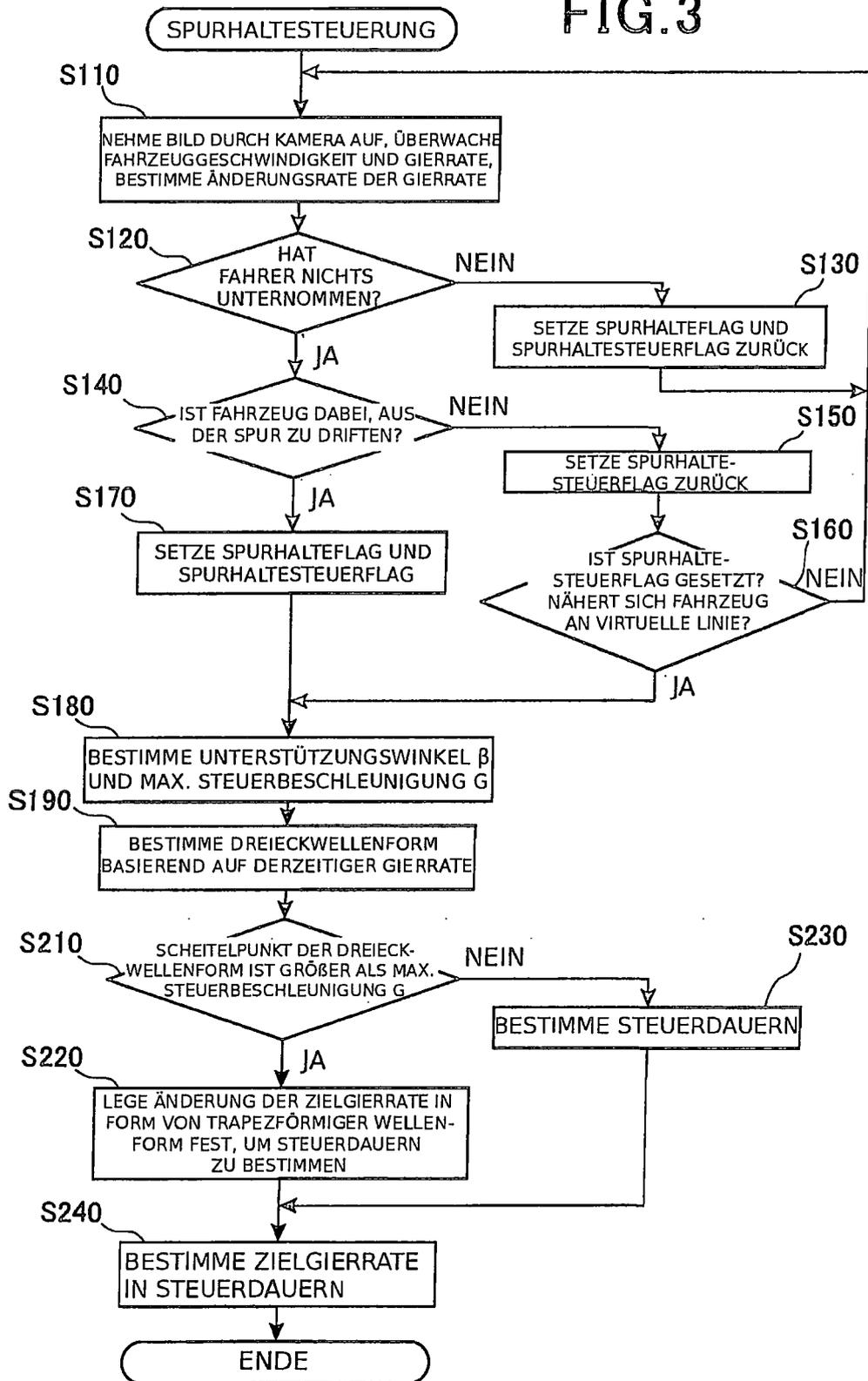


FIG. 3



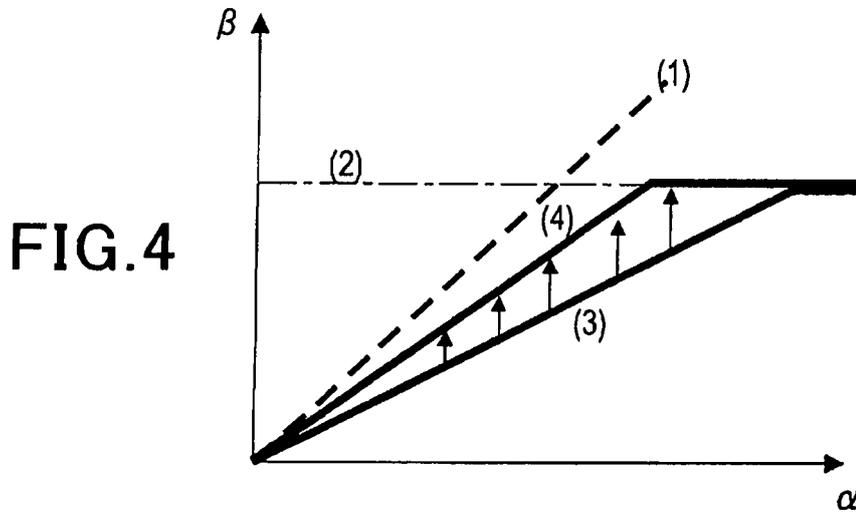


