(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 36 920 B4** 2005.11.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **196 36 920.7**
(22) Anmeldetag: **11.09.1996**
(43) Offenlegungstag: **13.03.1997**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **24.11.2005**

(51) Int Cl.[7]: **B60T 8/60**
B62D 6/00

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
7-232784 11.09.1995 JP

(73) Patentinhaber:
Fuji Jukogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

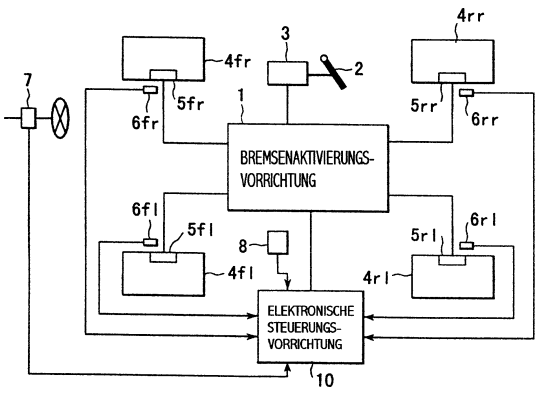
(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(72) Erfinder:
Hiwatashi, Yutaka, Isesaki, Gunma, JP; Matsuno, Koji, Nitta, Gunma, JP; Takahashi, Akira, Ota, Gunma, JP; Matsuura, Munenori, Ota, Gunma, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 41 23 235 C1
DE 39 19 347 C2
DE 1 96 24 198 A1
JP 03-1 12 756 A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Bremskraftsteuerung**

(57) Hauptanspruch: Bremskraftsteuerungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Vorderrad (4_{fl}, 4_{fr}), einem Hinterrad (4_{rl}, 4_{rr}), einem Vorderradzylinder (5_{fl}, 5_{fr}) für das Vorderrad, einem Hinterradzylinder (5_{rl}, 5_{rr}) für das Hinterrad und einer Bremsenaktivierungsvorrichtung (1) zum Zuführen eines Bremsdrucks zum Vorderradzylinder und zum Hinterradzylinder und zum Steuern des Bremsdrucks, einer Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungseinrichtung (11) zum Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit (V) und einer Lenkwinkelerfassungseinrichtung (7, 12) zum Erfassen eines Lenkwinkels (δf), mit:
einer Einrichtung (13) zum Berechnen eines Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors ($G_{\gamma\,\delta f}(0)$), durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit ein Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor berechnet wird;
einer Einrichtung (8) zum Erfassen einer Ist-Giergeschwindigkeit;
einer Einrichtung (14) zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit (γ'), durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor eine Soll-Giergeschwindigkeit berechnet wird;
einer Einrichtung (15) zum Berechnen eines Verstärkungsfaktors ($G_{\gamma\,\delta f}(0)_{Low}$) eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes, durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit ein Verstärkungsfaktor eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechnet wird;
einer Einrichtung (16) zum Berechnen eines...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bremskraftsteuerung für ein Fahrzeug, um Bremskräfte auf Räder derart auszuüben, dass bei Kurvenfahrten stabile und gleichmäßige Kurvenfahreigenschaften erhalten werden.

[0002] Bisher wurden aufgrund eines zunehmenden Interesses bezüglich der Fahrzeugsicherheit zahlreiche Techniken bzw. Verfahren für sicheres Fahrverhalten entwickelt. Darunter sind mehrere vorgeschlagene Technologien, bei denen, wenn ein Fahrzeug Kurven fährt, basierend auf Fahrzeugfahrzustandsdaten eine optimal gesteuerte Bremskraft auf die Räder ausgeübt wird, um eine stabile und gleichmäßige Kurvenfahrt des Fahrzeugs zu erreichen.

Stand der Technik

[0003] In der DE 39 19 347 C2 wird eine Bremskraftsteuerungsvorrichtung und ein -verfahren für ein Fahrzeug mit einem Vorderrad, einem Hinterrad, einem Vorderradzylinder für das Vorderrad, einem Hinterradzylinder für das Hinterrad und einer Bremsenaktivierungsvorrichtung zum Zuführen eines Bremsdrucks zum Vorderradzylinder und zum Hinterradzylinder und zum Steuern des Bremsdrucks beschrieben, mit einer Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungseinrichtung zum Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Lenkwinkelerfassungseinrichtung zum Erfassen eines Lenkwinkels, ferner mit einer Einrichtung zum Erfassen einer Ist-Giergeschwindigkeit und einer Einrichtung zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit, durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Lenkwinkel eine Soll-Giergeschwindigkeit berechnet wird; sowie mit einer Einrichtung zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung, durch die eine Giergeschwindigkeitsabweichung zwischen der Ist-Giergeschwindigkeit und der Soll-Giergeschwindigkeit berechnet wird und einer Einrichtung zum Berechnen einer Soll-Bremskraft, durch die basierend auf der Giergeschwindigkeitsabweichung eine Soll-Bremskraft für das Vorderrad bzw. eine Bremskraft für das Hinterrad berechnet wird.

[0004] Wenn ein Untersteuerungszustand des Fahrzeugs vorliegt, wird eine Bremskraft auf die Innenräder (Räder an der Seite eines Drehzentrums) ausgeübt, um den Untersteuerungszustand zu korrigieren, so dass eine Abweichung der Ist-Giergeschwindigkeit von der Soll-Giergeschwindigkeit minimiert wird, und, wenn ein Übersteuerungszustand des Fahrzeugs vorliegt, wird eine Bremskraft auf die Außenräder (Räder an der entgegengesetzten Seite eines Drehzentrums) ausgeübt, um den Übersteuerungszustand zu korrigieren.

[0005] Herkömmlich wird, um eine unnötige Fahrzeugsteuerung zu vermeiden, wenn die Giergeschwindigkeitsabweichung gering ist, ein Nichtsteuerungsbereich eingestellt, um die Steuerung zu deaktivieren, wenn die Giergeschwindigkeitsabweichung einen vorgegebenen Wert unterschreitet. D. h., wenn die Steuerung bei einer geringen Giergeschwindigkeitsabweichung weiterhin ausgeführt wird, wird die Bremskraftsteuerung für das Fahrzeug auch dann ausgeführt, wenn ein Fahrzeugführer das Fahrzeugverhalten leicht korrigieren kann. Daher kann der Fahrzeugführer ein unangenehmes Gefühl bezüglich des Fahrzeugverhaltens empfinden und in einigen Fällen unsicher sein, wie das Fahrzeug gesteuert werden soll. Außerdem nimmt durch eine häufige Betätigung der Bremsen der Verschleiß der Bremsenkomponenten zu. Daher ist bei herkömmlichen Bremskraftsteuerungssystemen ein Nichtsteuerungsbereich vorgesehen, bei dem die Bremskraftsteuerung deaktiviert ist.

[0006] Das Bremskraftsteuerungssystem, bei dem der Nichtsteuerungsbereich vorgesehen ist, hat jedoch den Nachteil, dass in Abhängigkeit von den Fahrzeugfahrzuständen die Steuerung häufig von einem aktivierten auf einen deaktivierten Zustand umgeschaltet wird und umgekehrt, so dass der Fahrzeugführer bei jedem dieser Umschaltvorgänge das Gefühl einer ungleichmäßigen Steuerungsfunktion empfinden kann. Um dieses Problem zu lösen, sind zusätzlich zum Einrichten eines optimalen Nichtsteuerungsbereichs ein verbessertes Ansprechverhalten und bessere Nachfolgeeigenschaften der Steuerung wesentlich.

[0007] Außerdem ergibt sich bei der vorstehend erwähnten Technologie ein Problem durch eine Steuerungsverzögerung, weil die Steuerung gemäß der erfassten Ist-Giergeschwindigkeit ausgeführt wird. Als Beispiel von Technologien zum Lösen dieses Problems wird in der JP 3-112 756 A ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die Steuerung so ausgeführt wird, daß die basierend auf dem Lenkwinkeländerungsgrad und der Fahrzeuggeschwindigkeit berechnete Änderung der Soll-Giergeschwindigkeit bezüglich der erfaßten Ist-Giergeschwindigkeit abgeglichen wird.

[0008] Weil die Änderung der Ist-Giergeschwindigkeit, die als Differenz zwischen einem Signal einer vorangehenden Ist-Giergeschwindigkeit und einem Signal der aktuellen Ist-Giergeschwindigkeit erfaßt wird, sehr klein ist und durch verschiedenartige Rauschsignale leicht beeinflußt wird, ergibt sich durch eine ausschließlich basierend auf der Änderung der Ist-Giergeschwindigkeit ausgeführte Steuerung ein Problem bezüglich der Zuverlässigkeit des Steuerungssystems.

[0009] Außerdem wird beim Ausüben einer Brems-

kraft auf Räder, wenn das Hinterrad als zu bremsendes Rad bzw. Bremsrad ausgewählt wird, durch den basierend auf den Fahrzeugfahrzuständen und der Giergeschwindigkeitsabweichung berechneten Bremskraftwert eine stabile Bremsenbetätigung bezüglich des Hinterrades gewährleistet, wenn das Fahrzeug auf einer Straße mit einer Oberfläche mit hohem Reibungskoeffizienten fährt, wobei jedoch auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten eine Wahrscheinlichkeit besteht, daß daß die Stabilität des Fahrzeugs abnimmt, weil die Hinterräder abdriften bzw. abgleiten oder rutschen. Außerdem wird beim Berechnen der auf das Hinterrad auszuübenden Bremskraft, wenn diese Bremskraft gemäß einem Verstärkungsfaktor, der dem zum Berechnen der Bremskraft für das Vorderrad verwendeten Verstärkungsfaktor gleich ist, berechnet und auf das Hinterrad ausgeübt wird, ein Kopf- oder Frontdrehmoment des Fahrzeugs so groß, daß der Fahrzeugführer ein unangenehmes Gefühl bezüglich das Fahrzeugverhaltens empfinden kann.

[0010] Die nicht vorveröffentlichte DE 196 24 198 A1 zeigt eine Bremskraftsteuervorrichtung für ein Kraftfahrzeug mit einem Giergeschwindigkeitssensor, einem Abschnitt zur Detektion der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Lenkwinkels für eine Berechnung einer Sollgiergeschwindigkeit, einen Abschnitt zur Berechnung der Differenz zwischen der Istgiergeschwindigkeit vom Sensor und der Sollgiergeschwindigkeit und einen Abschnitt zur Selektion eines hinteren Innenrads als Bremsrad, wenn das Vorzeichen der Istgiergeschwindigkeit sich vom Vorzeichen dieser Differenz unterscheidet, und zur Selektion eines vorderen Außenrads als Bremsrad, wenn das Vorzeichen der Istgiergeschwindigkeit mit demjenigen dieser Differenz übereinstimmt, wobei daher im Fall einer Untersteuerungstendenz des Fahrzeugs das hintere Innenrad ausgewählt wird und bei einer Übersteuerungstendenz des Fahrzeugs das vordere Außenrad. Nachteilig ist hierbei insbesondere, daß lediglich ein Berechnungsschritt zur Ermittlung der Soll-Bremskraft vorgesehen ist, wodurch ungenaue oder ungeeignete Bremskräfte oder Bremskraftverteilungen bewirkt werden können.

[0011] DE 41 23 235 C1 betrifft ein Verfahren zur Verhinderung von Instabilitäten des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs, bei dem aus der gemessenen Fahrzeuggeschwindigkeit und dem gemessenen Lenkradwinkel ein Sollwert der Gierwinkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs gebildet wird. Ferner wird aus wenigstens einem Sensorsignal der Istwert der Gierwinkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs gebildet, wobei die Differenz des Sollwerts der Gierwinkelgeschwindigkeit und des Istwerts der Gierwinkelgeschwindigkeit gebildet wird, indem vom Sollwert der Istwert subtrahiert wird und aus dieser Differenz in einer Recheneinheit wenigstens ein von dieser auszugebendes Ausgangssignal generiert wird, das die detektierte Fahrsituation bzgl. des Gierverhaltens des Fahrzeugs repräsentiert. In Abhängigkeit dieses Ausgangssignals wird eine Variation des Bremsdruckes einzelner Räder des Fahrzeugs bewirkt, wobei die zeitliche Ableitung der Differenz gebildet wird und in der Recheneinheit das Ausgangssignal in Abhängigkeit dieser zeitlichen Abhängigkeit generiert wird. Das Ausgangssignal enthält eine Information darüber, ob das Fahrzeug ein untersteuerndes oder ein übersteuerndes Fahrverhalten aufweist, wobei bei einem übersteuernden Fahrverhalten bei dem kurvenäußeren Vorderrad des Fahrzeugs der Bremsdruck erhöht wird und bei einem untersteuernden Fahrverhalten bei dem kurveninneren Hinterrad des Fahrzeugs der Bremsdruck erhöht wird.

Aufgabenstellung

[0012] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die vorstehenden Nachteile der bekannten Bremskraftsteuerungsvorrichtung und des bekannten Bremskraftsteuerungsverfahrens zu beseitigen und eine Bremskraftsteuerungsvorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, durch die das Fahrzeug mit einem natürlichen Verhalten gesteuert werden kann, um die Fahrzeugfahrstabilität zu gewährleisten. Diese Aufgabe wird durch einen Gegenstand mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Ausführungsbeispiel

[0013] Nachstehend werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben; es zeigen:

[0014] Fig. 1 ein Blockdiagramm zum Darstellen einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bremskraftsteuerungssystems für ein Fahrzeug;

[0015] Fig. 2 ein schematisches Diagramm zum Darstellen des Aufbaus eines erfindungsgemäßen Bremskraftsteuerungssystems;

[0016] Fig. 3 eine erläuternde Ansicht zum Darstellen von Beispielen des Fahrverhaltens eines mit einem erfindungsgemäßen Bremssteuerungssystem ausgerüsteten Fahrzeugs;

[0017] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm einer erfindungsgemäßen Bremskraftsteuerung;

[0018] Fig. 5 eine Fortsetzung des Ablaufdiagramms von Fig. 4;

[0019] Fig. 6 ein Zeitdiagramm für ein erfindungsgemäßes Bremskraftsteuerungssystem;

[0020] Fig. 7a ein schematisches Diagramm zum

Darstellen eines Beispiels eines ersten und eines zweiten Schwellenwertes, die sich in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit ändern;

[0021] Fig. 7b ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Beispiels eines sich gemäß der Fahrzeuggeschwindigkeit ändernden ersten Schwellenwertes und eines bezüglich der Fahrzeuggeschwindigkeit konstanten zweiten Schwellenwertes; und

[0022] Fig. 7c ein schematisches Diagramm zum Darstellen eines Beispiels eines bezüglich der Fahrzeuggeschwindigkeit konstanten ersten Schwellenwertes und eines sich gemäß der Fahrzeuggeschwindigkeit ändernden zweiten Schwellenwertes.

