(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 43 197 B4** 2006.04.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **196 43 197.2**
(22) Anmeldetag: **19.10.1996**
(43) Offenlegungstag: **24.04.1997**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **13.04.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B60T 8/60*** (2006.01)
B62D 6/00 (2006.01)
B60T 8/24 (2006.01)

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:
271304/95 19.10.1995 JP

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

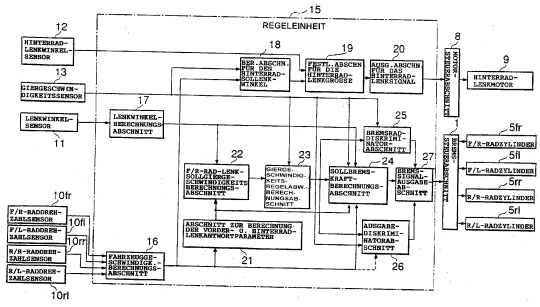
(74) Vertreter:
Dipl.-Ing. W. Reichel, Dipl.-Ing. H. Lippert, Patentanwälte, 60322 Frankfurt

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

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 39 19 347 C2
DE 44 05 379 A1
JP 05-2 94 249 A
JP 02-70 561 A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung, aufweisend eine Fahrzeuggeschwindigkeits-Detektoreinrichtung, die abhängig von Signalen von Raddrehzahlsensoren an den vier Rädern des Fahrzeugs die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs detektiert und ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal erzeugt, eine Vorderrad-Lenkwinkeldetektoreinrichtung, die den Einschlagwinkel eines Vorderrades des Fahrzeugs detektiert und ein Vorderrad-Lenkwinkelsignal erzeugt,
eine Hinterrad-Lenkwinkeldetektoreinrichtung, die den Einschlagwinkel eines Hinterrades detektiert und ein Hinterrad-Lenkwinkelsignal erzeugt, und
einen Berechnungsabschnitt (18), der abhängig von der Ist-Giergeschwindigkeit und dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal einen Soll-Lenkwinkel für das Hinterrad berechnet und ein Soll-Lenkwinkelsignal für das Hinterrad erzeugt,
einen Ausgabeabschnitt (20), der abhängig vom Hinterrad-Lenkwinkelsignal und vom Soll-Lenkwinkelsignal für das Hinterrad die Lenkgröße für die Hinterräder ausgibt,
eine Detektoreinrichtung, die die Ist-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs detektiert und ein Ist-Giergeschwindigkeitssignal erzeugt,
eine Einrichtung (22) zur Bestimmung der Soll-Giergeschwindikgeit,
einen Berechnungsabschnitt (23) für eine Giergeschwindigkeits-Regelabweichung, der abhängig vom Soll-Giergeschwindigkeitssignal und vom Ist-Giergeschwindigkeitssignal diese Regelabweichung durch Subtraktion der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung von der...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind verschiedene Bremskraftregelvorrichtungen zur Verbesserung der Fahrstabilität eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen worden, indem eine Bremskraft auf ein geeignetes Rad des Fahrzeugs während der Kurvenfahrt abhängig von der Kraft ausgeübt wird, die auf das Fahrzeug während der Kurvenfahrt und dergleichen wirkt.

[0003] Beispielsweise offenbart die japanische Offenlegungsschrift JP 2-70 561 A eine Bremskraftregelvorrichtung, die die Bremskraft auf der Grundlage einer Drehbewegung um die vertikale Achse regelt, die durch den Schwerpunkt des Kraftfahrzeugs geht, d.h. auf der Grundlage einer Giergeschwindigkeit, die einer Winkelgeschwindigkeit des Gierens entspricht. Hierbei wird eine Soll-Giergeschwindigkeit mit einer Ist-Giergeschwindigkeit verglichen und dann ermittelt, ob die Fahrzeugfahrbedingungen einer Untersteuerungstendenz oder einer Übersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit entsprechen. Damit die Ist-Giergeschwindigkeit mit der Soll-Giergeschwindigkeit übereinstimmt, wird bei Vorliegen einer Untersteuerungstendenz auf die Innenräder und bei Übersteuerungstendenz auf die Außenräder eine Bremskraft ausgeübt, so daß die Fahrstabilität des Fahrzeugs verbessert ist.

[0004] Darüber hinaus offenbart die japanische Offenlegungsschrift JP 5-294 249 A eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung, die ferner die Fahrstabilität eines Kraftfahrzeugs dadurch weiter verbessert, daß sie die Bremskraftregelung mit einer 4-Rad-Lenkwinkelregelung (4WS-Regelung) für den Einschlag bzw. Lenkwinkel der vorder- und Hinterräder kombiniert.

[0005] In der oben dargelegten Bremskraftregelung stellt die Soll-Giergeschwindigkeit, die auf der Grundlage eines Antwortparameters und eines Vorderrad-Einschlagwinkels abgeleitet wird, einen wichtigen Regelparameter dar, der exakt abzuleiten ist.

[0006] Wenn die Bremskraftregelung mit der 4-Rad-Lenkwinkelregelung kombiniert wird, treten aus diesem Grund, falls die Soll-Giergeschwindigkeit an einem Fahrzeugmodell für ein typisches Fahrzeug mit Vorderradlenkung (2WS-Fahrzeug) abgeleitet wird, Fehler auf, so daß es schwierig ist, eine effiziente Regelung auf den Sollwert zu erzielen. Ein Grund hierfür liegt darin, daß sich die Bedingungen für das Auftreten einer Gierbewegung bei einem bestimmten Lenkradwinkel bzw. -einschlag für ein 4WS-Fahrzeug und ein 2WS-Fahrzeug unterscheiden. Falls daher die erwähnte Bremskraftregelung unter Zugrundelegung des Fahrzeugmodells für das 2WS-Fahrzeug ausgeführt wird, ist die abgeleitete Soll-Giergeschwindigkeit in einem relativ niedrigen Frequenzbereich der Lenkung relativ groß, so daß man beobachtet, daß das Fahrzeug im Vergleich zum tatsächlichen Zustand eine Tendenz zum Wegdriften oder Nachaußenschieben zeigt, so daß die Bremskraftregelung in Richtung der Fahrzeugdrehung ausgeführt wird. In einem relativ hohen Frequenzbereich der Lenkung ist die abgeleitete Soll-Giergeschwindigkeit ziemlich klein, so daß ermittelt wird, daß das Fahrzeug eine Gier- bzw. Drehtendenz im Vergleich zum tatsächlichen Zustand aufweist, so daß die Bremskraftregelung in Richtung des Wegdriftens beginnt.

[0007] Andererseits wird bei der 4WS-Regelung bei Auftreten eines abnormen Verhaltens in einem Sensor, einem Steuerabschnitt, einem Lenkabschnitt usw. der Hinterrad-Lenkwinkel so festgelegt, daß er in die neutrale Stellung zurückkehrt, um dann hierauf festgestellt zu werden, um so zu verhindern, daß die Einstellung des Hinterrad-Lenkwinkels unterbrochen wird. Falls in einem solchen Fall die Bremskraftregelung unter Zugrundelegung des 4WS-Fahrzeugmodells fortfährt, treten Fehler auf, so daß es schwierig ist, eine effektive Annäherung an den Sollwert zu erzielen.

[0008] In der japanischen Offenlegungsschrift JP 2-70 561 A ist eine Bremskraftregelvorrichtung offenbart, die die Bremskraft auf der Grundlage der Giergeschwindigkeit regelt. Dabei wird eine Soll-Giergeschwindigkeit mit einer Ist-Giergeschwindigkeit verglichen und dann ermittelt, ob die Fahrbedingungen einer Unter- oder Übersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit entsprechen. Um die Ist-Giergeschwindigkeit auf die Soll-Giergeschwindigkeit zu bringen, wird bei Vorliegen einer Untersteuerungstendenz eine Bremskraft auf die Innenräder bzw. bei Übersteuerungstendenz eine Bremskraft auf die Außenräder ausgeübt, so daß die Fahrstabilität des Fahrzeugs verbessert ist. Die Soll-Giergeschwindigkeit wird dabei aus der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Lenkradwinkel, d.h. dem Vorderradlenkwinkel bestimmt.

[0009] In der japanischen Offenlegungsschrift JP 5-294 249 A ist eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung offenbart, die die Fahrstabilität eines Kraftfahrzeugs dadurch verbessert, daß sie die Bremskraftregelung mit einer Lenkwinkelregelung (4WS-Regelung) für den Einschlag der Vorder- und Hinterräder kombiniert. Hier wird zunächst, wie den **Fig.** 8 sowie 5 bzw. 12 zu entnehmen ist, eine Soll-Giergeschwindigkeit mit einem üblichen Modell für ein über die Vorderräder gelenktes Fahrzeug in Abhängigkeit von dem Lenkwinkel und der Fahrzeuggeschwindigkeit verwendet. Die Regelung der Hinter-

radlenkung erfolgt dann auf der Basis der Soll-Giergeschwindigkeit sowie des Lenkwinkels und der Fahrzeuggeschwindigkeit. Die Regelung der Bremskräfte erfolgt unabhängig von der Hinterradlenkwinkelregelung über die Soll-Giergeschwindigkeit. Dabei ist zu beachten, daß in der Berechnungseinheit **10h** nach **Fig.** 13 Lenkwinkel und Bremsdrücke getrennt behandelt werden.

[0010] In der den Oberbegriff des Patentanspruchs 1 belegenden DE 44 05 379 A1 ist eine Vorrichtung zur Regelung der Fahrzeugbewegung beschrieben, dort Fahrdynamiksystem genannt, die einen Antiblockierregler, einen Hinterachslenkungsregler sowie einen Fuzzy-Bremsregler enthält. Auf der Basis des Vorderradlenkwinkels und einer Gier-Geschwindigkeits-Regelabweichung zwischen gemessener Ist-Giergeschwindigkeit und Soll-Giergeschwindigkeit wird ein Sollbremsdruck berechnet, der dann über einen Druckregler an den Bremsen eingeregelt wird. Über das ABS erfolgt dabei eine Regelung des Bremsschlupfes. Ein System zur Benutzung bei einer Hinterachslenkung ist auch beschrieben.

Aufgabenstellung

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, die oben genannten Probleme zu beseitigen und eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung vorzusehen, die eine stabile und verbesserte Regelung durch Bremskraftregelung in Verbindung mit einer 4WS-Regelung ermöglicht. Ferner soll die. Vorrichtung bei Anwendung einer 4WS-Regelung die stabile und verbesserte Regelung auch beim Auftreten von anormalen Zuständen bei der 4WS-Regelung ermöglichen.

[0012] Die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung vorzusehen, die eine stabile und verbesserte Regelung durch Bremskraftregelung in Verbindung mit einer 4WS-Regelung ermöglicht, wird durch eine Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0013] Die Aufgabe, auch bei Auftreten von anormalen Zuständen bei der 4WS-Regelung, die Fahrzeugbewegung stabil zu regeln, wird durch die Merkmale des Anspruchs 2 gelöst.

[0014] Durch die Verwendung eines Fahrzeugmodells für Vorder- und Hinterradlenkung zur Berechnung eines entsprechenden Antwortparameters bzw. einer entsprechenden Gierverstärkung und Berücksichtigung dieser Gierverstärkung bei der Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit wird die Regelung des Fahrverhaltens wesentlich verbessert, da der Sollwert für die Giergeschwindigkeit nun mit einem realistischeren Modell berechnet wird. Dabei wird der Hinterradlenkwinkel unabhängig von der Soll-Giergeschwindigkeit geregelt.