FIG.5(a)

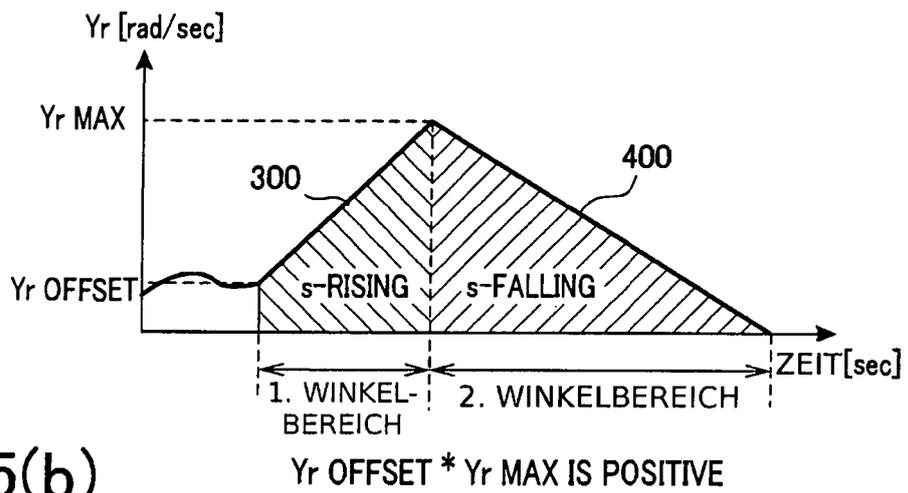


FIG.5(b)