[0023] In Fig. 2 bezeichnen das Bezugszeichen **1** eine Bremsenaktivierungsvorrichtung, mit der ein durch einen Fahrzeugführer betätigtes Bremspedal **2** und ein Druckzylinder **3** verbunden sind. Wenn der Fahrzeugführer das Bremspedal **2** betätigt, wird vom Druckzylinder **3** jedem Radzylinder, d.h. $\mathbf{5}_{fl}$ für das linke Vorderrad, $\mathbf{5}_{fr}$ für das rechte Vorderrad, $\mathbf{5}_{rl}$ für das linke Hinterrad und $\mathbf{5}_{rr}$ für das rechte Hinterrad, über die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** Bremsdruck zugeführt, um die Bremsen der vier Räder, d.h. des linken Vorderrades $\mathbf{4}_{fl}$, des rechten Vorderrades $\mathbf{4}_{fr}$, des linken Hinterrades $\mathbf{4}_{rl}$ und des rechten Hinterrades $\mathbf{4}_{rr}$, zu betätigen.

[0024] Die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** ist eine Hydraulikeinheit mit einer Druckquelle, Druckminderungsventilen, Druckerhöhungsventilen und ähnlichen Einrichtungen zum unabhängigen Zuführen von Bremsdruck zu jedem der Radzylinder $\mathbf{5}_{fl}$, $\mathbf{5}_{fr}$, $\mathbf{5}_{rl}$, $\mathbf{5}_{rr}$ gemäß Eingangssignalen.

[0025] Die Radgeschwindigkeiten der vier Räder werden für jedes der vier Räder $\mathbf{4}_{fl}$, $\mathbf{4}_{fr}$, $\mathbf{4}_{rl}$, $\mathbf{4}_{rr}$ durch Radgeschwindigkeitssensoren $\mathbf{6}_{fl}$ für das linke Vorderrrad, $\mathbf{6}_{fr}$ für das rechte Vorderrad, $\mathbf{6}_{rl}$ für das linke Hinterrad und $\mathbf{6}_{rr}$ für das rechte Hinterrad unabhängig erfaßt. Außerdem ist im Lenkradabschnitt ein Lenkradwinkelsensor **7** zum Erfassen des Drehwinkels des Lenkrades angeordnet.

[0026] Das Bezugszeichen **10** bezeichnet eine elektronische Steuerungsvorrichtung, die aus einem Microcomputer und seinen Peripherieschaltungen gebildet wird, mit denen die Radgeschwindigkeitssensoren $\mathbf{6}_{fl}$, $\mathbf{6}_{fr}$, $\mathbf{6}_{rl}$ und $\mathbf{6}_{rr}$, der Lenkradwinkelsensor **7** und ein Giergeschwindigkeitssensor **8** verbunden sind, der aus Beschleunigungssensoren zum Erfassen einer Ist-Giergeschwindigkeit besteht, und von der ein Steuersignal an die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** ausgegeben wird. Das Signal vom Giergeschwindigkeitssensor **8** wird der elektronischen Steuerungsvorrichtung **10** über ein Tiefpaßfilter von beispielsweise 7 Hz zugeführt.

[0027] Wie in Fig. 1 dargestellt, weist die elektronische Steuerungsvorrichtung **10** auf: einen Abschnitt **11** zum Berechnen der Fahrzeuggeschwindigkeit, einen Abschnitt **12** zum Berechnen des Lenkwinkels, einen Abschnitt **13** zum Berechnen eines Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors, einen Abschnitt **14** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeit, einen Abschnitt **15** zum Berechnen eines Verstärkungsfaktors des Giergeschwindigkeitsschätzwertes, einen Abschnitt **16** zum Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes, einen Abschnitt **17** zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz, einen Abschnitt **18** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz, einen Abschnitt **19** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung, einen Abschnitt **20** zum Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft, einen Abschnitt **21** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung, einen Abschnitt **22** zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft, einen Abschnitt **23** zum Berechnen einer End-So11-Bremskraft, einen Abschnitt **24** zum Bestimmen eines Bremsrades, einen Abschnitt **25** zum Festlegen eines Ausgangswertes und einen Bremssignalausgabeabschnitt **26**. (Der Begriff "Abschnitt" ist als gleichbedeutend mit dem Begriff "Einrichtung" zu betrachten.)

[0028] Durch den Abschnitt **11** zum Berechnen der Fahrzeuggeschwindigkeit wird eine Fahrzeuggeschwindigkeit V basierend auf Radgeschwindigkeiten ω_1, ω_2, ω_3, ω_4 berechnet, die von den Radgeschwindigkeitssensoren $\mathbf{6}_{fl}$, $\mathbf{6}_{fr}$, $\mathbf{6}_{rl}$ bzw. $\mathbf{6}_{rr}$ gemäß einer vorgegebenen Forme erhalten werden (wobei beispielsweise ein Mittelwert der Geschwindigkeitssignale von den Radgeschwindigkeitssensoren $\mathbf{6}_{fl}$, $\mathbf{6}_{fr}$, $\mathbf{6}_{rl}$ bzw. $\mathbf{6}_{rr}$ gebildet wird), und die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V an den Abschnitt **13** zum Berechnen des Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors, den Abschnitt **15** zum Berechnen des Verstärkungsfaktors des Giergeschwindigkeitsschätzwertes und den Abschnitt **22** zum Berechnen der zweiten Soll-Bremskraft ausgegeben.

[0029] Außerdem berechnet der Abschnitt **12** zum Berechnen des Lenkwinkels einen Ist-Lenkwinkel δf (θ/N) durch Teilen eines vom Lenkwinkelsensor **7** erhaltenen Lenkwinkels θ durch ein Lenkgetriebeübersetzungsverhältnis N und gibt den Ist-Lenkwinkel δf an den Abschnitt **14** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeit, den Abschnitt **16** zum Berechnen des Giergeschwindigkeitsschätzwertes und den Abschnitt **22** zum Berechnen der zweiten Soll-Bremskraft aus.

[0030] Außerdem berechnet der Abschnitt **13** zum Berechnen des Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors einen Giergeschwindigkeitswert (einen Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor $G_{\gamma\,\delta f}(0)$) bezüglich des Ist-Lenkwinkels δf, wenn das Fahrzeug eine feste Kreiskurve fährt, und gibt den berech-

neten Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)$ an den Abschnitt **14** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeit und den Abschnitt **22** zum Berechnen der zweiten Bremskraft aus. Der Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)$ wird gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$G_{\gamma\ \delta f}(0) = [1/(1 + A_0 \cdot V^2)] \cdot V/L \quad (1)$$

wobei L eine Radbasis des Fahrzeugs und A_0 ein gemäß den Fahrzeugspezifikationen vorgegebener Stabilitätsfaktor ist. Außerdem wird der Stabilitätsfaktor gemäß der folgenden Gleichung erhalten:

$$A_0 = [-m \cdot (L_f \cdot CP_f - L_r \cdot CP_r)]/(2 \cdot L^2 \cdot CP_f \cdot CP_r) \quad (2)$$

wobei m das Fahrzeuggewicht, L_f der Abstand zwischen der Vorderachse und dem Schwerpunkt, L_r der Abstand zwischen der Hinterachse und dem Schwerpunkt, CP_f die vordere Seitenstabilität bzw. Seitenführungskraft und CP_f die hintere Seitenstabilität bzw. Seitenführungskraft bezeichnen.

[0031] Der Abschnitt **14** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeit berechnet eine Soll-Giergeschwindigkeit γ' unter Berücksichtigung einer Ansprechverzögerung basierend auf dem Ist-Lenkwinkel δf, der vom Abschnitt **12** zum Berechnen des Lenkwinkels erhalten wird, und des Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors $G_{\gamma\ \delta f}(0)$, der vom Abschnitt **13** zum Berechnen des Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors erhalten wird, und gibt die berechnete Soll-Giergeschwindigkeit γ' an den Abschnitt **17** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz und den Abschnitt **21** zum Berechnen der Giergeschwindigkeitsabweichung aus. Die Soll-Giergeschwindigkeit γ' wird gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$\gamma' = [1/(1 + T \cdot s)] \cdot G_{\gamma\ \delta f}(0) \cdot \delta f \quad (3)$$

wobei T eine Zeitkonstante und s einen Laplace-Operator bezeichnen. Gleichung (3) ist eine Formel, bei der die Ansprechverzögerung des Fahrzeugs in zweiter Ordnung derjenigen in erster Ordnung angenähert ist. Die Zeitkonstante T wird gemäß der folgenden Gleichung erhalten:

$$T = m \cdot L_f \cdot V/(2 \cdot L \cdot CP_r) \quad (4)$$

[0032] Der Abschnitt **15** zum Berechnen des Verstärkungsfaktors des Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechnet einen Giergeschwindigkeitswert (Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes) bezüglich eines Ist-Lenkwinkels δf, wenn das Fahrzeug entlang eines festen Kreises auf einer Straße mit niedrigem Reibungskoeffizienten fährt, und gibt den berechneten Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes an den Abschnitt **16** zum Berechnen des Verstärkungsfaktors des Giergeschwindigkeitsschätzwertes aus. Der Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes wird gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low} = 1/(1 + A_{0\ Low} \cdot V^2) \cdot V/L \quad (5)$$

wobei $A_{0\ Low}$ ein durch die Fahrzeugspezifikationen vorgegebener Stabilitätsfaktor ist, wenn das Fahrzeug auf einer Straße mit geringem Reibungskoeffizienten fährt. Der Stabilitätsfaktor $_{A0\ Low}$, wenn das Fahrzeug auf einer Straße mit geringem Reibungskoeffizienten fährt, wird gemäß der folgenden Gleichung erhalten:

$$A_{0\ Low} = [-m \cdot (L_f \cdot CP_{f\ Low} - L_r \cdot CP_{r\ Low})]\ /(2 \cdot L^2 \cdot CP_{f\ Low} \cdot CP_{r\ Low}) \quad (6)$$

[0033] Außerdem berechnet der Abschnitt **16** zum Berechnen des Giergeschwindigkeitsschätzwertes einen Giergeschwindigkeitsschätzwert γ'_{Low} auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten unter Berücksichtigung einer Ansprechverzögerung des Fahrzeugs basierend auf dem vom Abschnitt **12** zum Berechnen des Lenkwinkels erhaltenen Ist-Lenkwinkel δf und dem Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes und gibt den Giergeschwindigkeitsschätzwert γ'_{Low} auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten an den Abschnitt **18** zum Berechnen der Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz aus.

[0034] Der Giergeschwindigkeitsschätzwert γ'_{Low} wird gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$\gamma'_{Low} = 1/(1 + T_{low} \cdot s) \cdot G_{\gamma\ \delta f}(0)_{Low} \cdot \delta f \quad (7)$$

wobei T_{Low} eine Zeitkonstante ist. Bei der vorstehenden Gleichung (7) ist eine in zweiter Ordnung dargestellte Ansprechverzögerung an die erste Ordnung angenähert. Die Zeitverzögerung T_{Low} wird beispielsweise gemäß der folgenden Gleichung erhalten:

$$T_{low} = m \cdot L_f \cdot V/2 \cdot L \cdot CP_{r\ Low} \quad (8)$$

[0035] Der Abschnitt **17** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz berechnet einen Differenzwert Sγ' (Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenzwert) der im Abschnitt **14** zum Berechnen der Soll-Giergeschwindigkeit berechneten Soll-Giergeschwindigkeit γ', und der Abschnitt **18** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz berechnet einen Differenzwert $S\gamma'_{Low}$ (Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz) des durch den Abschnitt **16** zum Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechneten Giergeschwindigkeitsschätzwertes γ'_{Low}.

[0036] Der im Abschnitt **17** zum Berechnen einer

Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz berechnete Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenzwert Sγ' und der im Abschnitt **18** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz berechnete Differenzwert $S\gamma'_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes werden dem Abschnitt **19** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung zugeführt, in dem eine Abweichung dΔγ des Differenzwertes $S\gamma'_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes vom Differenzwert Sγ' der Soll-Giergeschwindigkeit gemäß der folgenden Gleichung berechnet wird:

$$d\Delta\gamma = S\gamma'_{Low} - S\gamma' \quad (9)$$

[0037] Außerdem berechnet der Abschnitt **20** zum Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft, dem die Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung dΔγ vom Abschnitt **19** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung zugeführt wird, eine Bremskraft der Vorder- bzw. der Hinterräder (erster Vorderrad-Sollbremsdruck $BF1_f$ und erster Hinterrad-Sollbremsdruck $BF1_r$) und gibt den ersten Vorderrad-Sollbremsdruckwert $BF1_f$ und den ersten Hinterrad-Sollbremsdruckwert $BF1_r$ an den Abschnitt **23** zum Berechnen der End-Sollbremskraft aus. Die ersten Sollbremsdruckwerte $BF1_f$ und $BF1_r$ werden gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$BF1_f = G_1 \cdot d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_f/2) \quad (10)$$

$$BF1_r = G_1 \cdot G_2 \cdot d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_r/2) \quad (11)$$

wobei G_1 ein Verstärkungsfaktor (z.B. mit dem Wert 0.05) und G_2 ebenfalls ein Verstärkungsfaktor (z.B. mit dem Wert 0.15) sind, I_Z ein Gier-Trägheitsmoment des Fahrzeugs, d_f und d_r den vorderen bzw. den hinteren Laufflächenquerabstand bezeichnen. In Gleichung (10) bezeichnet G_1 einen ersten großen Verstärkungsfaktor, und $d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_f/2)$ bezeichnet eine erste theoretische Bremskraft für das Vorderrad. Ferner bezeichnet in Gleichung (11) der Ausdruck $G_1 \cdot G_2$ einen ersten kleinen Verstärkungsfaktor, und $d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_r/2)$ bezeichnet eine erste theoretische Bremskraft für das Hinterrad. Der Verstärkungsfaktor für das Hinterrades ist klein, um ein seitliches Abdriften bzw. Rutschen oder Gleiten des Hinterrades auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten zu verhindern und ein unsicheres Gefühl für den Fahrzeugführer zu vermeiden, wenn die Fahrzeugfrontseite sich übermäßig dreht.