[0015] Eine Vorrichtung mit den Merkmalen nach Anspruch 2 benutzt beim Auftreten von anormalen Zuständen der 4WS-Regelung mit nachfolgendem Festhalten des Hinterradlenkwinkels durch das Umschalten auf ein 2WS-Modell wieder ein der physikalischen Realität entsprechendes Modell, was zu einer stabilen und optimalen Regelung sogar bei Ausfall der 4WS-Regelung sorgt. Dieses Umschalten wird im wesentlichen durch das Umschalten auf den alternativ im Fehlerfall zu benutzenden Berechnungsabschnitt zur Berechnung eines Antwortparameters für Vorderradlenkung und den Berechnungsabschnitt für die Soll-Giergeschwindigkeit für Vorderradlenkung erreicht. Das Umschalten erfolgt durch den Umschaltabschnitt.

[0016] Der Umschaltabschnitt für die Lenkcharakteristik kann so ausgelegt sein, daß er den Vorderradlenk-Antwortparameter als den Antwortparameter ausgibt und die Vorderradlenk-Sohl-Giergeschwindigkeit als die Soll-Giergeschwindigkeit mit einer vorbestimmten Antwortcharakteristik oder Ansprechcharakteristik, wenn die Ausgangssignale des Antwortparameters und der Soll-Giergeschwindigkeit in diejenigen des Vorderradlenk-Antwortparameters und der Vorderradlenk-Soll-Giergeschwindigkeit geändert werden. Durch diese Antwortcharakteristik ist es möglich, den Übergang der Ausgangssignale sanft zu bewerkstelligen und eine abrupte Änderung zu verhindern.

[0017] Nach der Erfindung ist es ferner möglich, einen Antwortparameter und die Soll-Giergeschwindigkeit exakt abzuleiten, die für eine Bremskraftregelung in Kombination mit einer 4WS-Regelung verwendet werden, um so eine Sollwertannäherung zu erzielen und eine stabile Regelung zu bewerkstelligen.

[0018] Wenn ferner eine Abnormalität in der 4WS-Regelung detektiert wird, werden die Antwortparameter und die Soll-Giergeschwindigkeiten, die für das 4WS-Fahrzeugmodell abgeleitet wurden, auf diejenigen umgeschaltet, die für das 2WS-Fahrzeug abgeleitet werden. Selbst wenn daher eine Abnormalität in der 4WS-Regelung auftritt, ist es möglich, in stabiler Weise eine Bremskraftregelung durch die 2WS-Regelung zu erzielen.

Ausführungsbeispiel

[0019] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0020] Fig. 1 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung!

[0021] Fig. 2 eine erläuternde Darstellung, die den

Aufbau des ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung schematisch darstellt;

[0022] Fig. 3 eine erläuternde Darstellung der Bewegungen eines Kraftfahrzeugs nach dem ersten Ausführungsbeispiel einer Bremskraftregelung gemäß der Erfindung;

[0023] Fig. 4 ein Flußdiagramm einer Fahrzeugbewegungsregelung nach dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0024] Fig. 5 ein Flußdiagramm, das demjenigen der Fig. 4 folgt;

[0025] Fig. 6 ein Flußdiagramm eines Regelprogramms für die Lenkung der Vorder- und Hinterräder im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0026] Fig. 7 ein Zeitdiagramm, das ein Beispiel für eine Bremskraftregelung im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0027] **Fig.** 8 einen Graphen, der die Kennlinie eines Giergeschwindigkeitssensors im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

[0028] **Fig.** 9(a) bis 9(c) Graphen, die die Kennlinie von Diskriminatorschwellwerten im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigen;

[0029] Fig. 10 ein funktionelles Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

[0030] Fig. 11 ein Flußdiagramm einer Fahrzeugbewegungsregelung für das zweite Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0031] Fig. 12 ein Flußdiagramm einer Fehlerdiagnose im zweiten Ausführungsbeispiel nach der vorliegenden Erfindung für den Fall eines Giergeschwindigkeitssensors als Beispiel.

[0032] Im folgenden werden die Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Regelvorrichtung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert.

[0033] Nach Fig. 2 ist ein Bremssteuerabschnitt **1** eines Kraftfahrzeugs mit einem Hauptbremszylinder **3** verbunden. Der Hauptbremszylinder **3** ist auch mit einem Bremspedal **2** verbunden, das von einem Fahrer betätigt wird. Wenn der Fahrer auf das Bremspedal **2** tritt, wird Bremsdruck vom Hauptbremszylinder **3** in jeden von mehreren Radzylindern (einen Zylinder **5fl** für das linke Vorderrad, einen Zylinder **5fr** für das rechte Vorderrad, einen Zylinder **5rl** für das linke Hinterrad und einen Zylinder **5rr** für das rechte Hinterrad) für die vier Räder (das linke Vorderrad **4fl**, das rechte Vorderrad **4fr**, das linke Hinterrad **4rl** und das rechte Hinterrad **4rr**) über den Bremssteuerabschnitt **1** eingeleitet, so daß eine Bremskraft auf die vier Räder ausgeübt wird.

[0034] Der Bremssteuerabschnitt **1** ist eine Hydraulikeinheit, die eine Druckquelle, ein Druckminderventil und ein Druckverstärkungsventil aufweist. Der Bremssteuerabschnitt **1** kann unabhängig für die jeweiligen Räder Bremsdruck in die Radzylinder **5fl**, **5fr**, **5rl** und **5rr** einleiten.

[0035] Ein Vorderrad-Lenkabschnitt **6** des Fahrzeugs verfügt über eine Hilfskraft-Lenkeinrichtung und ist mit dem linken Vorderrad **4fl** und dem rechten Vorderrad **4fr** über ein Lenkgestänge verbunden.

[0036] Ein Hinterrad-Lenkabschnitt **7** des Fahrzeugs ist mit einem Hinterradantriebsmotor **9** versehen, der mittels eines Motorantriebsabschnitts **8** angesteuert wird. Die über den Hinterradantriebsmotor **9** übertragene Kraft wird auf das linke Hinterrad **4rl** und das rechte Hinterrad **4rr** über eine Schnecke, ein Schneckenrad und einen Lenkmechanismus übertragen, um das linke Hinterrad **4rl** und das rechte Hinterrad **4rr** anzusteuern und einzuschlagen.

[0037] Die Raddrehzahlen ω1, ω2, ω3 und ω4 der jeweiligen Räder **4fl**, **4fr**, **4rl** und **4rr** werden mittels Raddrehzahlsensoren detektiert (gemessen), wobei ein Drehzahlsensor **10fl** für das linke Vorderrad, ein Drehzahlsensor **10fr** für das rechte Vorderrad, ein Drehzahlsensor **10rl** für das linke Hinterrad und ein Drehzahlsensor **10rr** für das rechte Hinterrad vorgesehen sind. Darüber hinaus ist der Lenkradabschnitt des Fahrzeugs mit einem Lenkradwinkelsensor **11** versehen, der den Einschlagwinkel des Lenkrads detektiert, und der Hinterrad-Lenkabschnitt **7** ist mit einem Hinterrad-Lenkwinkelsensor **12** versehen, der als Detektoreinrichtung für den Hinterrad-Lenkwinkel δ_r dient.

[0038] Die Bezugszahl **15** bezeichnet eine Regeleinheit, die einen Mikrocomputer und dessen periphere Schaltungen umfaßt. Die Raddrehzahlsensoren **10fl**, **10fr**, **10rl** und **10rr**, der Lenkradwinkelsensor **11** für den Einschlagwinkel des Lenkrads und **12** für den Hinterrad-Einschlagwinkel sowie ein Giergeschwindigkeitssensor **13**, der als Detektoreinrichtung für den Istwert der Giergeschwindigkeit γ des Fahrzeugs dient, sind mit der Regeleinheit **15** verbunden, die ein Steuersignal an den Bremssteuerabschnitt **1** und den Motorantriebsabschnitt **8** des Hinterrad-Lenkabschnitts **7** ausgibt.

[0039] Der Giergeschwindigkeitssensor **13** ist beispielsweise aus einer Kombination von piezoelektrischen Elementen gebildet. Wie **Fig.** 8 zeigt, ist der Giergeschwindigkeitssensor **13** so ausgelegt, daß er eine Giergeschwindigkeit im Bereich von –20 (im

Uhrzeigersinn) bis +20 (entgegen dem Uhrzeigersinn) Grad/s bei einer Ausgangsspannung VaL bis VaH mißt. Das vom Sensor **13** ausgegebene Signal wird der Regeleinheit **15** beispielsweise über ein Tiefpaßfilter mit 7Hz zugeführt.

[0040] Gemäß Fig. 1 umfaßt die Regeleinheit **15** einen Berechnungsabschnitt **16** für die Fahrzeuggeschwindigkeit, einen Berechnungsabschnitt **17** für den Lenkwinkel oder Einschlagwinkel, einen Berechnungsabschnitt **18** für den Hinterradlenkwinkel-Sollwert, einen Festlegungsabschnitt **19** für die Hinterradlenkgröße, einen Abschnitt **20** zur Ausgabe des Hinterradlenkwinkelsignals, einen Abschnitt **21** zur Berechnung der Parameter des Vorder- und Hinterradlenkansprechverhaltens, einen Abschnitt **22** zur Berechnung einer Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung, einen Abschnitt **23** zur Berechnung der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung, einen Abschnitt **24** zur Berechnung einer Soll-Bremskraft, einen Diskriminatorabschnitt **25** für ein zu bremsendes Rad, einen Ausgangssignal-Diskriminatorabschnitt **26** und einen Bremssignalausgabeabschnitt **27**.

[0041] Der Abschnitt **16** zur Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit ist als Teil einer Schaltung ausgebildet, die als Detektoreinrichtung für die Fahrzeuggeschwindigkeit dient und Signale der Drehzahlen ω1, ω2, ω3 und ω4 von den jeweiligen Raddrehzahlsensoren **10fl**, **10fr**, **10rl** und **10rr** empfängt, um hieraus die Fahrzeuggeschwindigkeit V entsprechend einer vorab festgelegten numerischen Formel zu berechnen (beispielsweise durch Ableiten eines Durchschnittswerts der Drehzahlsignale von den jeweiligen Drehzahlsensoren **10fl** bis **10rr**). Dann gibt der Abschnitt **16** die abgeleitete Fahrzeuggeschwindigkeit V an den Berechnungsabschnitt für den Hinterrad-Lenkwinkel-Sollwert, den Berechnungsabschnitt **21** für die Berechnung des Vorder- und Hinterradlenkansprechverhaltens und den Berechnungsabschnitt **24** für die Soll-Bremskraft.

[0042] Der Abschnitt **17** zur Berechnung des Lenkwinkels ist in einem Schaltungsteil vorgesehen, der als Detektoreinrichtung für den Vorderradlenkwinkel dient und Signale vom Lenkradwinkelsensor **11** empfängt, um einen Istwert des Vorderradlenkwinkels δ_f (= θ/N) abzuleiten, indem hierzu der Lenkradwinkel θ durch eine Lenkgetriebeübersetzung N dividiert wird, wobei der abgeleitete Istwert δ_f an den Abschnitt **22** für die Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit und den Berechnungsabschnitt **24** für die Soll-Bremskraft ausgegeben wird.

[0043] Der Berechnungsabschnitt **18** für den Hinterrad-Soll-Lenkwinkel ist in einem Schaltungsteil ausgebildet, der auf eine Tabelle auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit V Bezug nimmt, um einen Hinterrad-Lenkwinkelkoeffizienten Kγ, festzulegen und einen Sollwert für den Hinterradlenkwinkel $\delta_{r'}$ aus diesem Koeffizienten Kγ und der Ist-Giergeschwindigkeit γ abzuleiten, um dann den abgeleiteten Sollwinkelwert $\delta_{r'}$ an den Festlegungsabschnitt **19** für die Hinterradlenkgröße auszugeben. Der Sollwinkelwert $\delta_{r'}$ wird nach folgender Formel abgeleitet:

$$\delta_{r'} = K\gamma \cdot \gamma \qquad (1)$$

[0044] Dies bedeutet, daß die Lenkwinkelsteuerung im ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine 4WS-Regelung ist, d.h. eine giergeschwindigkeitsproportionale Hinterrad-Lenkwinkelregelung.