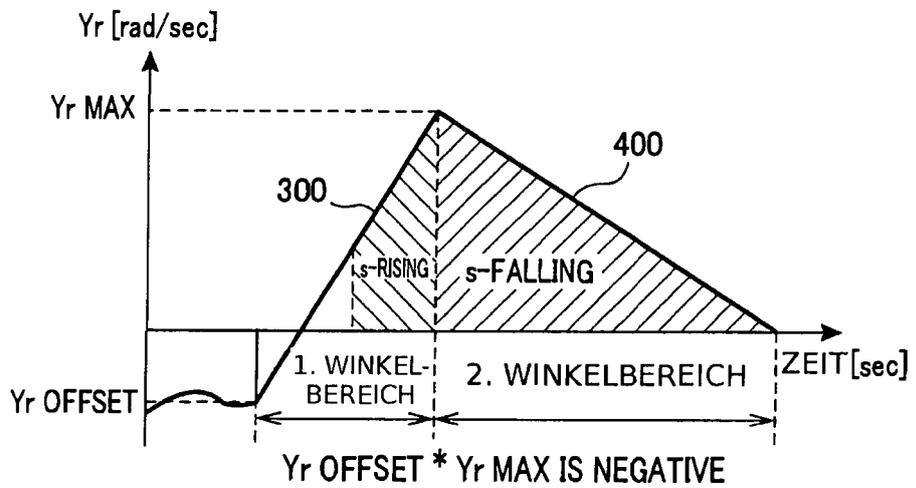


FIG.6

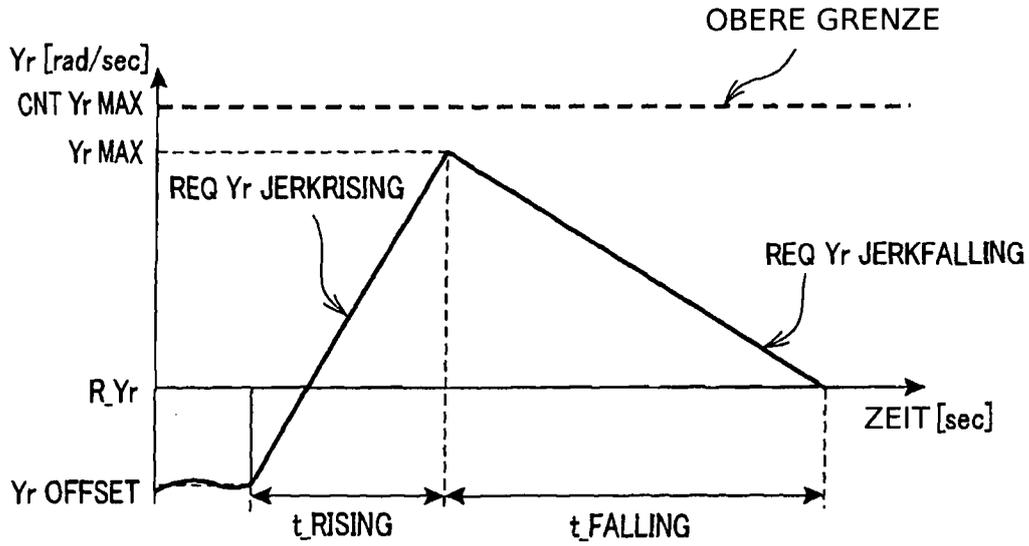


FIG.7