[0038] Daher sind der erste Soll-Bremsdruck $BF1_f$ und $BF1_r$ Werte, die unter der Voraussetzung erhalten werden, daß das Fahrzeug auf einer Straße mit geringem Reibungskoeffizienten fährt. Der Grund, warum vorausgesetzt wird, daß das Fahrzeug auf einer Straße mit geringem Reibungskoeffizienten fährt, ist, daß die Bremskraftsteuerung am ehesten erforderlich ist, wenn das Fahrzeug auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten fährt. Die bei den vorstehenden Gleichungen verwendeten Verstärkungsfaktoren sind basierend auf experimentellen Daten oder bekannten theoretischen Berechnungen vorgegeben.

[0039] Der Abschnitt **21** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung bestimmt die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ durch Subtrahieren der durch den Abschnitt **14** zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit berechneten Soll-Giergeschwindigkeit γ' von der durch den Giergeschwindigkeitssensor **8** erfaßten Ist-Giergeschwindigkeit γ ($\Delta\gamma = \gamma - \gamma'$) und gibt diese Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ an den Abschnitt **22** zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft, den Abschnitt **24** zum Bestimmen des Bremsrades und den Abschnitt **25** zum Bestimmen des Ausgangssignals aus.

[0040] Der Abschnitt **22** zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft berechnet eine Soll-Bremskraft des Vorder- bzw. des Hinterrades (zweiter Vorderrad-Sollbremsdruck $BF2_f$ und zweiter Hinterrad-Soll-Bremsdruck $BF2_r$) basierend auf dem Fahrzeugfahrzustand und der Giergeschwindigkeitsabweichung und gibt die berechneten zweiten Soll-Bremsdrücke $BF2_f$ und $BF2_r$ an den Abschnitt **23** zum Berechnen der End-Soll-Bremskraft aus. Die zweiten Soll-Bremsdrücke $BF2_f$ und $BF2_r$ werden gemäß den folgenden Gleichungen berechnet:

$$BF2_f = G_3 \cdot (\Delta A \cdot 4 \cdot L^2 \cdot CP_f \cdot CP_r \cdot V)/[(CP_f + CP_r)/d_f] \cdot \gamma \quad (12)$$

$$BF2_r = G_3 \cdot G_4 \cdot (\Delta A \cdot 4 \cdot L^2 \cdot CP_f \cdot CP_r \cdot V)/[(CP_f + CP_r)/d_r] \cdot \gamma \quad (13)$$

wobei G_3 ein Verstärkungsfaktor (beispielsweise mit dem Wert 8.0) und G_4 ebenfalls ein Verstärkungsfaktor (beispielsweise mit dem Wert 0.15) bezeichnen. Außerdem wird ΔA gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta A = [\delta f/ G_{\gamma\,\delta f}(0) \cdot \delta f + \Delta\gamma) - 1/G_{\gamma\,\delta f}(0)]/L \cdot V \quad (14)$$

[0041] Die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ in Gleichung (14) kann bezüglich eines Seitengleit- oder -driftwinkels β korrigiert werden (Winkel zwischen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs und der Längsrichtung des Fahrzeugs).

[0042] Die vorstehenden Verstärkungsfaktoren G_3 und G_4 werden aus dem gleichen Grund festgelegt wie die Faktoren G_1 und G_2. In Gleichung (12) ist G_3 ein zweiter großer Verstärkungsfaktor, und der übrige Anteil der Gleichung bezeichnet eine zweite theoretische Vorderrad-Bremskraft. Außerdem bezeichnet in Gleichung (13) der Ausdruck $G_3 \cdot G_4$ einen zweiten kleinen Verstärkungsfaktor, und der übrige Anteil der Gleichung bezeichnet eine zweite theoretische Hinterrad-Bremskraft. Aufgrund dieses kleinen Verstärkungsfaktors ist die auf das Hinterrad ausgeübte

Bremskraft auf einen relativ geringen Wert begrenzt. D.h., Die auf das Hinterrad ausgeübte Bremskraft wird durch eine Feineinstellung der Verstärkungsfaktoren G_1, G_2, G_3 und G_4 festgelegt, wodurch ein geeignetes Fahrverhalten und eine gute Fahrstabilität des Fahrzeugs erhalten werden können.

[0043] Der Abschnitt **23** zum Berechnen der End-Soll-Bremskraft berechnet die End-Soll-Bremskräfte (End-Soll-Bremsdrücke) BF_f und BF_r durch Addieren der ersten Bremsdrücke $BF1_f$ und $BF1_r$ zu den zweiten Bremsdrücken $BF2_f$ und $BF2_r$ gemäß den folgenden Gleichungen:

$$BF_f = BF1_f + BF2_f \quad (15)$$

$$BF_r = BF1_r + BF2_r \quad (16)$$

[0044] Gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann, weil der Steuerungszustand des Systems gemäß der Vorraussetzung eines Fahrzustands auf einer Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizient korrigiert wird, die Verzögerungszeit der Steuerung minimiert werden, so daß das Ansprechverhalten und die Nachfolgeeigenschaften des Systems wesentlich verbessert werden können. Außerdem kann, weil der Soll-Bremsdruck gemäß vorgegebenen Daten des Fahrzeugmodells ohne Verwendung eines Ist-Giergeschwindigkeitssignals erhalten wird, der Bremsdruck mit hoher Genauigkeit festgelegt werden.

[0045] Durch den Abschnitt **24** zum Bestimmen des Bremsrades wird ein Bremsrad (ein Rad, dessen Bremse betätigt wird) gemäß der Kombination des Vorzeichens der Ist-Giergeschwindigkeit γ und des Vorzeichens der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ ausgewählt.

[0046] Bezüglich des Vorzeichens der Ist- und die Soll-Giergeschwindigkeit γ, γ' gilt, ein positives Vorzeichen wird zugewiesen, wenn das Fahrzeug sich nach links dreht, und ein negatives Vorzeichen wird zugewiesen, wenn das Fahrzeug sich nach rechts dreht. Wie in **Fig. 3** dargestellt, wird das Bremsrad folgendermaßen ausgewählt:
Fall 1: Die Bremse des linken Hinterrades wird betätigt, wenn $\gamma > \varepsilon$ und $\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$ sind, d.h., das Fahrzeug dreht sich nach rechts und neigt zur Untersteuerung bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ';
Fall 2: Die Bremse des rechten Vorderrades wird betätigt, wenn $\gamma > \varepsilon$ und $\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$ sind, d.h., das Fahrzeug dreht sich nach links und neigt zur Übersteuerung bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ';
Fall 3: Die Bremse des linken Vorderrades wird betätigt, wenn $\gamma < \varepsilon$ und $\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$ sind, d.h., das Fahrzeug dreht sich nach rechts und neigt zur Übersteuerung bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ';
Fall 4: Die Bremse des rechten Hinterrades wird betätigt, wenn $\gamma < \varepsilon$ und $\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$ sind, d.h., das Fahrzeug dreht sich nach rechts und neigt zur Untersteuerung bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ';
Fall 5: Keine Bremse wird betätigt, wenn $|\gamma| < |\varepsilon|$ gilt, d.h. das Fahrzeug etwa auf einen Geradeausfahrtzustand eingestellt ist, oder $|\Delta\gamma| \leq |\varepsilon\ \Delta\gamma|$ gilt, d.h. das Fahrzeug ungefähr auf einen Neutralsteuerungszustand eingestellt ist; wobei ε und εΔγ positive Werte sind, die etwa gleich Null betragen und durch Experimente oder Berechnungen vorgegeben sind.

[0047] Außer für Fall 5, bei dem festgestellt wird, daß das Fahrzeug geradeaus fährt oder auf eine Neutralsteuerungszustand eingestellt ist, wird, wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ verschieden ist von demjenigen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ, das innere Hinterrad als Bremsrad ausgewählt, und wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ das gleiche ist wie dasjenige der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ, das äußere Vorderrad als Bremsrad ausgewählt. Das Signal des ausgewählten Rades wird vom Abschnitt **24** zum Bestimmen des Bremsrades dem Bremssignalausgabeabschnitt **26** zugeführt.

[0048] Der Abschnitt **25** zum Festlegen eines Ausgangswertes legt einen Entscheidungsschwellenwert εΔ fest, der nachstehend beschrieben wird und durch den durch Vergleichen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ mit dem Entscheidungsschwellenwert εΔ festgelegt wird, ob die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ im Steuerungsbereich liegt, und gibt das Entscheidungsergebnis an den Bremssignalausgabeabschnitt **26** aus.

[0049] Als Entscheidungsschwellenwert εΔ wird ein erster Schwellenwert εΔM gesetzt, wenn das Fahrzeug auf einen normalen Fahrzustand eingestellt ist. Bis eine vorgegebene Zeitdauer verstrichen ist, seit das Fahrzeugverhalten sich von einem Untersteuerungs- auf einen Übersteuerungszustand geändert hat oder bis die Giergeschwindigkeitsabweichung oder die Ist-Giergeschwindigkeit den Wert Null annehmen, nachdem das Fahrzeug auf einen Übersteuerungszustand eingestellt ist, wird ein zweiter Schwellenwert εΔS als Entscheidungsschwellenwert εΔ gesetzt. Der erste Schwellenwert εΔM und der zweite Schwellenwert εΔS sind beide positive Zahlen, die durch Experimente, Berechnungen oder ähnliche Operationen im voraus erhalten wurden. Außerdem ist die Beziehung zwischen diesen Schwellenwerten gegeben durch: $|\varepsilon\Delta M| > |\varepsilon\Delta S| |\varepsilon\Delta\gamma|$.

[0050] Der erste Schwellenwert εΔM und der zweite Schwellenwert εΔS sind auf Karten gespeichert, wie in den **Fig. 7a** bis **Fig. 7c** dargestellt. Wenn das Fahrzeugfahrverhalten bei niedriger Geschwindigkeit instabil wird, kann der Fahrzeugführer die Fahrzeuglage bzw. -position leichter korrigieren als bei hoher Geschwindigkeit, so daß der Nichtsteuerungsbereich, d.h. ein Bereich, in dem keine Steuerung erfor-

derlich ist, breiter eingestellt sein kann. Bei dem in Fig. 7a dargestellten Beispiel der Schwellenwerte werden der erste und der zweite Schwellenwert εΔM bzw. εΔS derart festgelegt, daß sie mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit abnehmen. Bei dem in Fig. 7b dargestellten Beispiel nimmt nur der erste Schwellenwert εΔM mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit ab, während der zweite Schwellenwert εΔS konstant gehalten wird. Gemäß dem in Fig. 7c dargestellten Beispiel nimmt, während der erste Schwellenwert εΔM konstant gehalten wird, der zweite Schwellenwert εΔS mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit ab.

[0051] Wenn der Abschnitt zum Festlegen eines Ausgangssignals **25** ein Entscheidungssignal ausgibt, durch das angezeigt wird, daß die Giergeschwindigkeitsabweichung innerhalb des Steuerungsbereichs liegt, gibt der Bremssignalausgabeabschnitt **26** ein Ausgangssignal an die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** aus, so daß die End-Soll-Bremsdrücke BF_f bzw. BF_r, die im Abschnitt **23** zum Berechnen eines End-Soll-Bremsdrucks berechnet wurden, dem im Abschnitt **24** zum Bestimmen des Bremsrades ausgewählten Rad zugeführt werden.

[0052] Nachstehend wird unter Bezug auf die in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellten Ablaufdiagramme eine Arbeitsweise der Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bremskraftsteuerung beschrieben. Das Steuerungsprogramm für das Bremskraftsteuerungssystem wird in einem vorgegebenen Zeitintervall (beispielsweise 10 Millisekunden) während der Fahrt des Fahrzeugs ausgeführt. Wenn das Programm beginnt, wird bei Schritt S101 ein Lenkradwinkel θ vom Lenkradwinkelsensor **7** gelesen, werden Radgeschwindigkeiten ω_1, ω_2, ω_3, ω_4 von Radgeschwindigkeitssensoren $\mathbf{6_{fl}}$, $\mathbf{6_{fr}}$, $\mathbf{6_{rl}}$ bzw. $\mathbf{6_{rr}}$ gelesen und wird eine Ist-Giergeschwindigkeit γ vom Giergeschwindigkeitssensor **8** gelesen, woraufhin das Programm zu Schritt S102 fortschreitet.

[0053] Bei Schritt S102 wird im Abschnitt **12** zum Berechnen eines Lenkwinkels unter Bezug auf den Lenkradwinkel θ ein Ist-Lenkwinkel δf berechnet (δf = θ/N), und im Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungsabschnitt **11** wird unter Bezug auf die Radgeschwindigkeiten ω_1, ω_2, ω_3, ω_4 eine Fahrzeuggeschwindigkeit V berechnet.

[0054] Das Programm schreitet anschließend zu Schritt S103 fort, wo im Abschnitt **13** zum Berechnen eines Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktars gemäß Gleichung (1) ein Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor $G_{\gamma\,\delta f}(0)$ und im Abschnitt **15** zum Berechnen eines Verstärkungsfaktors des Giergeschwindigkeitsschätzwertes gemäß Gleichung (5) ein Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\,\delta f}(0)_{Low}$ des Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechnet wird.