[0045] Der Festlegungsabschnitt **19** für die Hinterradlenkgröße legt eine Soll-Größe für die Hinterradlenkung aus dem Sollwert des Hinterrad-Lenkwinkels $\delta_{r'}$ und dem Hinterrad-Lenkwinkel δ_r fest. Der Ausgabeabschnitt **20** für das Hinterrad-Lenkwinkelsignal oder -einschlagsignal gibt ein Signal entsprechend der Hinterrad-Lenkgröße an den Motorantriebsabschnitt **8** des Hinterradlenkabschnitts **7** ab, um den Hinterradlenkmotor **9** anzusteuern.

[0046] Der Abschnitt **21** zur Berechnung des Vorder- und Hinterradlenkantwortparameters leitet einen Wert für die Giergeschwindigkeit ab (einen stationären Verstärkungsfaktor $G_{\gamma\delta f(0)}$ (Verstärkung im stationären, eingeschwungenen Zustand) in Abhängigkeit von dem Vorderrad-Einschlagwinkel δ_f beim Einschlagen des Fahrzeugs auf eine stationäre oder konstante Kreisdrehung nach einem 4WS-Fahrzeugmodell auf der Grundlage einer vorab festgelegten Formel (eine stationäre Gierwinkelgeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ für eine Vorder- und Hinterradlenkung). Ferner dient die Schaltung **21** zur Ableitung einer Einschwing- oder Resonanzeigenfrequenz ω_{n1}, eines Dämpfungsverhältnisses ζ1 und dergleichen bezüglich der Lenkung auf der Grundlage des 4WS-Fahrzeugmodells. Die jeweiligen Antwort- oder Einschwingparameter werden vom Abschnitt zur Berechnung einer Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung **22** ausgegeben, und es wird der stationäre Verstärkungsfaktor für die Giergeschwindigkeit $G_{\gamma\delta f(0)}$ an den Abschnitt **24** zur Berechnung der Sollbremskraft ausgegeben. Unter der Voraussetzung, daß der Achsabstand bzw. Radstand L beträgt und ein Stabilitätsfaktor, der durch Größen des 4WS-Fahrzeugmodells bestimmt ist, A1 beträgt, kann die stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ nach folgender Formel berechnet werden:

$$G_{\gamma\delta f(0)} = G_{\gamma\delta f(0)4WS} = \{1/1 + A1 \cdot A2)\} \cdot V/L \qquad (2)$$

[0047] Unter der Annahme, daß ein Stabilitätsfaktor, der durch die Größen des 2WS-Fahrzeugmodells bestimmt, A0 beträgt, kann die folgende Beziehung zwischen den Stabilitätsfaktoren A1 und A0 aufgestellt werden:

$$A1 = A0 + K\gamma/(L \cdot V) \quad (3)$$

[0048] Vorausgesetzt, die Masse des Fahrzeugs ist m, der Abstand zwischen einer vorderen Welle und dem Schwerpunkt beträgt Lf, der Abstand zwischen einer hinteren Welle und dem Schwerpunkt beträgt Lr, eine vordere äquivalente Kurvensteifigkeit beträgt VPf (von cornering power front) (auch Seitenkraftbeiwert) und eine hintere äquivalente Kurvensteifigkeit beträgt CPr (von cornering power rear), so kann der Stabilitätsfaktor A0 nach folgender Formel berechnet werden:

$$A0 = \{-m \cdot (Lf \cdot CPf - Lr \cdot CPr)\}/(2 \cdot L^2 \cdot CPf \cdot CPr) \quad (4)$$

[0049] Der Abschnitt **22** zur Berechnung einer Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung berechnet eine Sollgiergeschwindigkeit γ' (eine Vorder- und Hinterradlenkungs-Sollgiergeschwindigkeit γ'4WS) unter Berücksichtigung einer Ansprechverzögerung des Fahrzeugs auf der Grundlage des Vorderradeinschlagwinkels δ_f aus dem Berechnungsabschnitt **17**, den jeweiligen Antwortparametern $G_{\gamma\delta f(0)}$, dem Wert ω_{n1} aus dem Berechnungsabschnitt **21** für den Vorder- und Hinterradlenkantwortparameter, dem Dämpfungsverhältnis ζ1 usw., um dann den berechneten Sollwert γ' an den Abschnitt **23** zur Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeits-Regelabweichung auszugeben.

[0050] In der folgenden Formel für γ' sei T eine Zeitkonstante und s der Laplace-Operator:

$$\gamma' = \gamma'4WS$$
$$= G_{\gamma\delta f(0)} \cdot (1 + T \cdot s)/\{(s^2/\omega_{n1}^2) + (2 \cdot \zeta 1 \cdot s/\omega_{n1}) + 1\} \cdot \delta_f \quad (5)$$

[0051] Dabei gilt für die Zeitkonstante beispielsweise folgende Formel:

$$T = (m \cdot Lf \cdot V)/(2 \cdot L \cdot CPr) \quad (6)$$

[0052] Der Abschnitt **23** zur Berechnung der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung subtrahiert die Soll-Giergeschwindigkeit γ' vom Ausgang der Berechnungsschaltung **22** von der Ist-Giergeschwindigkeit γ, die vom Giergeschwindigkeitssensor **13** detektiert worden ist, um hieraus die Regelabweichung Δγ(= γ – γ') abzuleiten und an den Berechnungsabschnitt **24** für die Soll-Bremskraft, den Diskriminatorabschnitt **25** für das zu bremsende Rad und den Ausgangssignaldiskriminatorabschnitt **26** auszugeben.

[0053] Der Abschnitt **24** zur Berechnung der Soll-Bremskraft berechnet die Soll-Bremskraft (einen Vorderrad-Sollfluiddruck BF2f, einen Hinterrad-Sollfluiddruck BF2r) abhängig von Fahrzeuggrößen auf der Grundlage der Bewegungsbedingungen des Fahrzeugs (Fahrzeuggeschwindigkeit V, Vorderradeinschlagwinkel δ_f, Ist-Giergeschwindigkeit γ), der stationären Giergeschwindigkeits-Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ und der Regelabweichung Δγ. Die berechneten Soll-Fluiddrücke BF2f und BF2r werden an den Bremssignalausgabeabschnitt **27** ausgegeben. Die Druckwerte BF2f und BF2r werden beispielsweise nach folgenden Formeln berechnet:

$$BF2f = G1 \cdot (\Delta A \cdot 4 \cdot L^2 \cdot CPf \cdot Cpr \cdot V)/\{(CPf + CPr)/df\} \cdot \gamma \quad (7)$$

$$BF2r = G1 \cdot (\Delta A \cdot 4 \cdot L^2 \cdot CPf \cdot Cpr \cdot V)/\{(CPf + CPr)/dr\} \cdot \gamma \quad (8)$$

[0054] Darin ist G ein Verstärkungsfaktor, df eine vordere Spurweite, dr eine hintere Spurweite, und ΔA wird durch die folgende formel ausgedrückt:

$$\Delta A = \{\delta_f/G_{\gamma\delta f(0)} \cdot \delta_f + \Delta\gamma) - 1/G_{\gamma\delta f(0)}\}/(L \cdot V) \quad (9)$$

[0055] Darüber hinaus kann Δγ in der Formel (9) unter Berücksichtigung des Schräglaufwinkels oder Schwimmwinkels (Rutsch- oder Driftwinkel genannt) β korrigiert werden, der einem Winkel zwischen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs und der Vorwärts- und Rückwärtsrichtung entspricht, und der so korrigierte Δγ-Wert kann in Formel (9) eingesetzt werden. Um darüber hinaus ein Wegrutschen der Hinterräder eines Fahrzeugs infolge der darauf ausgeübten Bremskraft zu verhindern, wodurch ein Fahrzeug speziell dann instabil wird, wenn das Fahrzeug auf einer Straßenoberfläche mit geringem μ-Wert fährt, oder um zu verhindern, daß der Fahrer die Instabilität des Fahrzeugs infolge eines starken Drehmoments des Fahrzeugs entgegen seiner Absicht spürt, wenn Bremskraft auf die Hinterräder ausgeübt wird, kann der Sollwert für den Hinterrad-Fluiddruck oder -flüssigkeitsdruck BF2r auch auf einen kleineren Wert gesetzt werden, der dadurch abgeleitet wird, daß der nach Formel (8) abgeleitete Wert mit einem Faktor multipliziert wird, der zwischen 0 und 1 liegt.

[0056] Der Diskriminatorabschnitt **25** für das zu bremsende Rad ist eine Schaltung, die ein Fahrzeugrad, das zu bremsen ist, auf der Grundlage der Kombination der Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ und der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ auswählt, wobei die folgenden Kombinationen in dieser Schaltung vorab festgelegt sind. Darüber hinaus werden die beiden Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ und der Soll-Giergeschwindigkeit γ' so definiert, daß die Richtung einer Fahrzeugdrehung nach links positiv (+) und die Richtung einer Fahrzeugdrehung nach rechts negativ (–) ist. Darüber hinaus wird festgelegt, daß ε eine positive Zahl von angenähert 0 ist, die durch ein Experiment, eine Berechnung oder dergleichen ermittelt wird, um festzustellen, daß das Fahrzeug geradeaus fährt, und es wird vorab festgelegt, daß εΔγ eine positive Zahl von angenähert 0 ist, die durch ein Experiment, eine Berechnung oder dergleichen ermittelt wird, um den Zustand festzulegen, bei dem das Fahrzeug sich bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' in einem im

wesentlichen neutralen Lenkzustand befindet. Darüber hinaus werden die folgenden Einstellungen vorgenommen:
(Fall 1): Ist $\gamma > \varepsilon$ und $\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$, d.h. dreht sich das Fahrzeug nach links und zeigt sein Verhalten eine Untersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ', so wird das linke Hinterrad gebremst.
(Fall 2): Ist $\gamma > \varepsilon$ und $\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$, d.h. dreht sich das Fahrzeug nach links und zeigt sein Verhalten eine Übersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ', so wird das rechte Vorderrad gebremst.
(Fall 3): Ist $\gamma < \varepsilon$ und $\Delta\gamma < -\varepsilon\Delta\gamma$, d.h. dreht sich das Fahrzeug nach rechts und zeigt sein Verhalten eine Übersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ', so wird das linke Vorderrad gebremst.
(Fall 4): Ist $\gamma < \varepsilon$ und $\Delta\gamma > \varepsilon\Delta\gamma$, d.h, dreht sich das Fahrzeug nach rechts und zeigt sein Verhalten eine Untersteuerungstendenz bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ', so wird das rechte Hinterrad gebremst.
(Fall 5): Ist $|\gamma| < |\varepsilon|$, d.h. fährt das Fahrzeug im wesentlichen geradeaus, oder ist $|\Delta\gamma| \leq |\varepsilon\Delta\gamma|$, d.h. liegt ein im wesentlichen neutraler Lenkzustand vor (ein Lenkzustand mit einem Lenkradwinkel von praktisch 0), so wird kein zu bremsendes Rad ausgewählt und kein Rad gebremst (Fig. 3).

[0057] Dies bedeutet, daß in den Bereichen des Istwerts γ und der Regelabweichung Δγ (ausgenommen der Fall einer im wesentlichen Geradeausfahrt, bestimmt durch $|\gamma| < |\varepsilon|$ für den Fall 5, oder der Fall einer neutralen Lenkung bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ', bestimmt durch $|\Delta\gamma| \leq |\Delta\varepsilon\gamma|$ wenn sich das Vorzeichen der Ist-Geschwindigkeit vom Vorzeichen der Regelabweichung Δγ unterscheidet, das hintere Innenrad als das zu bremsende Rad ausgewählt wird, und wenn das Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ mit dem Vorzeichen der Regelabweichung Δγ übereinstimmt, das vordere Außenrad als das zu bremsende Rad ausgewählt wird. Die Ergebnisse des Diskriminatorabschnitts **25** werden dann an den Bremssignalausgabeabschnitt **27** ausgegeben.