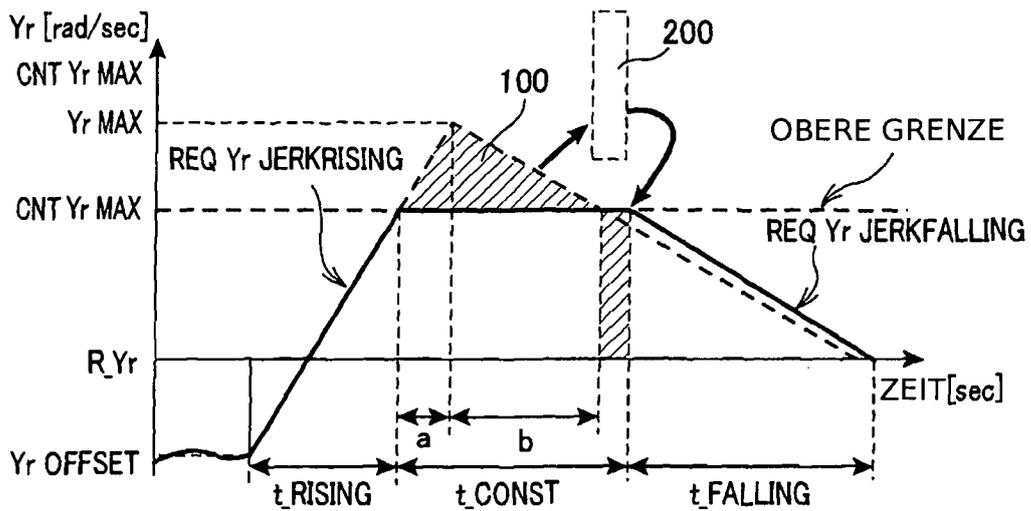


FIG.8

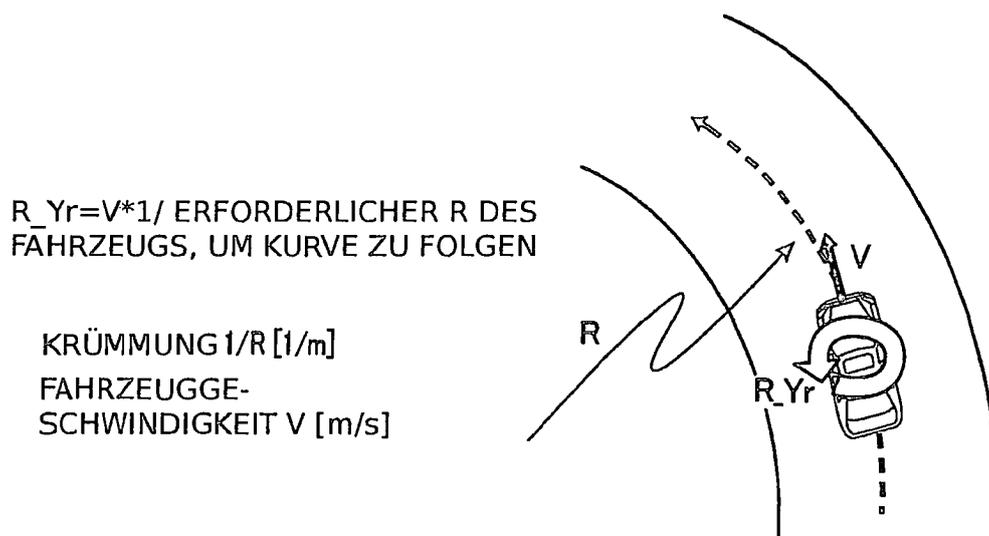


FIG.9

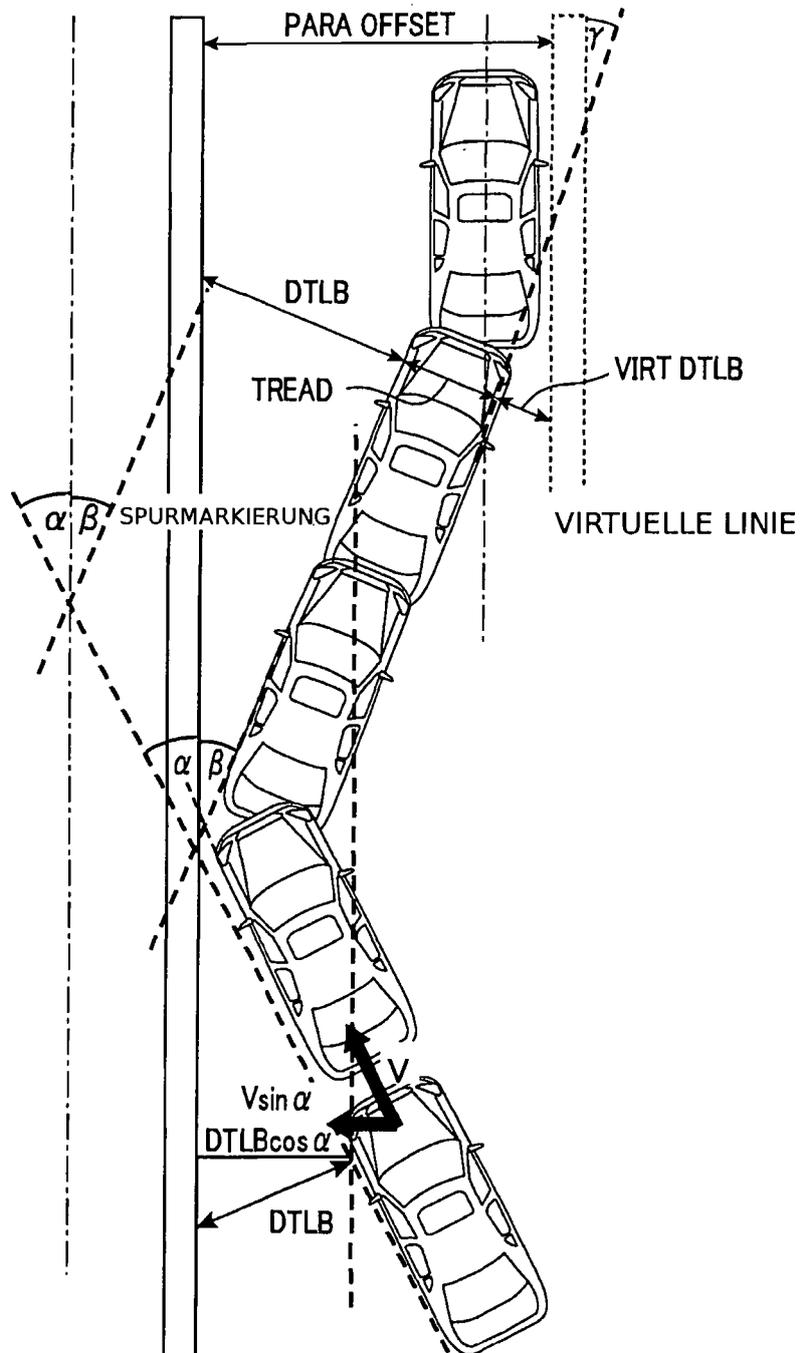