[0055] Daraufhin schreitet das Programm zu Schritt S104 fort, wo im Abschnitt **14** zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit gemäß Gleichung (3) eine Soll-Giergeschwindigkeit γ' und im Abschnitt **16** zum Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes gemäß Gleichung (7) ein Giergeschwindigkeitsschätzwert γ'_{Low} für eine Straße mit einer Oberfläche mit geringem Reibungskoeffizienten berechnet wird.

[0056] Daraufhin schreitet das Programm zu Schritt S105 fort, wo im Abschnitt **17** zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz eine Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz Sγ' berechnet wird, die ein Differenzwert der im Abschnitt **14** zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit berechneten Soll-Giergeschwindigkeit γ' ist, und im Abschnitt **18** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz wird eine Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz $S\gamma'_{Low}$ berechnet, die ein Differenzwert des im Abschnitt **16** zum Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechneten Giergeschwindigkeitsschätzwertes γ'_{Low} ist.

[0057] Anschließend schreitet das Programm zu Schritt S106 fort, wo gemäß Gleichung (9) im Abschnitt **19** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung eine Abweichung dΔγ zwischen der Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz Sγ' und der Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz $S\gamma'_{Low}$ und im Abschnitt **21** zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung eine Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ (= γ – γ') berechnet werden.

[0058] Daraufhin schreitet das Programm zu Schritt S107 fort, wo gemäß den Gleichungen (10) und (11) im Abschnitt **20** zum Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft erste Soll-Bremsdrücke $BF1_f$ und $BF1_r$ und im Abschnitt **22** zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft zweite Soll-Bremsdrücke $BF2_f$ und $BF2_r$ berechnet werden.

[0059] Danach schreitet das Programm zu Schritt S108 fort, wo gemäß den Gleichungen (15) und (16) im Abschnitt **23** zum Berechnen einer End-Sollbremskraft die End-Sollbremsdrücke BF_f, BF_r berechnet werden.

[0060] Die Schritte S109 bis 119 werden im Abschnitt **24** zum Bestimmen des Bremsrades ausgeführt. Zunächst wird bei Schritt S109 festgestellt, ob die Ist-Giergeschwindigkeit γ größer, ist als ε oder nicht, d.h., ob das Fahrzeug eine relativ scharfe Linksdrehung ausführt oder nicht, wobei, wenn die Ist-Giergeschwindigkeit γ kleiner ist als ε, das Programm zu Schritt S110 fortschreitet, wo festgestellt wird, ob die Ist-Giergeschwindigkeit γ kleiner ist als -ε oder nicht, d.h., ob das Fahrzeug eine relativ scharfe Rechtsdrehung ausführt oder nicht. Wenn bei Schritt S110 festgestellt wird, daß ε ≥ γ ≥ -ε ist, wird, weil festgestellt werden kann, daß das Fahrzeug weder

eine Links- noch eine Rechtsdrehung ausführt, d.h., weil festgestellt werden kann, daß das Fahrzeug etwa geradeaus fährt, kein Bremsrad ausgewählt (es wird keines der Räder gebremst). Wenn bei Schritt S109 festgestellt wird, daß γ größer ist als ε (γ > ε), schreitet das Programm zu Schritt S111 fort, wo gemäß der Ungleichung |Δγ| ≤ |εΔγ| festgestellt wird, ob die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ etwa Null beträgt oder nicht, d.h., es wird festgestellt, ob das Fahrzeug ungefähr auf einen Neutralsteuerungszustand eingestellt ist oder nicht.

[0061] Außerdem schreitet das Programm, wenn bei Schritt S111 festgestellt wird, daß |Δγ| ≤ |εΔγ| ist, zu Schritt S119 und ansonsten (bei einer Tendenz zur Untersteuerung oder zur Übersteuerung) zu Schritt S112 fort. Bei Schritt S112 wird festgestellt, ob das Fahrzeug zur Untersteuerung oder zur Übersteuerung tendiert. Bei Schritt S112 wird, wenn Δγ < -εΔγ ist, weil das Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ anders als das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ negativ ist, festgestellt, daß das Fahrzeug bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' zur Untersteuerung tendiert, und das Programm schreitet zu Schritt S113 fort, wo das linke Hinterrad $\mathbf{4}_{rl}$ als Bremsrad ausgewählt wird.

[0062] Außerdem wird bei Schritt S112, wenn Δγ > εΔγ und das Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ ebenso wie das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ positiv ist, festgestellt, daß daß Fahrzeug bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' zur Übersteuerung neigt, woraufhin das Programm zu Schritt S114 fortschreitet, wo das rechte Vorderrad $\mathbf{4}_{fr}$ als Bremsrad ausgewählt wird.

[0063] Wenn andererseits bei Schritt S110 festgestellt wird, daß die Giergeschwindigkeit γ kleiner ist als -ε (γ < -ε), d.h., wenn festgestellt wird, daß das Fahrzeug eine relativ scharfe Rechtskurve fährt, schreitet das Programm zu Schritt S115 fort, wo gemäß der Ungleichung |Δγ| ≤ |εΔγ| festgestellt wird, ob die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ etwa Null beträgt oder nicht, d.h., es wird festgestellt, ob das Fahrzeug ungefähr auf einen Neutralsteuerungszustand eingestellt ist oder nicht.

[0064] Wenn bei S115 |Δγ| ≤ |εΔγ| ist und festgestellt wird, daß das Fahrzeug ungefähr auf einen Neutralsteuerungszustand eingestellt ist, schreitet das Programm zu Schritt S119 fort, ansonsten (bei einer Tendenz zur Untersteuerung oder zur Übersteuerung) schreitet das Programm zu Schritt S116 fort.

[0065] Bei Schritt S116 wird gemäß der Bedingung Δγ > εΔγ oder Δγ < -εΔγ festgestellt, ob das Fahrzeug zur Untersteuerung oder zur Übersteuerung tendiert. Wenn Δγ > εΔγ ist und das Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ im Unterschied zum Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ positiv ist, wird festgestellt, daß das Fahrzeug bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' zur Untersteuerung tendiert, woraufhin das Programm zu Schritt S117 fortschreitet. Wenn andererseits Δγ < -εΔγ ist und das Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ ebenso wie das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ negativ ist, wird festgestellt, daß das Fahrzeug bezüglich der Ist-Giergeschwindigkeit γ' zur Übersteuerung tendiert, woraufhin das Programm zu Schritt S118 fortschreitet.

[0066] Wenn das Programm zu Schritt S117 fortschreitet, wird das rechte Hinterrad $\mathbf{4}_{rr}$ als Bremsrad ausgewählt. Wenn das Programm zu Schritt S118 fortschreitet, wird das linke Vorderrad $\mathbf{4}_{fl}$ als Bremsrad ausgewählt.

[0067] Wenn das Programm von Schritt S110, S111 oder S115 zu Schritt S119 fortschreitet, wird kein Bremsrad ausgewählt, so daß keine Bremse betätigt wird.

[0068] Wenn bei Schritt S113 oder S117 bei einer Tendenz des Fahrzeugs zur Untersteuerung ein Bremsrad ausgewählt wird, schreitet das Programm zu Schritt S120 fort, und wenn bei Schritt S114 oder S118 bei einer Tendenz des Fahrzeugs zur Übersteuerung ein Bremsrad ausgewählt wird, schreitet das Programm zu Schritt S121 fort. Außerdem schreitet das Programm, wenn bei Schritt S119 kein Bremsrad ausgewählt wird, zu Schritt S122 fort.

[0069] Wenn das Programm zu Schritt S120 fortschreitet, wird ein Untersteuerungsflag F_{US} auf den Wert 1 gesetzt (F_{US} = 1), woraufhin das Programm zu Schritt S126 fortschreitet. Das Untersteuerungsflag F_{US} zeigt an, daß das Fahrzeug zur Untersteuerung tendiert. Dieses Flag wird gelöscht (F_{US} = 0), wenn der Zählvorgang eines Zeitgebers zum Festlegen eines Schwellenwertes abgelaufen ist oder der Fahrzeugzustand sich von der Tendenz zur Untersteuerung auf eine Tendenz zur Neutralsteuerung ändert.

[0070] Wenn das Programm zu Schritt S121 fortschreitet, wird festgestellt, ob das Untersteuerungsflag F_{US} auf den Wert 1 gesetzt wurde oder nicht (F_{US} = 1). Wenn festgestellt wird, daß das Flag auf den Wert 1 gesetzt ist, d.h., das Fahrzeug bei einer Tendenz zur Untersteuerung betrieben wurde, schreitet das Programm zu Schritt S123 fort, und wenn festgestellt wird, daß das Untersteuerungsflag F_{US} gelöscht wurde, springt das Programm zu Schritt S126. Allgemein gilt, weil das Fahrzeug zur Untersteuerung tendierte, bevor es zur Übersteuerung tendiert, wurde das Untersteuerungsflag F_{US} auf den Wert 1 gesetzt, so daß das Programm von Schritt S121 zu Schritt S123 fortschreitet. Wenn das Untersteuerungsflag F_{US} durch den Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes gelöscht wurde, oder wenn das Fahrzeug aus einem bestimmten Grund auf eine Ten-

denz zur Übersteuerung eingestellt wird, ohne daß es eine Tendenz zur Untersteuerung erfahren hat, springt das Programm zu Schritt S126, ohne daß die Schritte S123 bis 125 ausgeführt werden.

[0071] Wenn das Programm zu Schritt S123 fortschreitet, wenn bei Schritt S121 festgestellt wird, daß $F_{US} = 1$ ist, wird festgestellt, ob ein Zeitgeber-Startflag F_{TR} gelöscht wurde oder nicht ($F_{TR} = 0$). Das Zeitgeber-Startflag F_{TR} wird gesetzt ($F_{TR} = 1$), wenn der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes startet, und gelöscht ($F_{TR} = 0$), wenn er stoppt.

[0072] Wenn festgestellt wird, daß das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gelöscht wurde ($F_{TR} = 0$) und der Zeitgeber zum Festlegen des Schwellenwertes gestoppt ist, schreitet das Programm zu Schritt S124 fort, wo der Zeitgeber zum Festlegen des Schwellenwertes gestartet wird, wobei gleichzeitig das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gesetzt wird ($F_{TR} = 1$), woraufhin das Programm zu Schritt S125 fortschreitet. Bei Schritt S125 wird ein zweiter Schwellenwert $\varepsilon\Delta S$ als Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ gesetzt.

[0073] Außerdem springt das Programm, wenn bei Schritt S123 festgestellt wird, daß das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gesetzt wurde ($F_{TR} = 1$) und der Zeitgeber zum Festlegen des Schwellenwertes aktiviert ist, zu Schritt S126.

[0074] Wenn das Programm von einem der Schritte S120, S121, S123 oder S125 zu Schritt S126 fortschreitet, wird der Absolutwert der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ mit dem Absolutwert des Entscheidungsschwellenwertes $\varepsilon\Delta$ verglichen. Wenn $|\Delta\gamma| > |\varepsilon\Delta|$, d.h., wenn festgestellt wird, daß die Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ innerhalb des Steuerungsbereichs liegt, schreitet das Programm zu Schritt S127 fort, wo ein Bremssignal vom Bremssignalausgabeabschnitt **26** an die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** ausgegeben wird. D.h., wenn das Programm von Schritt S113 zu Schritt S120 fortgeschritten ist, erzeugt die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** eine dem Bremsdruck $BRL = BF_r$ für den Radzylinder $\mathbf{5_{rl}}$ für das Rad $\mathbf{4_{rl}}$ entsprechende Bremskraft, wenn das Programm von Schritt S117 zu Schritt S120 fortgeschritten ist, erzeugt die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** eine dem Bremsdruck $BRL = BF_r$ für den Radzylinder $\mathbf{5_{rr}}$ für das Rad $\mathbf{4_{rr}}$ entsprechende Bremskraft, wenn das Programm von Schritt S114 zu Schritt S121 fortgeschritten ist, erzeugt die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** eine dem Bremsdruck $BRL = BF_f$ für den Radzylinder $\mathbf{5_{fr}}$ für das Rad $\mathbf{4_{fr}}$ entsprechende Bremskraft, und wenn das Programm von Schritt S118 zu Schritt S121 fortgeschritten ist, erzeugt die Bremsenaktivierungsvorrichtung **1** eine dem Bremsdruck $BRL = BF_f$ für den Radzylinder $\mathbf{5_{fl}}$ für das Rad $\mathbf{4_{fl}}$ ensprechende Bremskraft.

[0075] Wenn dagegen bei Schritt S126 festgestellt wird, daß die Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ im Nichtsteuerungsbereich liegt ($|\Delta\gamma| \leq |\varepsilon\Delta|$), schreitet das Programm zu Schritt **S128** fort.

[0076] Wenn das Programm über Schritt S119 zu Schritt S122 fortschreitet, schreitet das Programm zu Schritt S128 fort, nachdem bei Schritt S119 ein Normalbetriebflag F_{NS} gesetzt wurde ($F_{NS} = 1$). Das Normalbetriebsflag F_{NS} zeigt an, daß das Fahrzeug ungefähr geradeaus fährt oder in einem Neutralsteuerungszustand betrieben wird.

[0077] Wenn das Programm von Schritt S122 oder S126 zu Schritt **S128** fortschreitet, wird kein Bremssignal ausgegeben und wird der eingestellte Bremsdruckwert gelöscht. Die bei den Schritten S127 oder S128 ausgeführten Verarbeitungen werden im Bremssignalausgabeabschnitt **26** ausgeführt.

[0078] Beim nächsten Schritt S129 wird festgestellt, ob das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gesetzt ist oder nicht (ob der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes aktiviert ist oder nicht). Wenn das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gelöscht ist, d.h. der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes nicht aktiviert ist, springt das Programm zu Schritt S135, wo das Normalbetriebsflag F_{NS} gelöscht wird, woraufhin das Programm die Routine verläßt. Wenn das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gesetzt wurde, d.h. daß der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes aktiviert ist, schreitet das Programm zu Schritt S130 fort, wo festgestellt wird, ob eine vorgegebene Zeitdauer abgelaufen ist oder nicht.