[0058] Der Diskriminatorabschnitt **26** dient dazu, einen Diskriminatorschwellwert εΔ festzulegen, der dazu dient zu beurteilen, ob die Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ innerhalb eines Regelbereichs liegt, wobei in einer weiter unten zu erläuternden Art und Weise der Schwellwert εΔ mit der Regelabweichung Δγ verglichen wird, um festzustellen, ob Δγ im Regelbereich liegt, wobei dann das Ergebnis dieser Ermittlung an den Bremssignalausgabeabschnitt **27** ausgegeben wird.

[0059] Als Diskriminatorschwellwert εΔ wird gewöhnlich ein erster Schwellwert εΔM gesetzt (eingestellt). Nach einem Übergang des Fahrzeugverhaltens aus einer Untersteuerungstendenz in eine Übersteuerungstendenz wird ein zweiter Schwellwert εΔS als Diskriminatorschwellwert εΔ über eine vorab festgelegte Zeit (in einem Zeitgeber vorab eingestellte Zeitdauer) oder so lange festgesetzt, bis irgendeiner der Werte Giergeschwindigkeits-Regelabweichung und Ist-Giergeschwindigkeit angenähert 0 ist, nachdem das Fahrzeugverhalten auf Übersteuerungstendenz wechselt, selbst wenn dies innerhalb der vorab festgelegten Zeit auftritt. Sowohl der erste Schwellwert εΔM als auch der zweite Schwellwert εΔS sind positive Werte, die vorab durch ein Experiment oder dergleichen bestimmt wurden. Die Beziehung zwischen den jeweiligen Schwellwerten zur Beurteilung der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ ist $|\varepsilon\Delta M| > |\varepsilon\Delta S| \geq |\varepsilon\Delta\gamma|$.

[0060] Ist darüber hinaus zumindest eine Größe vom ersten Schwellwert εΔM und zweiten Schwellwert εΔS in einer Speichertabelle entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit gemäß Darstellung in Fig. 9 variabel festgelegt, ist es möglich, einen geeigneteren Wert entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit als Beurteilungsschwellwert oder Diskriminatorschwellwert εΔ festzulegen. Ist die Fahrzeuggeschwindigkeit geringer, kann der Fahrer, selbst wenn das Fahrzeugverhalten instabil ist, ein solches instabiles Verhalten im Vergleich zu dem Fall einer höheren Fahrzeuggeschwindigkeit einfach korrigieren, so daß keine Regelung erforderlich ist. Daher ist es möglich, einen relativ großen regelfreien Bereich festzulegen. Aus diesem Grund können gemäß **Fig.** 9(a) der erste Schwellwert εΔM und der zweite Schwellwert εΔS so festgelegt werden, daß sie mit steigender Fahrzeuggeschwindigkeit abnehmen. Alternativ kann gemäß **Fig.** 9(b) der zweite Schwellwert εΔS auf einen konstanten Wert gesetzt werden, während der erste Schwellwert εΔM so festgelegt wird, daß er mit steigender Fahrzeuggeschwindigkeit abnimmt. Ferner kann gemäß **Fig.** 9(c) der erste Schwellwert εΔM auf einen konstanten Wert gesetzt werden, während der zweite Schwellwert εΔS mit steigender Fahrzeuggeschwindigkeit abnimmt.

[0061] Der Bremssignalausgabeabschnitt **27** gibt ein Diskriminatorsignal aus, das den vom Diskriminatorabschnitt **26** beurteilten Regelbereich anzeigt, und dieses Signal wird vom Bremssteuerabschnitt **1** aufgenommen, um auf diese Weise das vom Diskriminatorabschnitt **25** ausgewählte zu bremsende Rad mit dem Vorderrad-Soll-Fluiddruck BF2f oder dem Hinterrad-Soll-Fluiddruck BF2r gemäß Berechnung durch den Abschnitt **24** für die Soll-Bremskraft zu beaufschlagen.

[0062] Gemäß den Flußdiagrammen der Fig. 4 und Fig. 5 wird nun das erste bevorzugte Ausführungsbeispiel der Fahrzeugbewegungsregelung nach der Erfindung erläutert.

[0063] Dieses Fahrzeugbewegungs-Regelprogramm wird beispielsweise alle 10 ms als vorbestimmtes Zeitintervall während der Fahrt ausgeübt. Nach Start des Programms im Schritt **101** wird ein Einschlagwinkel θ vom Lenkrad-Winkelsensor **11** ausgelesen (ausgemessen), ferner werden die Raddrehzahlen ω1, ω2, ω3 und ω4 von den jeweiligen Sensoren **10fl**, **10fr**, **10rl** und **10rr** ausgelesen, es wird die Ist-Giergeschwindigkeit γ vom Sensor **13** ausgelesen und es wird der Hinterradlenkwinkel δ_r vom Lenkwinkelsensor **12** ausgelesen. Dann geht das Programm zu Schritt **102**.

[0064] Im Schritt **102** berechnen der Abschnitt **17** für den Einschlagwinkel den Istwert für den Vorderrad-Einschlagwinkel δ_f(=θ/N) auf Grundlage des Lenkradwinkels θ und der Fahrzeuggeschwindigkeitsabschnitt **16** die Fahrzeuggeschwindigkeit V auf der Grundlage der jeweiligen Raddrehzahlen ω1, ω2, ω3 und ω4.

[0065] Dann geht das Programm zu Schritt **103**, in dem der Abschnitt **21** zur Berechnung des Vorder- und Hinterradlenkantwortparameters die Fahrzeugantwortparameter, nämlich die stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ (=$G_{\gamma\delta f(0)4WS}$), ω_{n1} und ζ1, berechnet.

[0066] Dann geht das Programm zu Schritt **104**, in dem der Abschnitt **23** die Soll-Giergeschwindigkeit γ'(= γ'4WS) nach Formel (5) berechnet. Im folgenden Schritt **105** wird das Hinterrad-Einschlagsignal gemäß einer Vorder- und Hinterrad-Lenkregelroutine, die weiter unten erläutert wird, ausgegeben.

[0067] Im folgenden Schritt **106** berechnet der Abschnitt **23** die Regelabweichung Δγ(= γ – γ'). Dann geht das Programm zu Schritt **107**, in dem der Abschnitt **24** für die Sollbremskraft den Vorderrad-Soll-Fluiddruck BF2f und den Hinterrad-Soh-Fluiddruck BF2r nach den Formeln (7) und (8) berechnet.

[0068] Die Schritte **108** bis **118** entsprechen den Verfahrensschritten des Diskriminatorabschnitts **25**. Zunächst wird im Schritt **108** ermittelt, ob die Ist-Giergeschwindigkeit größer als ε ist, d.h. ob das Fahrzeug sich über mehr als ein vorbestimmtes Ausmaß nach links dreht. Ist γ nicht größer als ε, geht das Programm zu Schritt **109**, in dem ermittelt wird, ob γ kleiner als –ε ist, d.h. ob das Fahrzeug sich um mehr als ein vorbestimmtes Ausmaß nach rechts dreht. Im Bereich der Ist-Giergeschwindigkeit γ(ε ≥ γ ≥ –ε), der im Schritt **109** ermittelt wird, um zu bestimmen, daß das Fahrzeug sich nicht um mehr als ein vorbestimmtes Ausmaß nach rechts dreht, fährt das Fahrzeug im wesentlichen geradeaus, so daß das Programm zu Schritt **118** geht, in dem die Auswahl des zu bremsenden Rades unterbleibt und kein Rad gebremst wird. Wird hingegen im Schritt **108** ermittelt, daß γ > ε ist und sich damit das Fahrzeug um mehr als ein vorbestimmtes Ausmaß nach links dreht, geht das Programm zu Schritt **110**, in dem festgestellt wird, ob die Regelabweichung Δγ die Beziehung |Δγ| ≤ |εΔγ| erfüllt und angenähert 0 ist und das Fahrzeugverhalten damit einem im wesentlichen Neutral-Lenkungszustand entspricht.

[0069] Wird im Schritt **110** ermittelt, daß |Δγ| ≤ |εΔγ| gilt und damit der Neutral-Lenkzustand vorliegt, geht das Programm zu Schritt **118**, und in den übrigen Fällen (im Fall einer Übersteuerungstendenz und Untersteuerungstendenz) geht das Programm zur Schritt **111**.

[0070] Im Schritt **111** wird ermittelt, ob eine Übersteuerungstendenz oder Untersteuerungstendenz vorliegt und ob Δγ ≤ –εΔγ oder γ > εΔγ gilt. Ist Δγ < –εΔγ und das Vorzeichen der Regelabweichung Δγ negativ und damit verschieden vom Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ, wird geschlossen, daß das Fahrzeugverhalten bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' eine Untersteuerungstendenz zeigt, und das Programm geht zu Schritt **112**. Gilt demgegenüber Δγ > εΔγ und ist das Vorzeichen der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ positiv, was dem Vorzeichen der Ist-Giergeschwindigkeit γ entspricht, wird geschlossen, daß das Fahrzeugverhalten bei dem Sollwert γ' eine Übersteuerungstendenz zeigt, und das Programm geht zu Schritt **113**.

[0071] Im Schritt **112** wird das linke Hinterrad **4rl** als das mit dem Soll-Fluiddruck BF2r, abgeleitet im Schritt **107** (dem Fluiddruck für das linke Hinterrad BRL = BF2r), zu bremsende Rad ausgewählt.

[0072] Im Schritt **113** wird das rechte Vorderrad **4fr** als das mit dem Fluiddruck BF2f zu bremsende Rad ausgewählt, der im Schritt **107** abgeleitet wurde (der Fluiddruck für das rechte Vorderrad BRF = BF2f).

[0073] Wird im obigen Schritt **109** ermittelt, daß γ < –ε ist und das Fahrzeug sich über mehr als ein vorbestimmtes Ausmaß nach rechts dreht, geht das Programm zu Schritt **114**, in dem festgestellt wird, ob die Regelabweichung Δγ die Beziehung |Δγ| ≤ |εΔγ| erfüllt und angenähert 0 ist und das Fahrzeugverhalten im wesentlichen einem neutralen Lenkzustand entspricht.

[0074] Wird diese Beziehung im Schritt **114** und damit eine Neutral-Lenkung festgestellt, geht das Programm zu Schritt **118**, und in den übrigen Fällen (im Fall einer Untersteuerungstendenz und Übersteuerungstendenz) geht es zu Schritt **115**.

[0075] Im Schritt **115** wird ermittelt, ob das Fahrzeugverhalten eine Unter- oder Übersteuerungstendenz zeigt und Δγ > εΔγ oder Δγ < –εΔγ gilt. Ist Δγ > εΔγ und das Vorzeichen der Giergeschwindig-

keits-Regelabweichung Δγ positiv und damit vom Vorzeichen des Istwerts γ verschieden, wird geschlossen, daß das Fahrzeugverhalten eine Untersteuerungstendenz bei dem Sollwert γ' zeigt, und das Programm geht zu Schritt **116**. Gilt andererseits Δγ < –εΔγ und ist das Vorzeichen der Regelabweichung Δγ negativ und damit gleich dem Vorzeichen des Istwerts γ, wird geschlossen, daß das Fahrzeugverhalten eine Untersteuerungstendenz bezüglich des γ' zeigt, und das Programm geht zu Schritt **117**.

[0076] Im Schritt **116** wird das rechte Hinterrad **4rr** als das mit dem Fluiddruck zu bremsende Rad, der im Schritt **107** abgeleitet wurde (der Fluiddruck BRR = BF2r für das rechte Hinterrad) ausgewählt.

[0077] Im Schritt **117** wird das linke Vorderrad **4fl** als das mit dem Fluiddruck BF2f zu bremsende Rad ausgewählt, der im Schritt **107** abgeleitet wurde (der Fluiddruck BRL = BF2 für das linke Vorderrad).

[0078] Geht ferner die Routine von den Schritten **109**, **110** oder **114** zu Schritt **118**, erfolgt keine Bremsradauswahl, und es wird kein Rad gebremst.