FIG. 10

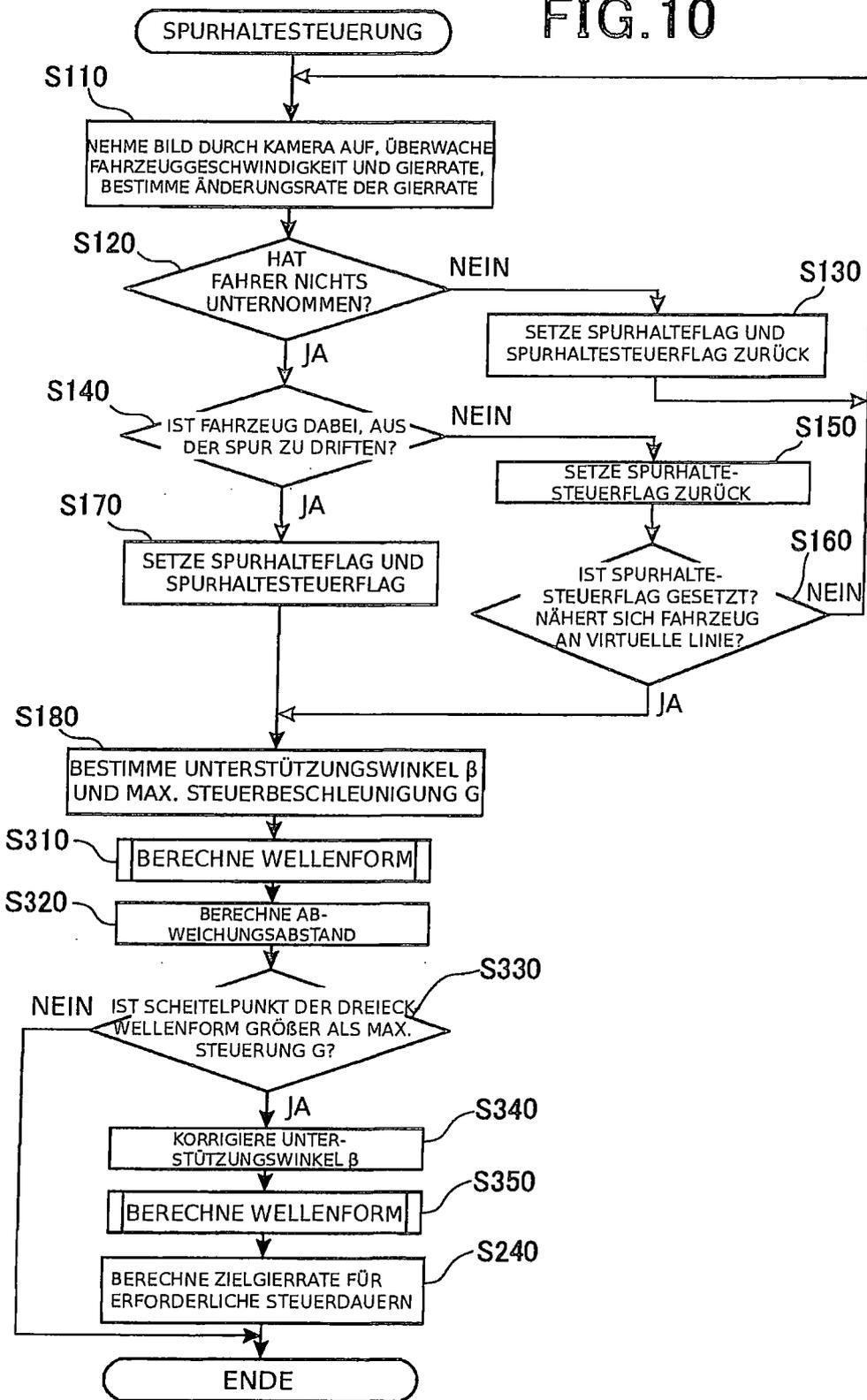


FIG.11(a)

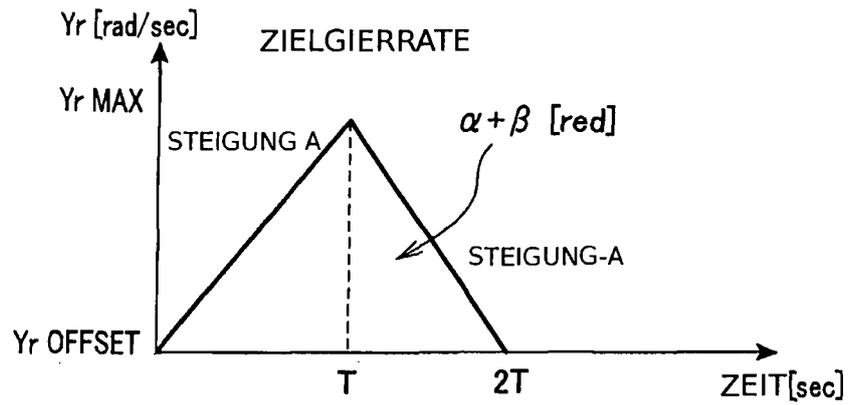


FIG.11(b)