[0079] Wenn bei Schritt S130 festgestellt wird, daß eine vorgegebene Zeitdauer abgelaufen ist, springt das Programm zu Schritt S132, wo das Untersteuerungsflag F_{US} gelöscht wird.

[0080] Dann wird bei Schritt S133 ein erster Schwellenwert $\varepsilon\Delta M$ als Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ gesetzt, und beim nächsten Schritt S134 wird der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes gestoppt, um das Zeitgeber-Startflag F_{TR} zu löschen. Daraufhin schreitet das Programm zu Schritt S135 fort, wo das Normalbetriebflag F_{NS} gelöscht wird, woraufhin das Programm die Routine verläßt.

[0081] Wenn bei Schritt S130 festgestellt wird, daß eine vorgegebene Zeitdauer nicht abgelaufen ist, schreitet das Programm zu Schritt S131 fort, wo festgestellt wird, ob das Normalbetriebflag F_{NS} gesetzt ist ($F_{NS} = 1$) oder nicht. Wenn das Normalbetriebflag F_{NS} gelöscht ist ($F_{NS} = 0$), verläßt das Programm die Routine, und wenn F_{NS} gesetzt ist, schreitet das Programm zu Schritt S132 fort, wo das Untersteuerungsflag F_{US} gelöscht wird. Daraufhin wird bei Schritt S133 ein erster Schwellenwert $\varepsilon\Delta M$ als Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ gesetzt, und anschließend wird bei Schritt S134 der Zeitgeber zum Festlegen eines

Schwellenwertes gestoppt, um das Zeitgeber-Startflag F_{TR} zu löschen. Dann verläßt das Programm die Routine, nachdem bei Schritt S135 das Normalbetriebflag F_{NS} gelöscht wurde.

[0082] D.h., wenn das Fahrzeug in den Zustand einer normalen Geradeausfahrt zurückkehrt, wird, auch wenn der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes seinen Zählvorgang nicht beendet hat, der erste Schwellenwert εΔM als Entscheidungsschwellenwert εΔ gesetzt.

[0083] Fig. 6 zeigt ein Beispiel der vorstehend erwähnten Bremskraftsteuerung, wobei bezüglich eines Fahrzeugs, das zu einem Zeitpunkt t_0 geradeaus fährt und zu einem Zeitpunkt t1 eine Linksdrehung ausführt, eine Änderung der Soll-Giergeschwindigkeit γ', eine Änderung der Ist-Giergeschwindigkeit γ, eine Änderung der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ, ein Schaltmodus für das Normalbetriebflag F_{NS}, ein Schaltmodus für das Zeitgeber-Startflag F_{TR}, ein Schaltmodus für das Untersteuerungsflag F_{US} bzw. ein vom Bremssignalausgabeabschnitt **26** ausgegebenes Bremssignal dargestellt sind.

[0084] Die Ist-Giergeschwindigkeit γ nimmt nach dem Zeitpunkt t_1 mit einer allmählich zunehmenden Soll-Giergeschwindigkeit γ' zu. Die Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ der Soll-Giergeschwindigkeit γ' von der Ist-Giergeschwindigkeit γ nimmt in negativer Richtung ebenfalls allmählich zu.

[0085] Nach dem Zeitpunkt t_2 wird der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ größer als der Absolutwert |εΔγ| des Schwellenwertes εΔγ zum Festlegen des Neutralsteuerungszustandes. Zu diesem Zeitpunkt erreicht das Fahrzeug eine Tendenz zum Untersteuern, so daß das Untersteuerungsflag F_{US} gesetzt wird. Das vor dem Zeitpunkt t_2 gesetzte Normalbetriebsflag F_{NS} wird zum Zeitpunkt t_2 gelöscht und bleibt daraufhin gelöscht. Außerdem wird der erste Schwellenwert εΔM als Entscheidungsschwellenwert εΔ zum Festlegen des Nichtsteuerungsbereichs (ein in **Fig.** 6(b) durch schraffierte Linien dargestellter Bereich) gesetzt, so daß bis zum Zeitpunkt t_3 kein Bremssignal ausgegeben wird, wenn der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ größer wird als der Absolutwert |εΔ| des Schwellenwertes εΔ zum Festlegen des Nichtsteuerungsbereichs.

[0086] Außerdem können nach dem Zeitpunkt t_3 Bremssignale bis zum Zeitpunkt t_4 ausgegeben werden, wenn der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ wieder kleiner wird als der Absolutwert |εΔ| des Entscheidungsschwellenwertes εΔ. In diesem Fall ist der Ausgabemodus für das Bremssignal der in Fig. 3 dargestellte Fall 1, weil γ > ε ist (ein positives Vorzeichen bei einer Linksdrehung aufweist) und Δγ < -εΔγ ist (ein negatives Vorzeichen bei einer Tendenz zum Untersteuern aufweist). Bei Fall 1 wird eine Bremskraft auf das linke Hinterrad $\mathbf{4_{rl}}$ ausgeübt, um das Fahrzeugverhalten durch ein in Pfeilrichtung erzeugtes Moment zu korrigieren, wodurch eine Abdrifterscheinung verhindert wird. In diesem Zustand behält das Fahrzeug, auch wenn aufgrund einer auf das linke Hinterrad $\mathbf{4_{rl}}$ ausgeübten übermäßigen Bremskraft das linke Hinterrad $\mathbf{4_{rl}}$ blockiert und die Seitenkraft abnimmt oder verloren geht, weiterhin eine Tendenz zum Übersteuern bei und erzeugt eine Giergeschwindigkeit in die dem Verlauf bzw. der Eigenschaft der Steuerung entsprechende Richtung (Pfeilrichtung).

[0087] Zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 nimmt die Ist-Giergeschwindigkeit γ, obwohl das Fahrzeug weiterhin zum Untersteuern tendiert, einen Wert in der Nähe der Ist-Giergeschwindigkeit γ' an, und der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ wird kleiner als der Absolutwert |εΔ| des Entscheidungsschwellenwertes εΔ. In diesem Fall wird, weil das Fahrzeug auf den Nichtsteuerungsbereich eingestellt ist, kein Bremssignal ausgegeben. Außerdem wird zwischen den Zeitpunkten t_5 und t_6 der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ kleiner als der Absolutwert |εΔγ| des Schwellenwertes εΔγ, so daß das Fahrzeug auf einen Neutralsteuerungszustand eingestellt wird. Das Normalbetriebflag F_{NS} wird gesetzt.

[0088] Anschließend wird der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ in positiver Richtung groß. Nach dem Zeitpunkt t_6 wird das Fahrzeug bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' auf eine Tendenz zum Übersteuern eingestellt und das Normalbetriebsflag F_{NS} gelöscht. Gleichzeitig wird das Zeitgeber-Startflag F_{TR} gesetzt, um den Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes zu starten. Außerdem wird der zweite Schwellenwert εΔS, der kleiner ist als der erste Schwellenwert εΔM, als Entscheidungsschwellenwert εΔ gesetzt.

[0089] Bis zum Zeitpunkt t_7 wird kein Bremssignal ausgegeben, bis der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeitsabweichung Δγ kleiner ist als der Absolutwert |εΔ| des Entscheidungsschwellenwertes εΔ. Nach dem Zeitpunkt t_7 können Bremssignale ausgegeben werden. In diesem Fall entspricht der Ausgabemodus für das Bremssignal dem in Fig. 3 dargestellten Fall **2**, weil γ > ε ist(ein positives Vorzeichen hat und eine Linksdrehung vorliegt) und Δγ > εΔγ ist (ein positives Vorzeichen hat und eine Übersteuerungstendenz vorliegt). Im Fall **2** wird die Bremse des rechten Vorderrades $\mathbf{4_{fr}}$ betätigt, um das Fahrzeugverhalten durch ein in Pfeilrichtung erzeugtes Moment zu korrigieren, wodurch eine Schleudererscheinung verhindert wird. In diesem Zustand behält das Fahrzeug, auch wenn das rechte Vorderrad $\mathbf{4_{fr}}$ aufgrund einer auf das rechte Vorderrad $\mathbf{4_{fr}}$ ausgeübten übermäßigen Bremskraft blockiert und die Seiten-

kraft abnimmt oder verloren geht, eine Tendenz zum Untersteuern bei und erzeugt eine Giergeschwindigkeit in eine Richtung (Pfeilrichtung), die dem Verlauf bzw. der Eigenschaft der Steuerung entspricht.

[0090] Zum Zeitpunkt t_8 wird der Absolutwert $|\Delta\gamma|$ der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ kleiner als der Absolutwert $|\varepsilon\Delta|$ des Entscheidungsschwellenwertes $\varepsilon\Delta$, und das Fahrzeug tritt in den Nichtsteuerungsbereich ein. Nach dem Zeitpunkt t_9 tritt das Fahrzeug in einen Neutralsteuerungszustand ein, bevor der Zählvorgang des Zeitgebers zum Festlegen eines Schwellenwertes abgeschlossen ist.

[0091] Zum Zeitpunkt t_9 wird das Normalbetriebsflag F_{NS} gesetzt und gleichzeitig das Untersteuerungsflag F_{US} gelöscht. Der Zeitgeber zum Festlegen eines Schwellenwertes wird gestoppt, um das, Zeitgeber-Startflag F_{TR} zu löschen. Daraufhin wird der erste Schwellenwert $\varepsilon\Delta M$ als Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ gesetzt.

[0092] Nach dem Zeitpunkt t_{10} wird der Absolutwert $|\Delta\gamma|$ der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ größer als der Absolutwert $|\varepsilon\Delta\gamma|$ des Entscheidungsschwellenwertes $\varepsilon\Delta\gamma$ und wird das Normalbetriebsflag F_{NS} gelöscht. Das Fahrzeug wird erneut auf eine Tendenz zum Untersteuern eingestellt, und das Untersteuerungsflag F_{US} wird gesetzt.

[0093] Daraufhin wird nach dem Zeitpunkt t_{11} der Absolutwert $|\Delta\gamma|$ der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ kleiner als der Absolutwert $|\varepsilon\Delta\gamma|$ des Schwellenwertes $\varepsilon\Delta\gamma$. Das Fahrzeug tritt in einen Neutralsteuerungszustand ein, und das Neutralbetriebflag F_{NS} wird gesetzt. Zu diesem Zeitpunkt wird die Ist-Giergeschwindigkeit γ der Soll-Giergeschwindigkeit etwa gleich. Das Untersteuerungsflag F_{US} bleibt gesetzt, was jedoch keine Probleme verursacht, weil das Fahrzeug allgemein eine Tendenz zum Untersteuern erfährt, bevor es auf eine Tendenz zum Übersteuern wechselt.

[0094] Nach dem Zeitpunkt t_8 bleibt das Fahrzeug, weil der Absolutwert $|\Delta\gamma|$ der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ kleiner wird als der Absolutwert $|\varepsilon\Delta|$ des Entscheidungsschwellenwertes $\varepsilon\Delta$, im Nichtsteuerungsbereich, so daß kein Bremssignal ausgegeben wird.

[0095] Im Abschnitt **25** zum Festlegen eines Ausgangswertes kann, weil der zweite Schwellenwert $\varepsilon\Delta S$, der kleiner ist als der erste Schwellenwert $\varepsilon\Delta M$, während einer vorgegebenen Zeitdauer oder bis die Steuerung bei einer Tendenz zum Übersteuern abgeschlossen ist, als Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ verwendet wird, der Beginn der Steuerung am Umkehrpunkt von einer Tendenz zum Untersteuern zu einer Tendenz zum Übersteuern vorverlegt werden. In Fig. 6 zeigen Doppelpunkt-Strichlinien eine bei einer herkömmlichen Steuerung vorgesehene Giergeschwindigkeit bzw. Giergeschwindigkeitsabweichung. Wie gemäß dieser Giergeschwindigkeit bzw. Giergeschwindigkeitsabweichung verdeutlicht wird, beginnt die Steuerung am Umkehrpunkt von einer Tendenz zum Untersteuern zu einer Tendenz zum Übersteuern zum Zeitpunkt $t_{7'}$, wenn die Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ gleich $\varepsilon\Delta M$ wird. Daher wird die Differenz zwischen der Ist-Giergeschwindigkeit γ und der Soll-Giergeschwindigkeit γ' nicht so groß, nachdem das Fahrzeug von einer Tendenz zum Untersteuern auf eine Tendenz zum Übersteuern wechselt. Außerdem kann erfindungsgemäß, wie gemäß **Fig.** 6(a) verdeutlicht wird, die Ist-Giergeschwindigkeit γ früher an die Soll-Giergeschwindigkeit γ' angenähert werden als bei der herkömmlichen Steuerung. Dadurch empfindet der Fahrzeugführer ein gleichmäßigeres und natürlicheres Steuerungsverhalten des Fahrzeugs. Außerdem wird, weil der Nichtsteuerungsbereich auf eine größere Bandbreite eingestellt wird, wenn die Bremssteuerung für das Hinterrad ausgeführt wird, und auf eine schmalere Bandbreite eingestellt wird, wenn die Bremssteuerung für das Vorderrad ausgeführt wird, durch die Steuerung die Bremskraft für das Hinterrad begrenzt. Außerdem wird der Entscheidungsschwellenwert $\varepsilon\Delta$ durch den Zeitgeber und das Abschlußsignal der Steuerung bei einer Tendenz zum Übersteuern vom zweiten Schwellenwert $\varepsilon\Delta S$ auf den Wert $\varepsilon\Delta M$ zurückgesetzt. Bei diesem System kann, weil die auf das Hinterrad ausgeübte Bremskraft begrenzt wird, verhindert werden, daß das Fahrzeug ins Schleudern gerät, wenn die Seitenkraft des Hinterrades abnimmt oder verloren geht, weil auf einer Straße mit einer Oberfläche mit niedrigem Reibungskoeffizienten eine übermäßige Bremskraft darauf ausgeübt wird. Außerdem muß der Fahrzeugführer nicht befürchten, daß das Fahrzeug sich um seine Frontseite übermäßig dreht. Außerdem kann, weil das geeignetste Bremsrad von vier Rädern ausgewählt wird, wobei die Drehrichtung des Fahrzeugs basierend auf der Ist-Giergeschwindigkeit γ festgestellt wird, indem der Fahrzustand basierend auf der Ist-Giergeschwindigkeit γ und der Giergeschwindigkeitsabweichung $\Delta\gamma$ erfaßt und festgestellt wird, ob das Fahrzeug zum Untersteuern oder zum Übersteuern tendiert, sicher verhindert werden, daß das Fahrzeug ins Schleudern gerät oder während einer Kurvenfahrt abdriftet.