[0079] Ist in den Schritten **112** oder **116** die Verarbeitung bei Untersteuerungstendenz (Auswahl des zu bremsenden Rades und Festlegung des Fluiddrucks) ausgeführt, geht das Programm zu Schritt **119**. Entsprechend geht das Programm nach Ausführung der Verarbeitung für Übersteuerungstendenz (Auswahl des zu bremsenden Rades und Festlegung des Fluiddrucks) in den Schritten **113** oder **117**, zu Schritt **120**. Von Schritt **118** geht das Programm zu Schritt **121**.

[0080] Nach Durchführung der Verarbeitungsschritte bei Untersteuerungstendenz im Schritt **112** oder **116** wird, wenn das Programm zu Schritt **119** geht, ein Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gesetzt (FUS ← 1), und das Programm geht zu Schritt **125**. Dieses Kennzeichen oder Flag FUS zeigt an, daß eine Fahrt bei Untersteuerungstendenz erfolgte, und wird mittels eines Schwellwertfestlegungszeitgebers oder dann gelöscht, wenn das Fahrzeugverhalten sich aus Übersteuerungstendenz in eine Neutral-Lenkungstendenz oder Null-Lenkung ändert (FUS ← 0).

[0081] Nachdem im Schritt **113** oder **117** die Verarbeitung bei Übersteuerungstendenz erfolgte, wird, wenn das Programm zu Schritt **120** geht, ermittelt, ob das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gesetzt ist (FUS = 1). Wird der Setzzustand des Kennzeichens FUS ermittelt und ist eine Fahrt bei Untersteuerungstendenz erfolgt, geht das Programm zu Schritt **122**. Wird hingegen ermittelt, daß das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS = 0 ist, geht das Programm zu Schritt **125**. Generell sollte, da das Fahrzeugverhalten eine Untersteuerungstendenz durchläuft (passiert), bevor das Fahrzeugverhalten eine Übersteuerungstendenz zeigt, wenn das Fahrzeugverhalten sich aus Untersteuerungstendenz in Übersteuerungstendenz ändert, das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gesetzt sein, so daß das Programm von Schritt **120** zu Schritt **122** geht. Ist jedoch das Kennzeichen FUS mittels des Schwellwertfestlegungszeitgebers gelöscht, oder wenn das Fahrzeugverhalten sich aus irgendeinem Grunde ohne Durchlaufen der Untersteuerungstendenz in Übersteuerungstendenz geändert hat, so springt das Programm auf Schritt **125**.

[0082] Nachdem im Schritt **120** festgestellt worden ist, daß FUS=1 ist, wird im Schritt **122** ermittelt, daß ein Zeitgeberstartkennzeichen (FTR) gelöscht ist (FTR=0). Dieses Kennzeichen FTR wird gesetzt (FTR←1), wenn der Schwellwertfestlegungszeitgeber gestartet wird, und wird gelöscht (FTR←0), wenn dieser Zeitgeber angehalten ist.

[0083] Wird im Schritt **122** ermittelt, daß das Kennzeichen FTR gelöscht ist (FTR=0) und damit der Zeitgeber angehalten ist, geht das Programm zu Schritt **123**, in dem der Zeitgeber ausgelöst und das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gesetzt wird. Dann geht das Programm zu Schritt **124**, in dem der zweite Schwellwert εΔS als Beurteilungsschwellwert εΔ gesetzt wird, und das Programm geht zu Schritt **125**.

[0084] Wird andererseits im Schritt **122** ermittelt, daß das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gesetzt (FTR=1) und der Schwellwertfestlegungszeitgeber aktiviert ist, geht das Programm zu Schritt **125**.

[0085] Geht das Programm zu Schritt **125**, nachdem im Schritt **119** oder **120** festgestellt wurde, daß FUS=0 ist, oder nachdem im Schritt **122** festgestellt wurde, daß FTR=1 ist, oder nach Schritt **124**, wird die Geschwindigkeits-Regelabweichung Δγ mit dem Beurteilungsschwellwert εΔ verglichen (Vergleich der Absolutwerte). Liegt die Regelabweichung Δγ im Regelbereich (|Δγ| > |εΔγ|), geht das Programm zu Schritt **126**, in dem der Bremssignalausgabeabschnitt **27** ein Signal an den Bremssteuerabschnitt **1** ausgibt. Dies bedeutet, daß bei Feststellung im Schritt **125**, daß die Regelabweichung Δγ innerhalb des Regelbereichs liegt, wenn das Programm die Schritte **112** bis **119** durchläuft, der Bremssteuerabschnitt **1** den Radzylinder **5rl** dazu veranlaßt, eine Bremskraft entsprechend dem Fluiddruck BRL = BF2r zu erzeugen, und daß, wenn das Programm die Schritte **116** bis **119** durchläuft, der Bremssteuerabschnitt **1** den Radzylinder **5rr** veranlaßt, eine Bremskraft entsprechend dem Fluiddruck BRR = BF2r zu erzeugen. Durchläuft das Programm ferner die Schritte **113** bis **120**, veranlaßt der Bremssteuerabschnitt **1** den Radzylinder **5fr**, eine Bremskraft entsprechend dem Fluiddruck BFR = BF2f zu erzeugen, und wenn das Programm die Schritte **117** bis **120**

durchläuft, veranlaßt der Abschnitt **1** den Radzylinder **5fl**, eine Bremskraft entsprechend dem Fluiddruck BFL = BF2f zu erzeugen.

[0086] Wird andererseits im Schritt **125** ermittelt, daß die Regelabweichung Δγ im regelfreien Bereich liegt (|Δγ| ≤ |εΔγ|), geht das Programm zu Schritt **127**.

[0087] Geht ferner das Programm vom Schritt **118** zum Schritt **121**, wird ein Kennzeichen FNS gesetzt, das anzeigt, daß das Fahrzeug im wesentlichen geradeaus fährt oder einen im wesentlichen neutralen Lenkzustand zeigt (FNS←1), und das Programm geht zu Schritt **127**.

[0088] Geht das Programm von dem Schritt **121** oder **125** zum Schritt **127**, wird kein Steuersignal ausgegeben und der festgesetzte Fluiddruck gelöscht. Dies bedeutet, daß die Verarbeitung in den Schritten **126** oder **127** durch den Steuersignalausgabeabschnitt **127** erfolgt.

[0089] Anschließend wird, wenn das Programm zu Schritt **128** geht, ermittelt, ob das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gesetzt ist (ob der Schwellwertfestlegungszeitgeber in Betrieb gesetzt ist).

[0090] Im Schritt **128** wird das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gelöscht. Ist der Schwellwertfestlegungszeitgeber nicht in Betrieb genommen, geht das Programm zu Schritt **134**, in dem das Kennzeichen FNS für Geradeausfahrt oder stationäre Fahrbedingung gelöscht wird. Dann geht das Programm zurück auf START. Ist andererseits das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gesetzt und wird der Schwellwertfestlegungszeitgeber in Betrieb gesetzt, geht das Programm zu Schritt **129**, in dem ermittelt wird, ob eine vorbestimmte Zeit verstrichen ist.

[0091] Wird im Schritt **129** das Verstreichen dieser Zeit ermittelt, geht das Programm zu Schritt **131**, in dem das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gelöscht wird. Dann wird im Schritt **132** der erste Schwellwert εΔM als Beurteilungsschwellwert εΔ gesetzt, der Schwellwertfestlegungszeitgeber angehalten und im Schritt **133** das Kennzeichen FTR gelöscht. Dann wird im Schritt **134** das Kennzeichen FNS für den Zustand der Geradeausfahrt oder den stationären Fahrzustand gelöscht, und dann geht das Programm zurück auf START.

[0092] Wird im Schritt **129** ermittelt, daß die vorbestimmte Zeit nicht verstrichen ist, geht das Programm zu Schritt **130**, in dem ermittelt wird, ob das Flag FNS gesetzt ist (FNS=1).

[0093] Ist dieses Kennzeichen FNS für Geradeausfahrt oder stationäre Fahrbedingung gelöscht (FNS=0), geht das Programm zurück auf START. Ist andererseits FNS gesetzt, geht das Programm zu Schritt **131**, in dem das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gelöscht wird. Dann wird im Schritt **132** der erste Schwellwert εΔM als Beurteilungsschwellwert εΔ gesetzt, der Schwellwertfestlegungszeitgeber angehalten und das Zeitgeberstartkennzeichen im Schritt **133** gelöscht. Dann wird im Schritt **134** das Kennzeichen FNS gelöscht, und dann geht das Programm zurück auf START.

[0094] Dies bedeutet, daß selbst dann, wenn der Fahrzustand des Fahrzeugs einem Geradeausfahrzustand oder stationären Fahrzustand entspricht, bevor der Schwellwertfestlegungszeitgeber gestoppt ist, der erste Schwellwert εΔM so gewählt ist, daß er als der Beurteilungsschwellwert εΔ festgelegt ist.

[0095] Gemäß dem Flußdiagramm der Fig. 6 wird nun das Vorder- und Hinterrad-Lenkregelprogramm im Schritt **105** erläutert.

[0096] Zunächst wird im Schritt **201** ein Hinterrad-Lenkkoeffizient Kγ unter Bezugnahme auf eine Tabelle auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit V festgelegt. Dann geht das Programm zu Schritt **202**, in dem ein Soll-Hinterradlenkwinkel aus dem Koeffizienten Kγ und der Ist-Giergeschwindigkeit γ nach der obigen Formel (1) abgeleitet wird, und das Programm geht zu Schritt **203**. Die Verarbeitungsschritte **201** und **202** werden im Berechnungsabschnitt **18** für den Hinterrad-Soll-Lenkwinkel ausgeführt.

[0097] Dann geht. das Programm zu Schritt **203**, in dem geprüft wird, ob der Hinterradlenkwinkel δ_r, der vom entsprechenden Hinterradlenkwinkelsensor **12** gemessen wird, mit dem Soll-Hinterradlenkwinkel $\delta_{r'}$ übereinstimmt, der im Schritt **202** berechnet wurde. Stimmen der Winkel δ_r und der Sollwert $\delta_{r'}$ überein ($\delta_r = \delta_{r'}$), so geht das Programm zu Schritt **204**, in dem ein Signal den Motorsteuerabschnitt **8** ausgegeben wird, um den Hinterradlenkmotor **9** anzuhalten.

[0098] Weicht der Hinterradlenkwinkel δ_r dagegen vom Sollwinkel $\delta_{r'}$ ab, geht das Programm zu Schritt **205**. Ist der Hinterradlenkwinkel δ_r größer als der Sollwert $\delta_{r'}$ ($\delta_r > \delta_{r'}$), so geht das Programm zu Schritt **206**, in dem ein Signal an den Motorsteuerabschnitt **8** ausgegeben wird, um den Hinterradlenkmotor so zu steuern, daß die Hinterräder nach rechts eingeschlagen werden. Ist der Hinterradlenkwinkel δ_r geringer als der Sollwert $\delta_{r'}$ ($\delta_r < \delta_{r'}$), so geht das Programm zu Schritt **207**, in dem ein Signal an den Motorsteuerabschnitt **8** ausgegeben wird, um den Hinterradlenkmotor **9** so zu steuern, daß die Hinterräder nach links eingeschlagen werden. Dann geht das Programm zurück auf START. Darüber hinaus erfolgt die Einstellung der Hinterrad-Lenkwinkelgröße in den Schritten **206** und **207**. Dies bedeutet, daß die Verarbeitungsschritte **203** bis **207** im Abschnitt **19** für die Festlegung der Hinterrad-Lenkwinkelgröße und im

Abschnitt **20** für die Ausgabe des Hinterradlenksignals erfolgen.

[0099] Durch die obige Lenkwinkelregelung wird der Hinterradlenkwinkel bei der Ist-Giergeschwindigkeit γ so geregelt, daß die Fahrstabilität des Fahrzeugs verbessert wird.