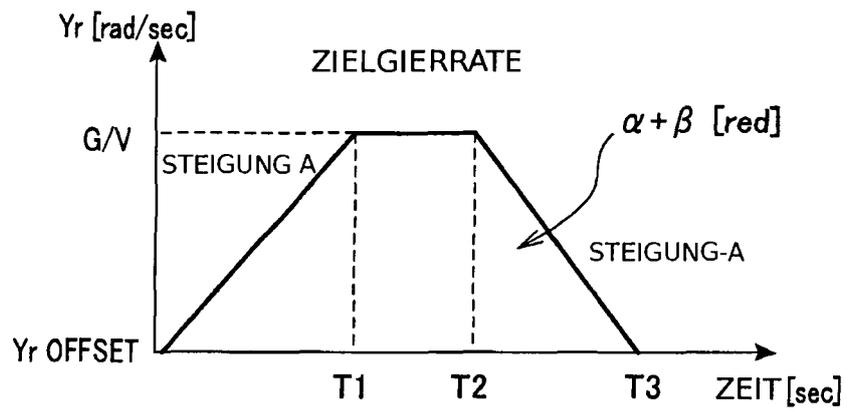


FIG.12(a)

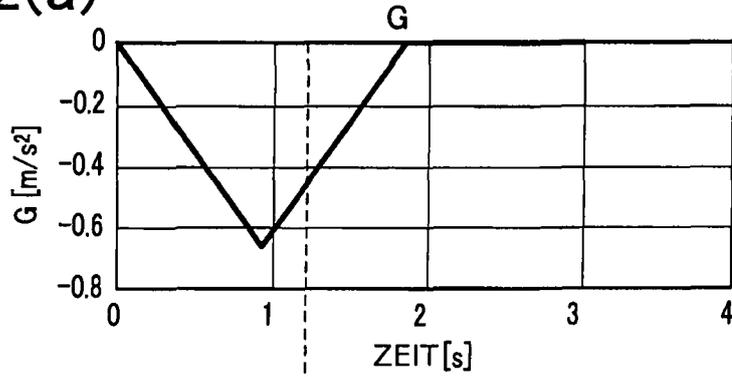


FIG.12(b)

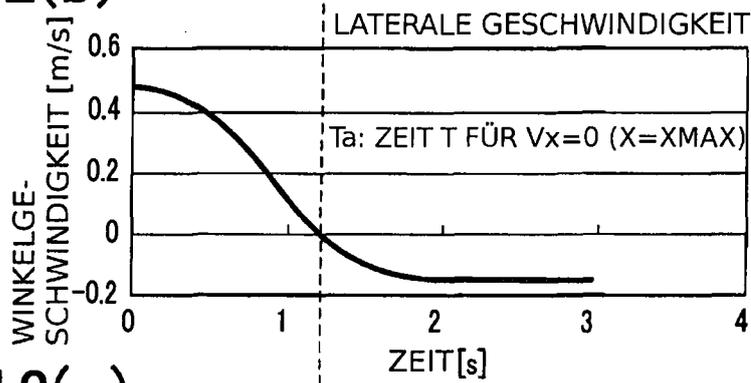
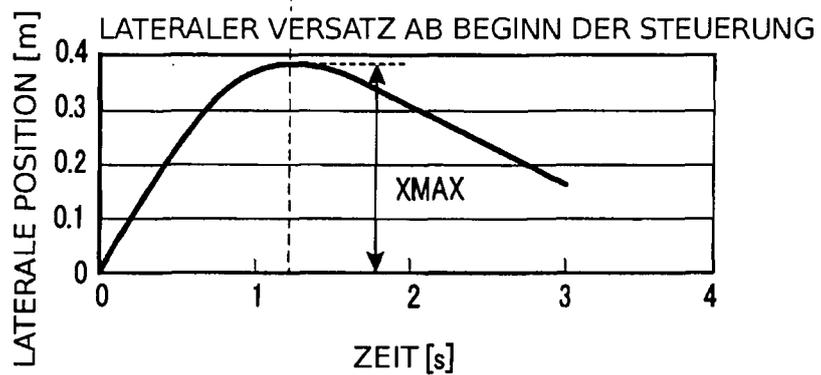


FIG.12(c)



$V = 100$ [km/h], $\alpha = 1$ [deg]