[0096] Erfindungsgemäß können, weil die Steuerungs-Schätzwerte basierend auf vorgegebenen Fahrzuständen berechnet werden und das Fahrzeugverhalten gemäß diesen berechneten Steuerungswerten korrigiert wird, die Nachfolgeeigenschaft und das Ansprechverhalten des Systems verbessert werden. Außerdem kann der Fahrzeugführer das Fahrzeug bei einem natürlichen Fahrzeugverhalten steuern. Außerdem kann, weil der Ist-Giergeschwindigkeitswert zum Berechnen des Steuerungswertes nicht verwendet wird, das Fahrzeugverhalten

ausreichend genau korrigiert werden. Ferner können, weil die vorstehenden Fahrzeugzustände basierend auf Fahrzeugzuständen des Fahrzeugs auf einer Straße mit einer Oberfläche mit niedrigem Reibungskoeffizienten erhalten werden, in den meisten Fällen optimale Steuerungs-Schätzwerte berechnet werden. Außerdem kann, weil durch die Steuerung die Bremskraft für das Hinterrad begrenzt wird, verhindert werden, daß ein Hinterrad aufgrund einer darauf ausgeübten übermäßigen Bremskraft seitlich abdriftet oder rutscht.

Patentansprüche

1. Bremskraftsteuerungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Vorderrad (**4**$_{fl}$, **4**$_{fr}$), einem Hinterrad (**4**$_{rl}$, **4**$_{rr}$), einem Vorderradzylinder (**5**$_{fl}$, **5**$_{fr}$) für das Vorderrad, einem Hinterradzylinder (**5**$_{rl}$, **5**$_{rr}$) für das Hinterrad und einer Bremsenaktivierungsvorrichtung (**1**) zum Zuführen eines Bremsdrucks zum Vorderradzylinder und zum Hinterradzylinder und zum Steuern des Bremsdrucks, einer Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungseinrichtung (**11**) zum Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit (V) und einer Lenkwinkelerfassungseinrichtung (**7**, **12**) zum Erfassen eines Lenkwinkels (δf), mit:
einer Einrichtung (**13**) zum Berechnen eines Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors ($G_{\gamma\ \delta f}$ (0)), durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit ein Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor berechnet wird;
einer Einrichtung (**8**) zum Erfassen einer Ist-Giergeschwindigkeit;
einer Einrichtung (**14**) zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit (γ'), durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor eine Soll-Giergeschwindigkeit berechnet wird;
einer Einrichtung (**15**) zum Berechnen eines Verstärkungsfaktors ($G_{\gamma\ \delta f}$ $(0)_{Low}$) eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes, durch die basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit ein Verstärkungsfaktor eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes berechnet wird;
einer Einrichtung (**16**) zum Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes (γ'_{Low}), durch die bei einem eingeschätzten Fahrzustand basierend auf dem Verstärkungsfaktor des Giergeschwindigkeitsschätzwertes und dem Lenkwinkel ein Giergeschwindigkeitsschätzwert berechnet wird;
einer Einrichtung (**17**) zum Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz (Sγ');
einer Einrichtung (**18**) zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz ($S\gamma'_{Low}$);
einer Einrichtung (**19**) zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung (dΔγ), durch die eine Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung zwischen der Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz und der Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz berechnet wird;
einer Einrichtung (**20**) zum Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft ($BF1_f$, $BF1_r$), durch die basierend auf der Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung eine erste Soll-Bremskraft für das Vorderrad bzw. eine erste Bremskraft für das Hinterrad berechnet wird;
einer Einrichtung (**21**) zum Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung (Δγ), durch die eine Giergeschwindigkeitsabweichung zwischen der Ist-Giergeschwindigkeit und der Soll-Giergeschwindigkeit berechnet wird;
einer Einrichtung (**22**) zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft ($BF2_f$, $BF2_r$), durch die basierend auf der Giergeschwindigkeitsabweichung, dem Lenkwinkel, dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor, der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Ist-Giergeschwindigkeit eine zweite Soll-Bremskraft für das Vorderrad bzw. eine zweite Soll-Bremskraft für das Hinterrad berechnet wird;
einer Einrichtung (**23**) zum Berechnen einer End-Soll-Bremskraft (BF_f, BF_r), durch die basierend auf der ersten Soll-Bremskraft für das Vorderrad und der zweiten Soll-Bremskraft für das Vorderrad eine End-Soll-Bremskraft für das Vorderrad berechnet wird und basierend auf der ersten Soll-Bremskraft für das Hinterrad und der zweiten Soll-Bremskraft für das Hinterrad eine End-Soll-Bremskraft für das Hinterrad berechnet wird;
einer Einrichtung (**24**) zum Bestimmen eines Bremsrades, durch die basierend auf der Ist-Giergeschwindigkeit und der Giergeschwindigkeitsabweichung ein Bremsrad bestimmt wird, so daß das Hinterrad auf der Seite eines Drehmittelpunktes als Bremsrad ausgewählt wird, wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit sich vom Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung unterscheidet, und das Vorderrad an der einem Drehmittelpunkt entgegengesetzten Seite als Bremsrad ausgewählt wird, wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit mit demjenigen der Giergeschwindigkeitsabweichung übereinstimmt;
einer Einrichtung (**25**) zum Festlegen eines Ausgangswertes, durch die ein Entscheidungsschwellenwert (εΔ) der Giergeschwindigkeitsabweichung festgelegt wird und durch Vergleichen der Giergeschwindigkeit mit dem Entscheidungsschwellenwert festgestellt wird, ob die Giergeschwindigkeitsabweichung in einem Steuerungsbereich liegt oder nicht; und
einer Bremssignalausgabeeinrichtung (**26**) zum Ausgeben eines Bremssignals an die Bremsenaktivierungsvorrichtung, um die End-Soll-Bremskraft auf das Bremsrad auszuüben.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der eingeschätzte Fahrzustand ein Fahrzustand auf einer Straße mit einem geringen Reibungskoeffizienten zwischen Straßenoberfläche und Reifen ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Einrichtung zum Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft basierend auf der Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung eine erste theoretische Vorder-

rad-Bremskraft ($d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_f/2)$) und eine erste theoretische Hinterrad-Bremskraft ($d\Delta\gamma \cdot I_Z/(d_r/2)$) berechnet, die erste Soll-Bremskraft für das Vorderrad durch Multiplizieren der ersten theoretischen Vorderrad-Bremskraft mit einem ersten großen Verstärkungsfaktor (G_1) berechnet und die erste Soll-Bremskraft für das Hinterrad durch Multiplizieren der ersten theoretischen Hinterrad-Bremskraft mit einem ersten kleinen Verstärkungsfaktor ($G_1 \cdot G_2$) berechnet.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Einrichtung zum Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft basierend auf der Giergeschwindigkeitsabweichung, dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor, der Ist-Giergeschwindigkeit und der Fahrzeuggeschwindigkeit eine zweite theoretische Vorderrad-Bremskraft und eine zweite theoretische Hinterrad-Bremskraft berechnet, die zweite Soll-Bremskraft für das Vorderrad durch Multiplizieren der zweiten theoretischen Vorderrad-Bremskraft mit einem zweiten großen Verstärkungsfaktor (G_3) berechnet und die zweite Soll-Bremskraft für das Hinterrad durch Multiplizieren der zweiten theoretischen Hinterrad-Bremskraft mit einem zweiten kleinen Verstärkungsfaktor ($G_3 \cdot G_4$) berechnet.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Entscheidungsschwellenwert einen ersten Schwellenwert ($\varepsilon\Delta M$) und einen zweiten Schwellenwert ($\varepsilon\Delta S$) aufweist und der erste Schwellenwert größer ist als der zweite Schwellenwert.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der erste Schwellenwert oder der zweite Schwellenwert gemäß dem Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung selektiv als Entscheidungsschwellenwert verwendet wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei der erste Schwellenwert und der zweite Schwellenwert mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit klein werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei der erste Schwellenwert mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit klein wird und der zweite Schwellenwert bezüglich der Fahrzeuggeschwindigkeit konstant ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei der erste Schwellenwert bezüglich der Fahrzeuggeschwindigkeit konstant ist und der zweite Schwellenwert mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit klein wird.

10. Bremskraftsteuerungsverfahren für ein Fahrzeug mit einem Vorderrad (**4**$_{fl}$, **4**$_{fr}$), einem Hinterrad (**4**$_{rl}$, **4**$_{rr}$), einem Vorderradzylinder (**5**$_{fl}$, **5**$_{fr}$) für das Vorderrad, einem Hinterradzylinder (**5**$_{rl}$, **5**$_{rr}$) für das Hinterrad und einer Bremsenaktivierungsvorrichtung (**1**) zum Zuführen eines Bremsdrucks zum Vorderradzylinder und zum Hinterradzylinder und zum Steuern des Bremsdrucks, mit den Schritten:
Erfassen einer Fahrzeuggeschwindigkeit (V);
Erfassen eines Lenkwinkels (δf);
Berechnen eines Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktors ($G_{\gamma\,\delta f}$ (0)) basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit;
Erfassen einer Ist-Giergeschwindigkeit (γ);
Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeit (γ') basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor;
Berechnen eines Verstärkungsfaktors ($G_{\gamma\,\delta f}(0)_{Low}$) eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit;
Berechnen eines Giergeschwindigkeitsschätzwertes (γ'_{Low}) bei einem eingeschätzten Fahrzustand basierend auf dem Verstärkungsfaktor des Giergeschwindigkeitsschätzwertes und dem Lenkwinkel;
Berechnen einer Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz (Sγ');
Berechnen einer Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz ($S\gamma'_{Low}$);
Berechnen einer Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung (dΔγ) zwischen der Soll-Giergeschwindigkeitsdifferenz und der Giergeschwindigkeitsschätzwertdifferenz;
Berechnen einer ersten Soll-Bremskraft ($BF1_f$) für das Vorderrad bzw. einer ersten Soll-Bremskraft ($BF1_r$) für das Hinterrad basierend auf der Giergeschwindigkeitsdifferenzabweichung;
Berechnen einer Giergeschwindigkeitsabweichung (Δγ) zwischen der Ist-Giergeschwindigkeit und der Soll-Giergeschwindigkeit;
Berechnen einer zweiten Soll-Bremskraft ($BF2_f$) für das Vorderrad bzw. einer zweiten Soll-Bremskraft ($BF2_r$) für das Hinterrad basierend auf der Giergeschwindigkeitsabweichung, dem Soll-Giergeschwindigkeitsverstärkungsfaktor, der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Ist-Giergeschwindigkeit;
Berechnen einer End-Soll-Bremskraft (BF_f) für das Vorderrad basierend auf der ersten Soll-Bremskraft für das Vorderrad und der zweiten Soll-Bremskraft für das Vorderrad und Berechnen einer End-Soll-Bremskraft (BF_r) für das Hinterrad basierend auf der ersten Soll-Bremskraft für das Hinterrad und der zweiten Soll-Bremskraft für das Hinterrad;
Bestimmen eines Bremsrades, so daß das Hinterrad an der Seite eines Drehmittelpunktes als Bremsrad ausgewählt wird, wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit sich vom Vorzeichen der Giergeschwindigkeitsabweichung unterscheidet, und das Vorderrad an der einem Drehmittelpunkt entgegengesetzten Seite als Bremsrad ausgewählt wird, wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit mit demjenigen der Giergeschwindigkeitsabweichung übereinstimmt;
Bestimmen eines Entscheidungsschwellenwertes (εΔ) der Giergeschwindigkeitsabweichung und Fest-

stellen durch Vergleichen der Giergeschwindigkeit mit dem Entscheidungsschwellenwert, ob die Giergeschwindigkeitsabweichung innerhalb eines Steuerungsbereichs liegt; und
Ausgeben eines Bremssignals an die Bremsenaktivierungseinrichtung, um die End-Soll-Bremskraft auf das Bremsrad auszuüben.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