[0100] Fig. 7 zeigt ein Beispiel der Regelung, die entsprechend den Flußdiagrammen der Fig. 4 und Fig. 5 erfolgt. Diese Figur zeigt ein Beispiel für den Fall, daß ein Fahrzeug, das von t0 an geradeaus gefahren ist, bei t1 nach links einschlägt. Im einzelnen stellen dar: **Fig.** 7(a) die Übergänge der Soll-Giergeschwindigkeit γ' und der Ist-Giergeschwindigkeit γ, **Fig.** 7(b) den Übergang der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ, **Fig.** 7(c) die Einstellung des Kennzeichens FNS für Geradeausfahrt oder stationäre Fahrbedingung während der Regelung, **Fig.** 7(d) die Einstellung des Zeitgeberstartkennzeichens FTR während der Regelung, **Fig.** 7(e) die Einstellung des Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichens FUS während der Regelung und **Fig.** 7(f) die EIN-AUS-Steuerung des Bremssignals aus dem Bremssignal-Ausgabeabschnitt **27**.

[0101] Obgleich nach t1 die Ist-Giergeschwindigkeit γ so ansteigt, daß sie der allmählich ansteigenden Soll-Giergeschwindigkeit γ' folgt, nimmt die Regelung zwischen dem Istwert γ und dem Sollwert γ' allmählich zu, so daß die Regelabweichung des Istwerts γ vom Sollwert γ', d.h. die Regelabweichung Δγ, sich in negativer Richtung ändert und ihr Absolutwert |Δγ| ansteigt.

[0102] Nach t2 ist der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ größer als der Absolutwert |εΔγ| des Schwellwerts εΔγ, der den Zustand der Neutral-Lenkung anzeigt, so daß das Fahrzeugverhalten bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' eine Untersteuerungstendenz zeigt und das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS dementsprechend gesetzt wird. Darüber hinaus wird nach t2 das Kennzeichen FNS für Geradeausfahrt oder stationäre Fahrbedingung, das vor t2 gesetzt war, gelöscht. Ferner wird der erste Schwellwert εΔM als Beurteilungsschwellwert εΔ des regelfreien Bereichs gesetzt (des Bereichs, der in **Fig.** 7(b) durch die schräge Schraffur angezeigt ist), so daß kein Bremssignal ausgegeben wird, bis der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ größer als der Absolutwert |εΔ| des Schwellwerts εΔ wird, was bei t3 der Fall ist.

[0103] Nach t3 wird, bis der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ kleiner als der Absolutwert |εΔ| des Beurteilungsschwellwerts εΔ wird, was wieder bei t4 der Fall ist, das Bremssignal ausgegeben. Die Ausgabe dieses Bremssignals entspricht dem Falls γ > ε (positiv, Drehung nach links), Δγ < –εΔγ (negativ, Untersteuerungstendenz), d.h, dem Fall 1 in Fig. 3. In diesem Fall 1 wird auf das linke Hinterrad **4rl** eine Bremskraft ausgeübt, um auf das Fahrzeug ein durch den Pfeil angezeigtes Drehmoment auszuüben und so ein Nachaußenschieben oder Wegdriften des Fahrzeugs zu vermeiden. Darüber hinaus wird sich in diesem Zustand, selbst wenn eine zu hohe Bremskraft auf das hintere linke Rad **4rl** ausgeübt wird, das dazu neigt, so zu blockieren, daß es die Seitenkraft verliert, das Fahrzeug in die Übersteuerungstendenz drehen, so daß es möglich ist, eine Giergeschwindigkeit in derselben Richtung wie der ursprünglich gewünschten (in Richtung des Pfeils) zu erzeugen.

[0104] Zwischen den Zeitpunkten t4 und t5, zwischen denen sich die Ist-Giergeschwindigkeit γ der Soll-Giergeschwindigkeit γ' nähert, zeigt das Fahrzeugverhalten eine Untersteuerungstendenz. Da jedoch der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ geringer als der Absolutwert |εΔ| von εΔ ist und sich das Fahrzeugverhalten im regelfreien Bereich befindet, wird kein Bremssignal ausgegeben. Da ferner zwischen den Zeitpunkten t5 und t6 der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ geringer als der Absolutwert |Δγ| des Schwellwerts εΔγ ist, bedeutet dies, daß das Fahrzeugverhalten den Zustand einer im wesentlichen neutralen Lenkung zeigt und das entsprechende Kennzeichen FNS gesetzt ist.

[0105] Wenn die Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ sich in positiver Richtung so ändert, daß ihr Absolutwert |Δγ| ansteigt, und wenn das Fahrzeugverhalten bezüglich des Sollwerts γ' nach t6 eine Übersteuerungstendenz zeigt, wird das Kennzeichen FNS für Geradeausfahrt oder stationäre Fahrt gelöscht, das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gesetzt, der Schwellwertfestlegungszeitgeber ausgelöst und der zweite Schwellwert εΔS, der geringer als der erste Schwellwert εΔM ist, als Beurteilungsschwellwert εΔ festgelegt.

[0106] Anschließend ist vor t7 der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ geringer als der Absolutwert |εΔ| des Schwellwerts εΔ, so daß kein Bremssignal ausgegeben wird, und nach t7 wird ein Bremssignal ausgegeben. Die Ausgabe dieses Bremssignals entspricht dem Fall, daß γ > ε (positiv, Drehung nach links), Δγ > εΔγ (positiv, Übersteuerungstendenz), d.h. dem Fall **2** in Fig. 3. In diesem Fall 2 wird auf das rechte Vorderrad **4fr** eine Bremskraft ausgeübt, um auf das Fahrzeug ein durch den Pfeil angezeigtes Drehmoment auszuüben und so das Fahrzeug daran zu hindern, sich zu drehen (spinning). Selbst wenn in diesem Zustand eine zu hohe Bremskraft auf das rechte Vorderrad **4fr** ausgeübt wird, das dazu tendiert, so zu blockieren, so daß es die Seitenkraft verliert, dreht das Fahrzeug in die Untersteuerung, so daß es möglich ist, eine Giergeschwindigkeit in derselben Richtung wie die ursprünglich gewünschte Lenkrichtung (in Richtung des Pfeils) zu erzeugen.

[0107] Nach t8 ist der Absolutwert |Δγ| der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung Δγ geringer als der Absolutwert |εΔ| des Schwellwerts, und das Fahrzeugverhalten befindet sich im regelfreien Bereich, so daß sich das Fahrzeugverhalten nach t9, bevor der Schwellwertfestlegungszeitgeber gestoppt wird, im Zustand einer im wesentlichen neutralen Lenkung befindet.

[0108] Aus diesem Grund wird bei t9 das entsprechende Zustandskennzeichen FNS gesetzt, das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gelöscht, der Schwellwertfestlegungszeitgeber gestoppt und das Zeitgeberstartkennzeichen FTR gelöscht. Darüber hinaus wird der erste Schwellwert εΔM als Beurteilungsschwellwert εΔ gesetzt.

[0109] Anschließend wird zwischen den Zeitpunkten t10 und t11 der Absolutwert |Δγ| wieder größer als der Absolutwert |εΔγ|, so daß das entsprechende Zustandskennzeichen FNS gelöscht wird, das Fahrzeugverhalten bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' eine Untersteuerungstendenz zeigt und entsprechend das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gesetzt wird.

[0110] Nach t11 ist der Absolutwert |Δγ| geringer als der Absolutwert |εΔγ|, so daß das Fahrzeugverhalten wieder den Zustand einer im wesentlichen neutralen Lenkung zeigt (und auch das entsprechende Zustandskennzeichen FNS gesetzt wird), und der Wert der Ist-Giergeschwindigkeit γ entspricht im wesentlichen dem der Soll-Giergeschwindigkeit γ'. Obgleich in diesem Fall das Untersteuerungszustand-Passiert-Kennzeichen FUS gesetzt bleibt, ergeben sich keine Probleme, da das Fahrzeugverhalten die Untersteuerungstendenz passiert, bevor es eine Übersteuerungstendenz zeigt.

[0111] Darüber hinaus wird nach t8 der Absolutwert |Δγ| der Regelabweichung Δγ geringer als der Absolutwert |εΔ|, und das Fahrzeugverhalten liegt wieder im regelfreien Bereich, so daß kein Bremssignal ausgegeben wird.

[0112] Dies bedeutet, daß der Abschnitt **26** den zweiten Schwellwert εΔS, dessen Absolutwert geringer als der des ersten Schwellwerts εΔM ist, als den Diskriminator- oder Beurteilungsschwellwert εΔ für eine vorbestimmte Einstellzeit nach Wechsel des Fahrzeugverhaltens aus Untersteuerungstendenz in Übersteuerungstendenz festlegt, oder so lange, bis die Regelung in der Übersteuerungstendenz abgeschlossen ist, falls die vorbestimmte Einstellzeit nicht verstreicht. Daher kann die Regelung sofort erfolgen, nachdem das Fahrzeugverhalten sich aus Untersteuerungs- in. Übersteuerungstendenz ändert (wie in Fig. 7 durch die strichpunktierte Linie gezeigt ist, beginnt die konventionelle Regelung bei t7', wenn das Fahrzeugverhalten aus Untersteuerungstendenz in Übersteuerungstendenz wechselt).

[0113] Aus diesem Grund kann die Regelabweichung des Istwerts γ vom Sollwert γ' nach der Übersteuerungstendenz relativ klein sein. Darüber hinaus ist es möglich, den Istwert der Giergeschwindigkeit γ schnell auf die Soll-Giergeschwindigkeit γ' konvergieren zu lassen, und es ist möglich, die Regelung weich auszuführen, ohne daß dem Fahrer ein unkomfortables Gefühl oder der Eindruck einer Instabilität vermittelt wird. Darüber hinaus ist es möglich, wenn das Fahrzeugverhalten aus Untersteuerungstendenz in Übersteuerungstendenz wechselt, der regelfreie Bereich (in dem keine Regelung stattfindet) in der Untersteuerungstendenz, in der die Bremskraftsteuerung auf die Hinterräder ausgeführt wird, relativ groß eingestellt wird und der regelfreie Bereich in der Übersteuerungstendenz, in der die Bremskraftregelung der Vorderräder ausgeführt wird, auf einen relativ geringen Wert festgelegt wird, die Bremskraftregelung der Hinterräder zu dämpfen. Darüber hinaus ist es möglich, den Beurteilungsschwellwert εΔ durch den Zeitgeber und die Detektion des Abschlusses der Regelung in Übersteuerungstendenz zuverlässig vom zweiten Schwellwert εΔS auf den ersten Schwellwert εΔM zurückzuführen. Ferner ist es möglich, ein Nachaußenschieben oder Herausdriften und Drehen (spin) eines Fahrzeugs zuverlässig zu verhindern, indem die Drehrichtung des Fahrzeugs auf Grundlage der Ist-Giergeschwindigkeit γ beurteilt wird, um zuverlässig festzustellen, ob die Fahrbedingungen des Fahrzeugs bezüglich der Soll-Giergeschwindigkeit γ' einer Übersteuerungs- oder Untersteuerungstendenz entsprechen, wobei die Beurteilung auf der Grundlage des Istwerts γ und der Regelabweichung Δγ' erfolgt, um so das für den Bremsvorgang geeignetste Rad der vier Räder auszuwählen. Dies bedeutet, daß es möglich ist, zu verhindern, daß ein Fahrzeug leicht dreht oder wegrutscht, indem trotz der Tendenz zum Wegrutschen auf ein Hinterrad Bremskraft ausgeübt wird, und ferner zu verhindern, daß ein Fahrzeug leicht nach außen driftet, indem Bremskraft trotz der Tendenz zum Nachaußenschieben auf ein Vorderrad ausgeübt wird. Darüber hinaus ist es möglich zu verhindern, daß Bremskraft auf dasjenige Rad ausgeübt wird, das beim Gegensteuern leicht zu einem Durchdrehen neigt.

[0114] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es mithin möglich, genaue Antwortparameter und Soll-Giergeschwindigkeiten für eine Bremskraftregelung zu bestimmen, die mit einer 4WS, unter Ausnutzung eines 4WS-Fahrzeugmodells, kombiniert ist, so daß es möglich ist, durch die Bremskraftregelung ein stabiles Fahrzeugverhalten und eine effiziente Annäherung an den Sollwert zu erzielen.

[0115] Die Fig. 10 bis Fig. 12 zeigen das zweite Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Fahr-

zeugbewegungsregelvorrichtung. Dabei zeigt speziell Fig. 10 ein funktionelles Blockschaltbild dieser Regelvorrichtung, Fig. 11 ein Flußdiagramm einer Fahrzeugbewegungsregelung und Fig. 12 ein Beispiel eines Flußdiagramms einer Fehlerdiagnose unter Verwendung eines Giergeschwindigkeitssensors. Ferner werden im zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung bei Detektion einer Abnormalität in der Lenksteuerung die Ansprechparameter und die Soll-Giergeschwindigkeit, die für das 4WS-Fahrzeugmodell abgeleitet worden sind, auf diejenigen Werte umgeschaltet, die für das 2WS-Fahrzeugmodell abgeleitet wurden.

[0116] Gemäß Fig. 10 umfaßt das zweite Ausführungsbeispiel eine Regeleinheit **30**, die einen Abschnitt **16** zur Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit, einen Abschnitt **17** zur Berechnung eines Lenkwinkels, einen Abschnitt **18** zur Berechnung eines Sollwerts für den Hinterradlenkwinkel, einen Abschnitt **19** für die Festlegung der Hinterradlenkgröße, einen Abschnitt **20** zur Ausgabe eines Hinterradlenksignals, einen Abschnitt **31** zur Berechnung von Parametern der Vorder- und Hinterradlenkantwort, einen Abschnitt **32** zur Berechnung von Parametern der Vorderradlenkantwort, einen Abschnitt **33** zur Berechnung einer Vorder- und Hinterrad-Lenksollgiergeschwindigkeit, einen Abschnitt **34** zur Berechnung einer Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorderradlenkung, einen Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik, einen Abschnitt **23** zur Berechnung der Giergeschwindigkeits-Regelabweichung, einen Abschnitt **24** zur Berechnung der Soll-Bremskraft, einen Abschnitt **25** zur Festlegung des zu bremsenden Rads, einen Abschnitt **26** zur Ausgangssignaldiskriminierung, einen Abschnitt **27** zur Ausgabe eines Bremssignals und einen Abschnitt für eine Fehlerdiagnose umfaßt.

[0117] Der Abschnitt **31** führt dieselben Berechnungen wie der Abschnitt **21** aus, der im ersten Ausführungsbeispiel erläutert wurde, abgesehen davon, daß die stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ für die Vorder- und Hinterradlenkgiergeschwindigkeit, so wie sie ist, ausgegeben wird (da $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ als $G_{\gamma\delta f(0)}$ im Abschnitt **21** zur Berechnung des vorder- und Hinterradlenkantwortverhaltens ausgegeben wird, sind beide Größen verschieden). Dies bedeutet, daß dieser Abschnitt zur Berechnung der Parameter für die Vorder- und Hinterradlenkung eine Schaltung ist, die dazu dient, als diese Parameter eine stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ für die Vorder- und Hiriterradlenkungs-Giergeschwindigkeit und eine Ansprech-Eigenfrequenz ω_{n1}, ein Dämpfungsverhältnis $\zeta 1$ usw. bezüglich der Lenkung des 4WS-Fahrzeugmodells abzuleiten. Die Antwortparameter werden vom Abschnitt **33** zur Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung ausgegeben, und es wird die stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ für die Vorder- und Hinterradlenkung an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik ausgegeben.

[0118] Der Abschnitt **32** zur Berechnung der Parameter für die Vorderradlenkantwort leitet eine stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung für ein 2WS-Fahrzeugmodell auf der Grundlage einer vorab festgelegten Formel ab (eine stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ für ein Vorderrad) und leitet auch eine Antwort-Eigenfrequenz ω_{n0}, ein Dämpfungsverhältnis $\zeta 0$ usw. bezüglich der Lenkung des 2WS-Fahrzeugmodells ab. Die Antwortparameter werden dem Abschnitt **34** zur Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorderradlenkung zugeführt, und der Wert der stationären Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ wird an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik ausgegeben. Der Verstärkungswert für die Vorderradlenk-Giergeschwindigkeit für den stationären Fall wird nach folgender Formel berechnet:

$$G_{\gamma\delta f(0)2WS} = \{1/1 + A0\cdot V^2)\}\cdot(V/L) \qquad (10)$$

[0119] Darüber führt der Abschnitt **33** für die Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit der Vorder- und Hinterradlenkung die gleichen Rechnungen wie der Abschnitt **22** des ersten Ausführungsbeispiels aus, abgesehen davon, daß die Soll-Giergeschwindigkeit γ'4WS für die Vorder- und Hinterradlenkung, so wie sie ist, ausgegeben wird (da γ'4WS in dem Abschnitt **22** des ersten Ausführungsbeispiels als γ ausgegeben wird, sind beide Größen verschieden). Der Berechnungsabschnitt **33** berechnet dabei die Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung γ'4WS in Abhängigkeit von einer Ansprechverzögerungszeit des Fahrzeugs auf der Grundlage des Lenkwinkels für das Vorderrad δ_f aus dem Lenkwinkel-Berechnungsabschnitt **17**, den jeweiligen Antwortparametern $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ aus dem Berechnungsabschnitt **31** für die Antwortparameter ω_{n1}, dem Dämpfungsverhältnis $\zeta 1$ usw., um dann die berechnete Soll-Giergeschwindigkeit γ'4WS an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik auszugeben.

[0120] Der Abschnitt **34** zur Berechnung der Vorderrad-Lenk-Soll-Giergeschwindigkeit berechnet den Wert γ'2WS unter Berücksichtigung einer Ansprechzeitverzögerung des Fahrzeugs auf der Grundlage des Vorderradlenkwinkels δ_f aus dem Berechnungsabschnitt **17** für den Lenkwinkel, der jeweiligen Antwortparameter $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ aus dem Abschnitt **32** zur Berechnung des Parameters ω_{n0}, des Dämpfungsverhältnisses $\zeta 0$ usw., um die entsprechende Soll-Giergeschwindigkeit γ'2WS an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik auszugeben. Dabei wird der Wert für diese Soll-Giergeschwindigkeit γ'2WS nach folgender Formel berechnet.

$$\gamma'2WS = G_{\gamma\delta f(0)2WS}\cdot(1 + T\cdot s)/\{(s^2/\omega_{n0}{}^2) + (2\cdot\zeta 0\cdot s/\omega_{n0}) +$$

$1\}\cdot\delta_f$ (11)

[0121] Der Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik gibt als Daten die stationäre Verstärkung für die Giergeschwindigkeit $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ der Vorder- und Hinterradlenkung und die Soll-Giergeschwindigkeit γ'4WS für die Vorder- und Hinterradlenkung, die für das 4WS-Fahrzeugmodell ermittelt worden sind, und die entsprechenden Größen ein, d.h. die stationäre Verstärkung für die Vorderradlenk-Giergeschwindigkeit $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ und die Soll-Giergeschwindigkeit γ'2WS für die Vorderradlenkung, um so eine Umschaltung zwischen der Datenausgabe für das 4WS-Fahrzeugmodell und das 2WS-Fahrzeugmodell auf der Grundlage des Signals vorzunehmen, das von der Fehlerdiagnoseschaltung **36** ausgegeben wird. Bei Normalbedingungen, wenn die Fehlerdiagnoseschaltung **36** ermittelt, daß die Lenksteuerung normal ausgeführt wird, werden die stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ für die Lenk-Giergeschwindigkeit und die Soll-Giergeschwindigkeit γ'4WS jeweils für das 4WS-Fahrzeugmodell als der Wert für die stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ und die Soll-Giergeschwindigkeit γ' des Fahrzeugs ausgegeben. Demgegenüber werden in einem Zustand, in dem dieser Abschnitt ermittelt, daß eine Abnormalität in der Lenksteuerung vorliegt, die stationäre Verstärkung $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ und die Soll-Giergeschwindigkeit γ'2WS für die Vorderradlenkung ausgegeben, die für das 2WS-Fahrzeugmodell berechnet worden sind, und diese werden dann als stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ und als Sollgiergeschwindigkeit γ' für das Fahrzeug benutzt. Die vom Abschnitt **35** für die Umschaltung der Lenkcharakteristik ausgegebene stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)}$ wird dem Abschnitt **24** für die Berechnung der Soll-Bremskraft zugeführt, und die Soll-Giergeschwindigkeit γ' wird dem Berechnungsabschnitt **23** für die Giergeschwindigkeits-Regelabweichung zugeführt. Dies bedeutet, daß bei einer 4WS-Regelung und dem Auftreten einer Abnormalität im Sensor, im Steuerabschnitt, im Lenkabschnitt usw., der Hinterradlenkwinkel so eingestellt wird, daß eine Rückkehr in die Neutralstellung erzielt wird, und dann hierauf oder auf die Fehlerposition fixiert wird, um so zu verhindern, daß die Einstellung des Hinterradlenkwinkels unterbrochen wird, so. daß die Lenkcharakteristik die Charakteristik für das 2WS-Fahrzeugmodell annimmt. Daher ist es bei Auftreten einer Abnormalität bei der 4WS-Regelung möglich, eine stabile Bremskraftregelung unter Verwendung der Antwortparameter und der Soll-Giergeschwindigkeit, die für das 2WS-Fahrzeugmodell abgeleitet wurden, effektiv auszuüben.

[0122] Der Abschnitt **35** für die Umschaltung der Lenkcharakteristik ist mit einem Verzögerungsfilter erster Ordnung versehen, um die Daten auf eine Antwortcharakteristik mit einer Verzögerung erster Ordnung umzuschalten. In diesem Fall wird die Soll-Giergeschwindigkeit γ' bei ihrer Umschaltung durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\gamma' = \gamma'4WS0 + (\gamma'2WS - \gamma'4WS0)\cdot\Delta t\cdot 2\cdot\pi\cdot F \quad (12)$$

wobei γ'4WS0 ein Ausgangssignal vor einem Operationszyklus ist, Δt eine Operationsperiode und F eine Filterfrequenz ist. Daher ist es möglich, den Übergang des Ausgangssignals bei Umschaltung der Daten zur Verhinderung eines abrupten Übergangs sanft auszuführen.

[0123] Der Fehlerdiagnoseabschnitt **36** ist eine Schaltung, die Fehler und Ausfälle in den jeweiligen Sensoren, Steuerabschnitten und Vorrichtungsabschnitten des Fahrzeugs detektiert. Ein Teil des Fehlerdiagnoseabschnitts **36**, der sich auf die Fehlerdiagnose der Lenkregelung bezieht, ist eine Schaltung, die als Lenkwinkelregelung-Fehlerdiagnoseeinrichtung dient. Der Schaltungsabschnitt **36** ist verbunden mit den Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren **10fl**, **10fr**, **10rl** und **10rr**, dem Lenkradwinkelsensor **11**, dem Hinterrad-Lenkwinkelsensor **12**, dem Giergeschwindigkeitssensor **13**, verschiedenen nicht dargestellten Sensoren, dem Berechnungsabschnitt **18** für den Sollwert des Hinterradlenkwinkels, dem Festlegungsabschnitt **19** für die Hinterradlenkgröße, dem Abschnitt **20** zur Ausgabe des Hinterradlenksignals, dem Abschnitt **31** zur Berechnung von Parametern für die Vorder- und Hinterradlenkantwort usw., und ferner einem Schaltungsabschnitt, der den Hinterradlenkmotor **9** und dergleichen umfaßt, um den Ausfall oder Fehler in den jeweiligen Vorrichtungsabschnitten des Fahrzeugs zu detektieren. Die Fehlerdiagnoseeinrichtung **36** detektiert Fehler der verschiedenen Sensoren, wie der Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren **10fl**, **10fr**, **10rl** und **10rr**, des Hinterradlenkwinkelsensors **12** und des Giergeschwindigkeitssensors **13**, des Berechnungsabschnitts **18** für den Sollwert für die Hinterradlenkung, des Abschnitts **19** zur Festlegung der Hinterradlenkgröße und des Ausgabeabschnitts für das Hinterradlenksignal sowie auch des Hinterradlenkmotors **9** als Fehler der Lenkregelung. Ein Detektorsignal, das einen Fehler in der Lenkregelung anzeigt, wird an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik und auch an eine nicht dargestellte Warneinrichtung ausgegeben, um auf diese Weise ein vorbestimmtes Warnsignal zu erzeugen. Darüber hinaus werden Fehlerinformationen in einem nicht dargestellten Speicher gespeichert. Um die Erläuterung zu erleichtern, ist in Fig. 10 nur die Verbindung zum Giergeschwindigkeitssensor dargestellt.