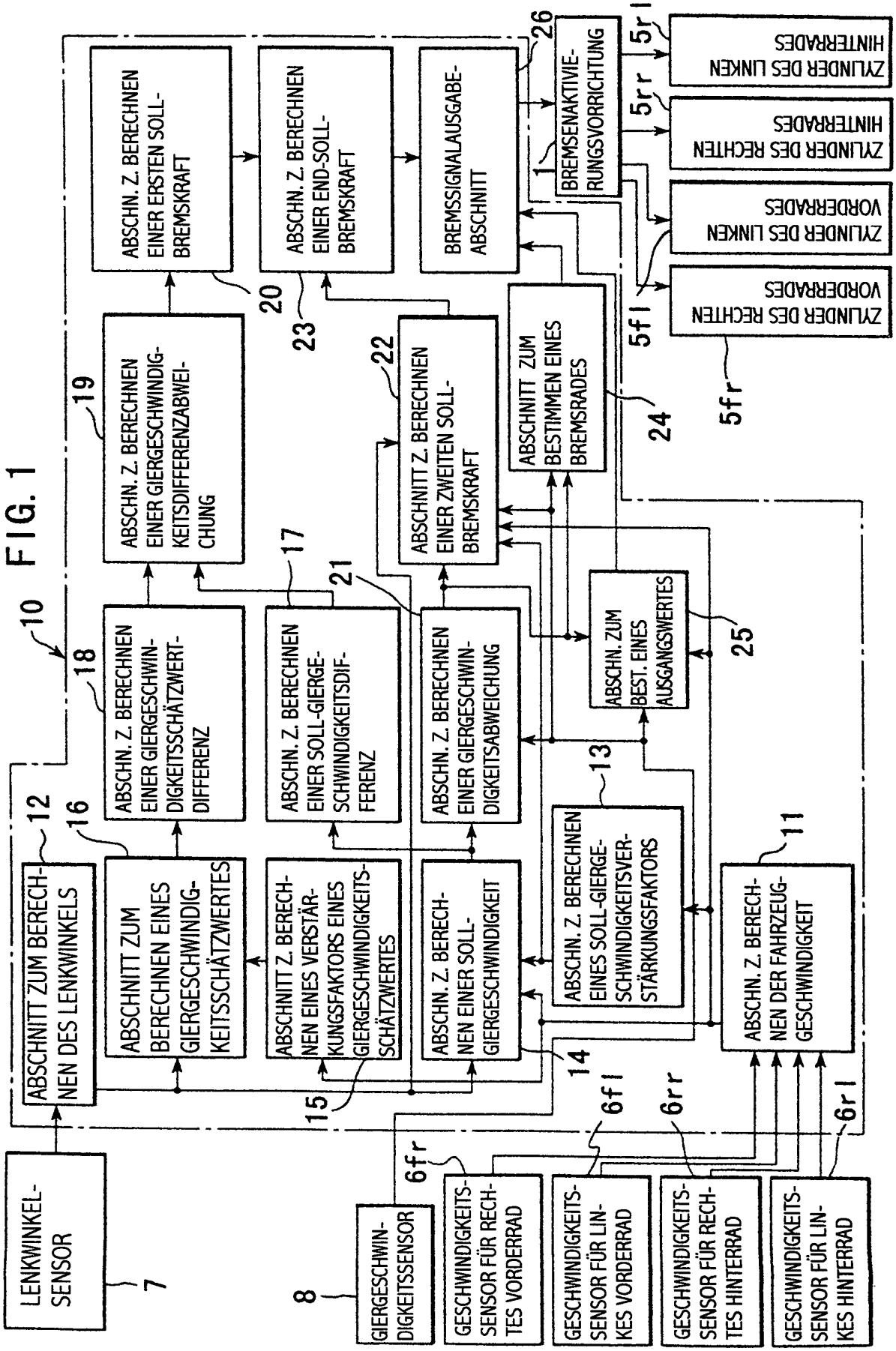


FIG. 2

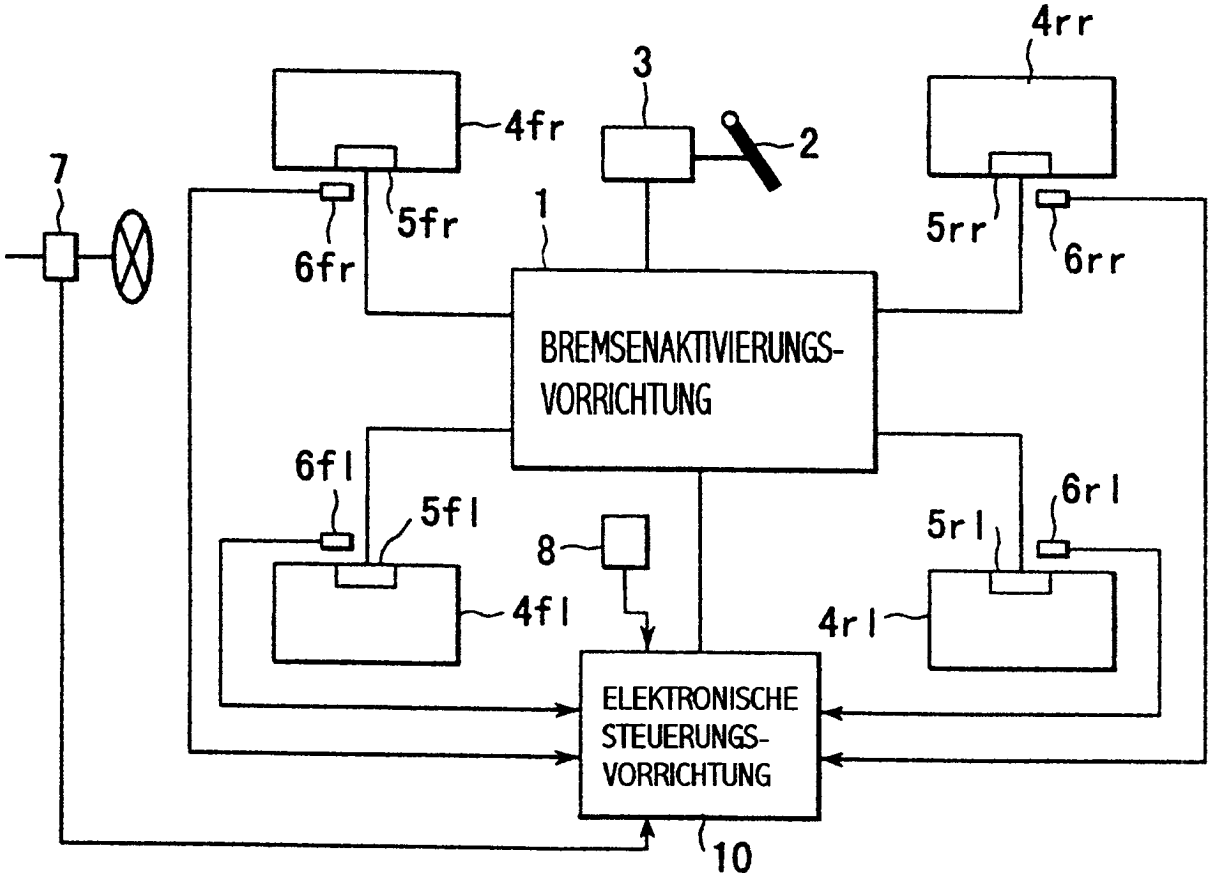

4rr
3
4fr
2
7
1
5rr
6rr
5fr
6fr
BREMSENAKTIVIERUNGS-
VORRICHTUNG
6fl
6rl
5fl
5rl
8
4fl
4rl
ELEKTRONISCHE
STEUERUNGS-
VORRICHTUNG
10

FIG. 3

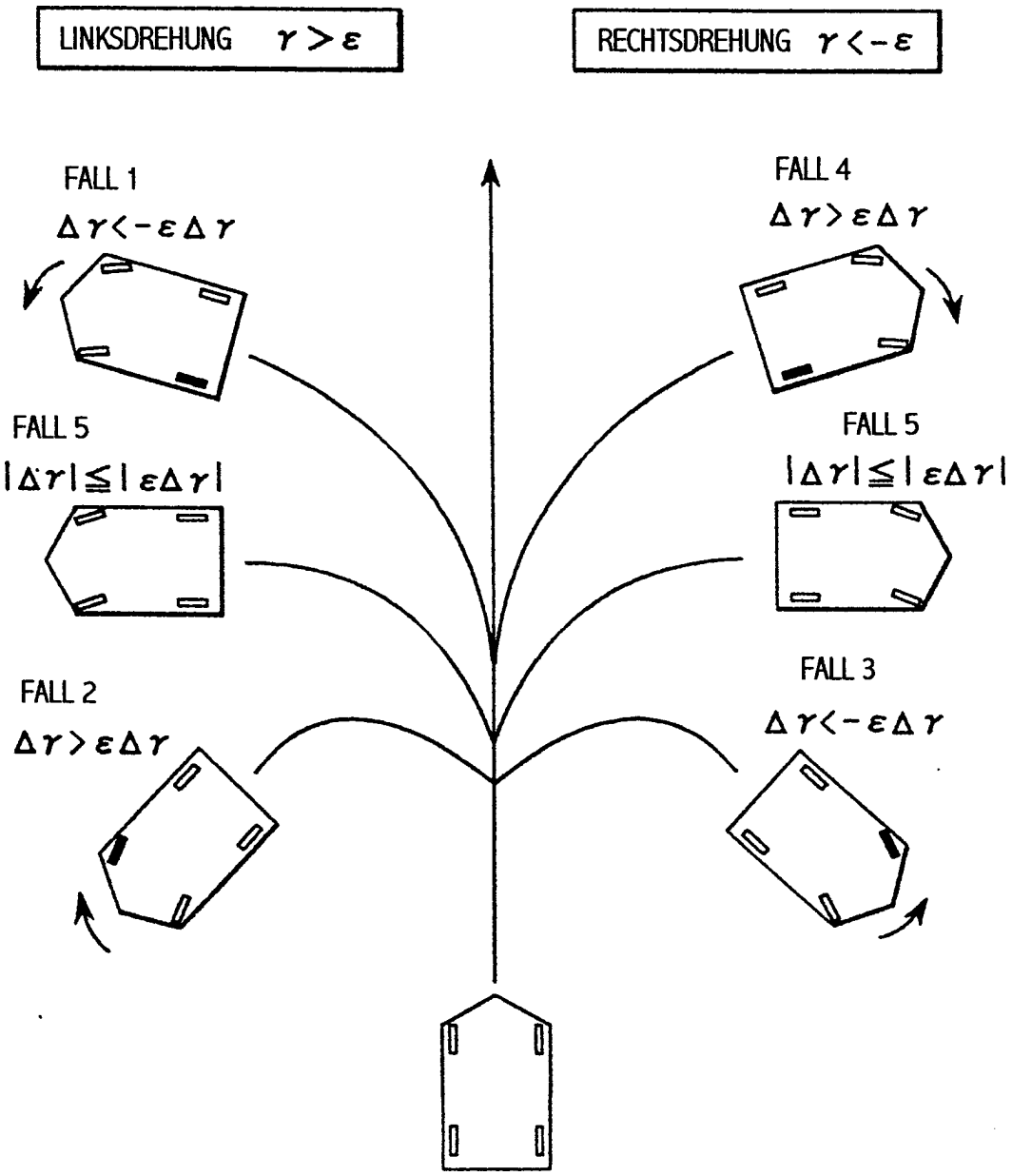

LINKSDREHUNG $\gamma > \varepsilon$
RECHTSDREHUNG $\gamma < -\varepsilon$
FALL 1
$\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$
FALL 4
$\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$
FALL 5
$|\Delta\gamma| \leqq |\varepsilon\Delta\gamma|$
FALL 5
$|\Delta\gamma| \leqq |\varepsilon\Delta\gamma|$
FALL 2
$\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$
FALL 3
$\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$

FIG. 4

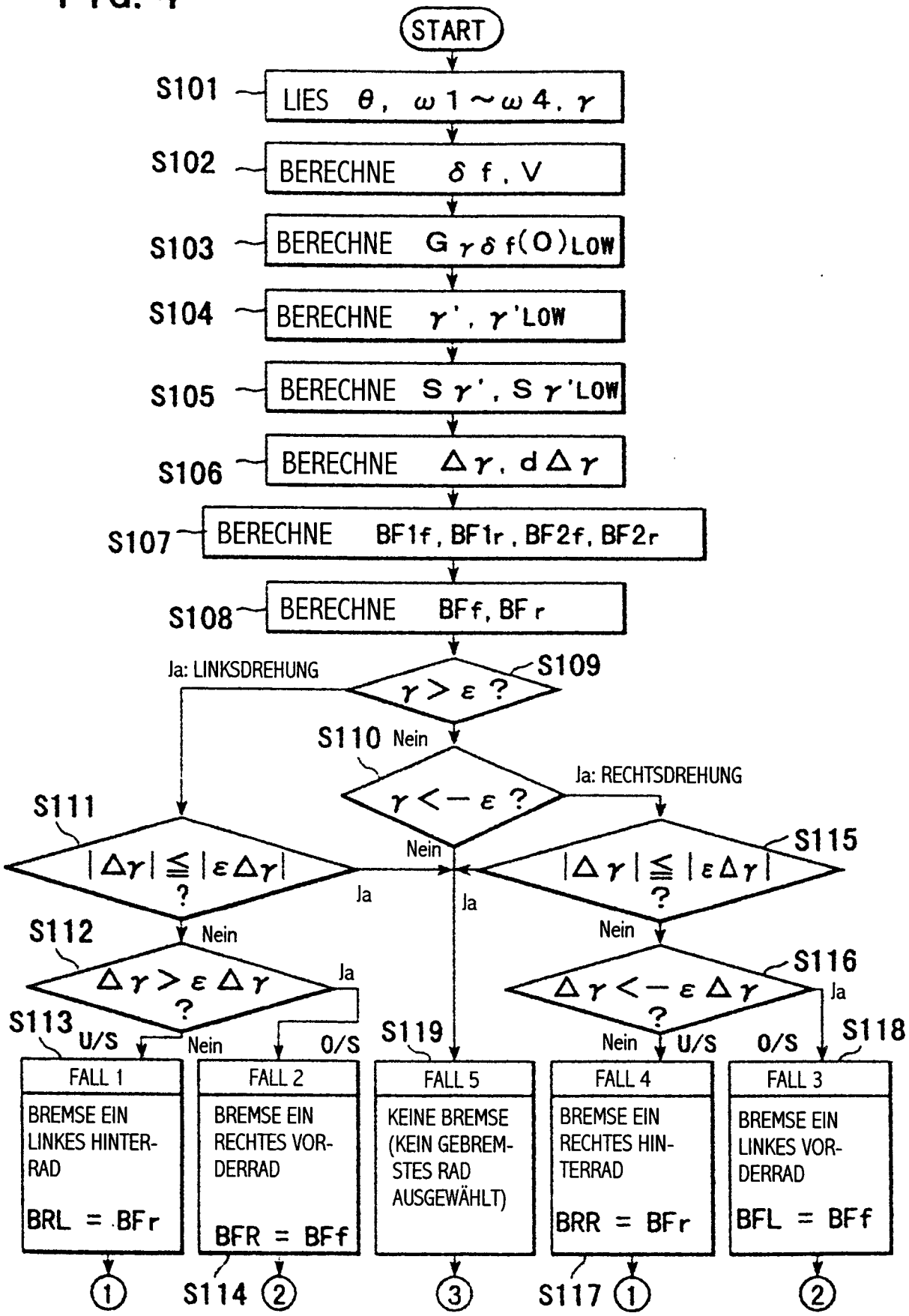

START
S101
LIES θ, ω1~ω4, γ
S102
BERECHNE δf, V
S103
BERECHNE Gγδf(O)LOW
S104
BERECHNE γ', γ'LOW
S105
BERECHNE Sγ', Sγ'LOW
S106
BERECHNE Δγ, dΔγ
S107
BERECHNE BF1f, BF1r, BF2f, BF2r
S108
BERECHNE BFf, BFr
S109
Ja: LINKSDREHUNG
γ > ε ?
S110
Nein
γ < −ε ?
Ja: RECHTSDREHUNG
S111
|Δγ| ≦ |εΔγ| ?
Ja
Nein
S112
Δγ > εΔγ ?
Ja
Nein
S113
U/S
O/S
S119
S115
|Δγ| ≦ |εΔγ| ?
Ja
Nein
S116
Δγ < −εΔγ ?
Ja
Nein
U/S
O/S
S118
FALL 1
BREMSE EIN LINKES HINTERRAD
BRL = BFr
FALL 2
BREMSE EIN RECHTES VORDERRAD
BFR = BFf
FALL 5
KEINE BREMSE (KEIN GEBREMSTES RAD AUSGEWÄHLT)
FALL 4
BREMSE EIN RECHTES HINTERRAD
BRR = BFr
FALL 3
BREMSE EIN LINKES VORDERRAD
BFL = BFf
①
S114
②
③
S117
①
②

FIG. 5

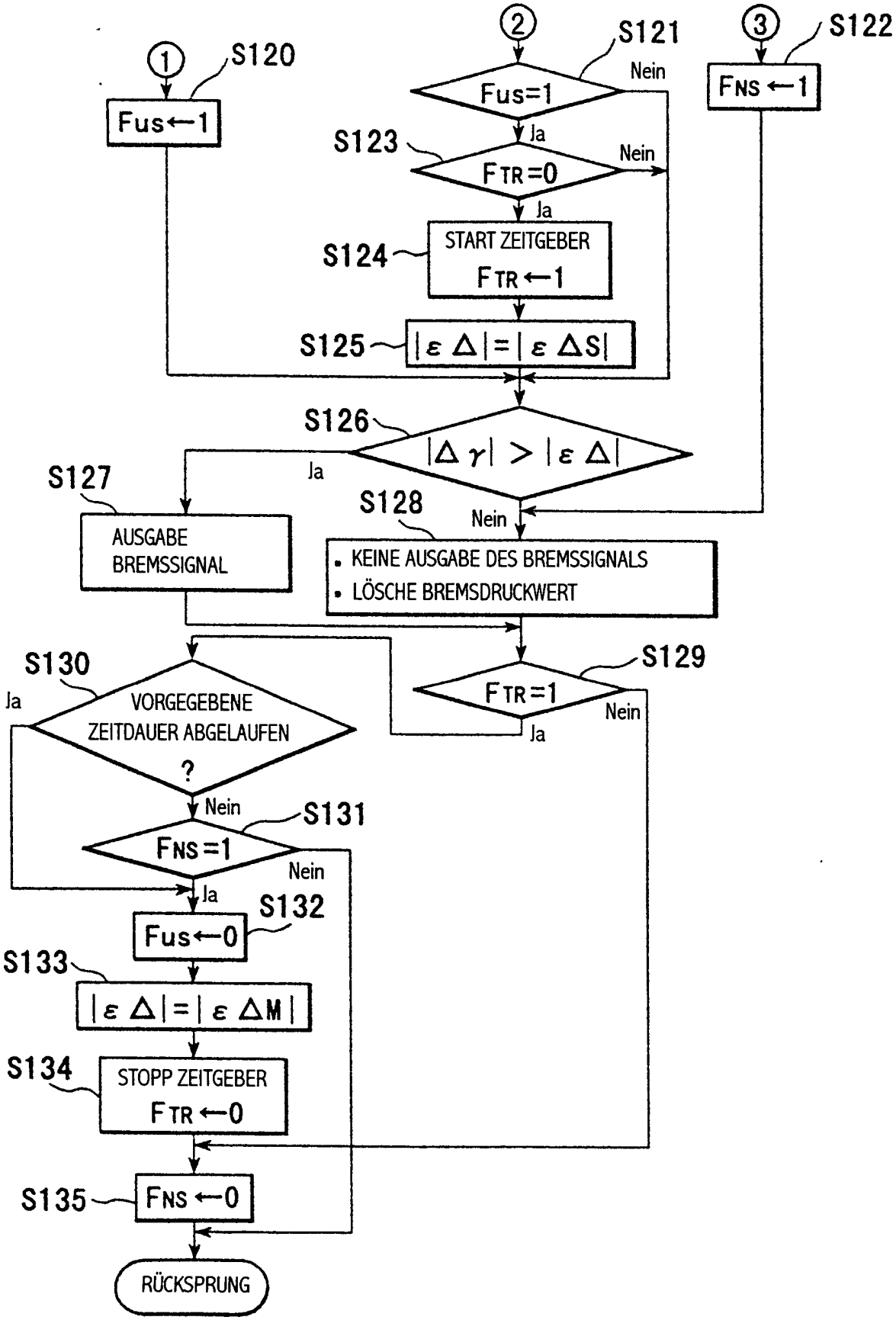

①
S120
Fus←1
②
S121
Fus=1
Nein
Ja
S123
FTR=0
Nein
Ja
S124
START ZEITGEBER
FTR←1
S125
|ε Δ|=|ε ΔS|
③
S122
FNS←1
S126
|Δγ| > |ε Δ|
Ja
S127
AUSGABE BREMSSIGNAL
S128
Nein
• KEINE AUSGABE DES BREMSSIGNALS
• LÖSCHE BREMSDRUCKWERT
S129
FTR=1
Nein
Ja
S130
Ja
VORGEGEBENE ZEITDAUER ABGELAUFEN ?
Nein
S131
FNS=1
Nein
Ja
S132
Fus←0
S133
|ε Δ|=|ε ΔM|
S134
STOPP ZEITGEBER
FTR←0
S135
FNS←0
RÜCKSPRUNG

FIG. 6

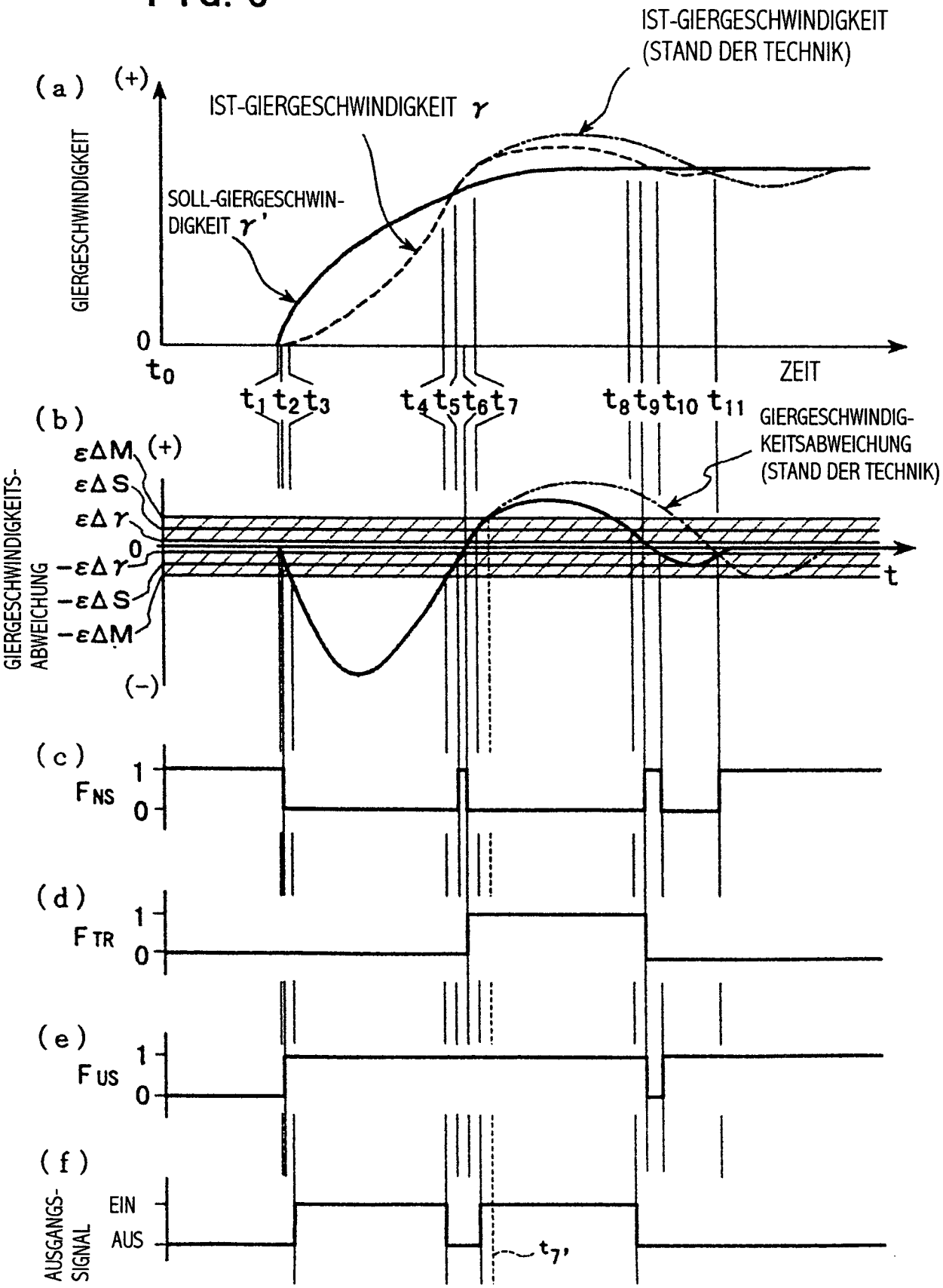

IST-GIERGESCHWINDIGKEIT
(STAND DER TECHNIK)
(a)
(+)
IST-GIERGESCHWINDIGKEIT γ
GIERGESCHWINDIGKEIT
SOLL-GIERGESCHWIN-
DIGKEIT γ'
0
t0
ZEIT
t1 t2 t3
t4 t5 t6 t7
t8 t9 t10 t11
(b)
GIERGESCHWINDIG-
KEITSABWEICHUNG
(STAND DER TECHNIK)
εΔM
εΔS
εΔγ
0
-εΔγ
-εΔS
-εΔM
(+)
(-)
GIERGESCHWINDIGKEITS-
ABWEICHUNG
t
(c)
FNS
1
0
(d)
FTR
1
0
(e)
FUS
1
0
(f)
AUSGANGS-
SIGNAL
EIN
AUS
t7'

FIG. 7a

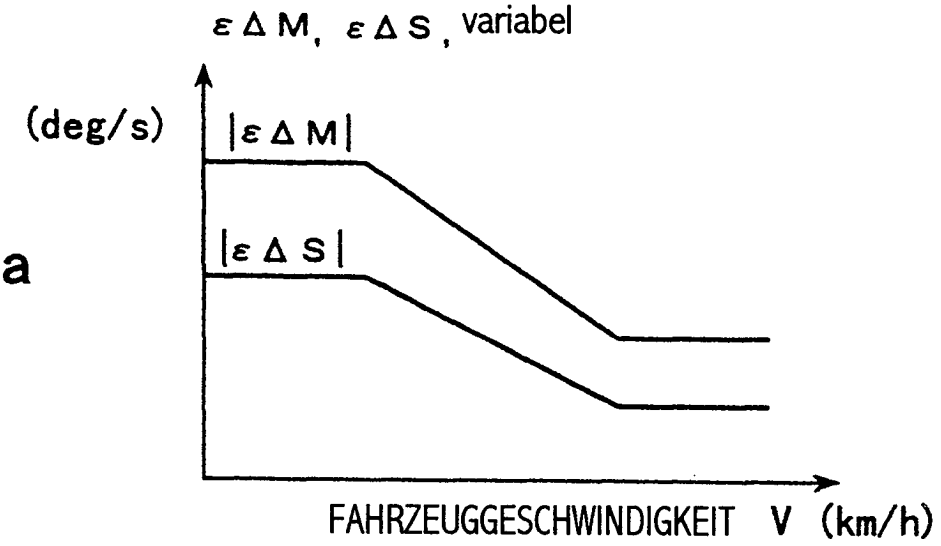


FIG. 7b

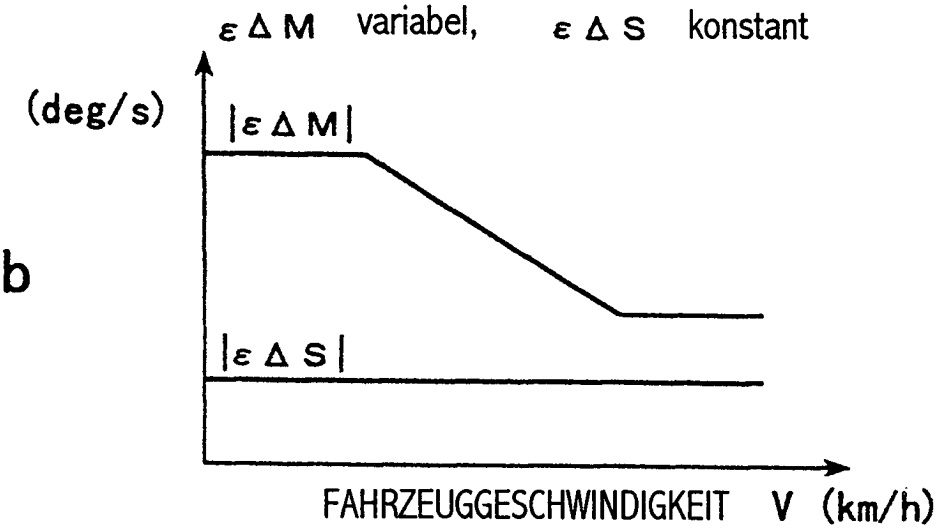


FIG. 7c