[0124] Das Flußdiagramm nach Fig. 11 entspricht im wesentlichen dem Flußdiagramm nach Fig. 4. Dieses Programm wird periodisch, beispielsweise alle 10 ms, während der Fahrt des Fahrzeugs ausgeführt. Nach Start des Programms im Schritt **101** werden ein Lenkradwinkel θ, Raddrehzahlen ω1, ω2, ω3

und ω4, eine Ist-Giergeschwindigkeit γ und ein Hinterrad-Lenkwinkel δ_r gemessen, und dann werden im Schritt **102** der Vorderradlenkwinkel δ_f und eine Fahrzeuggeschwindigkeit V berechnet. Dann geht das Programm zu Schritt **301**.

[0125] Im Schritt **301** berechnet der Abschnitt **31** die verschiedenen Antwortparameter, d.h. die stationäre Giergeschwindigkeitsverstärkung $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$, ω_{n1} und ζ1 für das 4WS-Fahrzeugmodell. Dann geht das Programm zu Schritt **302**, in dem der Berechnungsabschnitt **32** die Antwortparameter $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$, ω_{n0} und ζ0 für das 2WS-Fahrzeugmodell berechnet. Dann geht das Programm zu Schritt **303**, in dem der Berechnungsabschnitt **33** für die Vorder- und Hinterradlenk-Soll-Giergeschwindigkeit den Wert γ'4WS für das 4WS-Fahrzeugmodell berechnet, und dann geht das Programm zu Schritt **304**, in dem der Abschnitt **34** den Soll-Giergeschwindigkeitswert γ'2WS für die Vorderradlenkung berechnet. Dann geht das Programm zu Schritt **105**, in dem das Hinterradlenksignal entsprechend dem Vorder- und Hinterradlenkreglerprogramm ausgegeben wird, das dasselbe wie dasjenige des ersten Ausführungsbeispiels ist.

[0126] Anschließend geht das Programm zu Schritt **305**, in dem ermittelt wird, ob in der Vorder- und Hinterradlenkvorrichtung (Lenkwinkelregelvorrichtung) ein Fehler vorliegt. Liegt im Normalfall kein Fehler vor, geht das Programm zu Schritt **306**, in dem $G_{\gamma\delta f(0)4WS}$ als der stationäre Verstärkungswert für die Giergeschwindigkeit $G_{\gamma\delta f(0)}$ für den Antwortparameter des Fahrzeugs eingestellt wird ($G_{\gamma\delta f(0)} = G_{\gamma\delta f(0)4WS}$), und dann geht das Programm zu Schritt **307**, in dem γ'4WS als die Soll-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs eingestellt wird (γ' = γ'4WS). Dann geht das Programm zu Schritt **106**.

[0127] Wird demgegenüber im Schritt **305** rmittelt, daß ein Fehler vorliegt, geht das Programm zu Schritt **308**, in dem $G_{\gamma\delta f(0)2WS}$ als stationärer Giergeschwindigkeitswert $G_{\gamma\delta f(0)}$ als Antwortparameter des Fahrzeugs eingestellt wird ($G_{\gamma\delta f(0)} = G_{\gamma\delta f(0)2WS}$), und dann geht das Programm zu Schritt **309**, in dem γ'2WS als Sollwert γ' des Fahrzeugs (γ' = γ'2WS) eingestellt wird. Dann geht das Programm zu Schritt **106**. Dies bedeutet, daß die Verfahrensschritte **305** bis **309** im Abschnitt **35** für die Umschaltung der Lenkcharakteristik ausgeführt werden. Nach Schritt **106** werden dieselben Verfahrensschritte wie diejenigen nach Fig. 4 ausgeführt.

[0128] Nachstehend wird das Fehlerdiagnoseprogramm, das durch den Abschnitt **36** ausgeführt wird, unter Heranziehung einer Fehlerdiagnose des Giergeschwindigkeitssensors **13** als Beispiel erläutert. Dieses Fehlerdiagnoseprogramm ist ein Interrupt-Programm. Zunächst wird im Schritt **401** die Ausgangsspannung γV des Giergeschwindigkeitssensors **13** gelesen, und das Programm geht zu Schritt **402**, in dem ermittelt wird, ob die Ausgangsspannung γV größer als ein Spannungswert VaH ist. Ist γV ≤ VaH, d.h. ist die Spannung nicht größer als VaH, geht das Programm zu Schritt **403**, in dem ermittelt wird, ob die Ausgangsspannung γV geringer als ein Spannungswert VaL ist.

[0129] Wenn im Schritt **403** ermittelt wird, daß die Ausgangsspannung γV nicht geringer als die Spannung VaL ist (γV ≥ VaL), geht das Programm zu Schritt **404**, in dem bestimmt wird, daß der Sensor **13** normal arbeitet, und die Fehlerdiagnose für diesen Giergeschwindigkeitssensor **13** ist damit abgeschlossen.

[0130] Wird demgegenüber im Schritt **402** bestimmt, daß die Ausgangsspannung γV größer als die Spannung VaH ist, oder wird im Schritt **403** ermittelt, daß die Ausgangsspannung γV geringer als die Spannung VaL ist, geht das Programm zu Schritt **405**, in dem festgestellt wird, daß der Giergeschwindigkeitssensor abnormal arbeitet. Dann geht das Programm zu Schritt **406**, in dem ein Signal an den Abschnitt **35** zur Umschaltung der Lenkcharakteristik ausgegeben wird, ferner auch an die Warneinrichtung usw., und dann ist die Fehlerdiagnose für diesen Sensor **13** abgeschlossen.

[0131] Wie aus der Kennlinie in **Fig.** 8 hervorgeht, gilt für den Meßbereich des Giergeschwindigkeitssensors **13** VaH ≥ γV ≥ VaL, und es ist weder γV > VaH noch γV < VaL ein normaler Zustand, so daß es möglich ist festzustellen, daß der Giergeschwindigkeitssensor **13** abnormal ist, wenn ein solcher Zustand detektiert wird.

[0132] Da ferner die Fehlerdiagnosen bei anderen Einrichtungen im wesentlichen ebenso wie der Giergeschwindigkeitssensor **13** durchgeführt werden, entfällt deren Erläuterung.

[0133] Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden daher, wenn eine Abnormalität in der 4WS-Regelung detektiert wird, die Antwortparameter und die Soll-Giergeschwindigkeiten, die für das 4WS-Fahrzeugmodell abgeleitet wurden, auf diejenigen Werte umgeschaltet, die für das 2WS-Fahrzeugmodell abgeleitet wurden. Selbst wenn also bei der 4WS-Regelung eine Abnormalität auftritt, ist es möglich, eine stabile Bremskraftregelung durch die 2WS-Regelung zu bewerkstelligen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung einer Fahrzeugbewegung, aufweisend eine Fahrzeuggeschwindigkeits-Detektoreinrichtung, die abhängig von Signalen von Raddrehzahlsensoren an den vier Rädern des Fahrzeugs die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs detektiert und ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal

erzeugt, eine Vorderrad-Lenkwinkeldetektoreinrichtung, die den Einschlagwinkel eines Vorderrades des Fahrzeugs detektiert und ein Vorderrad-Lenkwinkelsignal erzeugt,
eine Hinterrad-Lenkwinkeldetektoreinrichtung, die den Einschlagwinkel eines Hinterrades detektiert und ein Hinterrad-Lenkwinkelsignal erzeugt, und
einen Berechnungsabschnitt (**18**), der abhängig von der Ist-Giergeschwindigkeit und dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal einen Soll-Lenkwinkel für das Hinterrad berechnet und ein Soll-Lenkwinkelsignal für das Hinterrad erzeugt,
einen Ausgabeabschnitt (**20**), der abhängig vom Hinterrad-Lenkwinkelsignal und vom Soll-Lenkwinkelsignal für das Hinterrad die Lenkgröße für die Hinterräder ausgibt,
eine Detektoreinrichtung, die die Ist-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs detektiert und ein Ist-Giergeschwindigkeitssignal erzeugt,
eine Einrichtung (**22**) zur Bestimmung der Soll-Giergeschwindikgeit,
einen Berechnungsabschnitt (**23**) für eine Giergeschwindigkeits-Regelabweichung, der abhängig vom Soll-Giergeschwindigkeitssignal und vom Ist-Giergeschwindigkeitssignal diese Regelabweichung durch Subtraktion der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung von der Ist-Giergeschwindigkeit berechnet und ein Regelabweichungssignal erzeugt, einen Sollbremskraft-Berechnungsabschnitt (**24**), der eine Sollbremskraft des Fahrzeugs unter Benutzung des Regelabweichungssignals berechnet und ein Soll-Bremskraftsignal erzeugt, einen ersten Diskriminatorabschnitt (**25**), der abhängig vom Ist-Giergeschwindigkeitssignal und dem Regelabweichungssignal entsprechend der Ist-Giergeschwindigkeit das hintere Innenrad oder das vordere Außenrad als zu bremsendes Rad auswählt und ein Bremssignal erzeugt, und
einen Bremssignal-Ausgabeabschnitt (**27**), der abhängig vom Sollbremssignal und dem Bremssignal die Bremskraft für jedes Rad so steuert, daß die Sollbremskraft auf das Rad ausgeübt wird, das durch den ersten Diskriminatorabschnitt (**25**) als zu bremsendes Rad ausgewählt worden ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einrichtung zur Bestimmung der Soll-Giergeschwindigkeit enthält:
einen Berechnungsabschnitt (**21**), der abhängig vom Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Antwortparameter für die Vorder- und Hinterradlenkung mit einem Vorder- und Hinterradlenkungs-Fahrzeugmodell auf der Grundlage der Geschwindigkeit des Fahrzeugs berechnet und ein erstes Parametersignal erzeugt, und einen Berechnungsabschnitt (**22**) für die Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung, der abhängig von dem ersten Parametersignal und von dem Vorderradlenkwinkelsignal eine Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung auf der Grundlage der Antwortparameter für die Vorder- und Hinterradlenkung und des Lenkwinkels des Vorderrades berechnet und ein Soll-Giergeschwindigkeitssignal erzeugt,
und daß der Sollbremskraft-Berechnungsabschnitt (**24**) die Sollbremskraft des Fahrzeugs zusätzlich in Abhängigkeit vom Vorderrad-Lenkwinkelsignal, vom Ist-Giergeschwindigkeitssignal, vom ersten Parametersignal und vom Fahrzeuggeschwindigkeitssignal auf der Grundlage von Regelbedingungen der Fahrzeugbewegung berechnet,
und daß die Vorrichtung einen zweiten Diskriminatorabschnitt (**26**) aufweist, der abhängig vom Ist-Giergeschwindigkeitssignal und vom Regelabweichungssignal beurteilt, ob diese Größen in einem regelbaren Bereich für die Bremsung liegen, und der ein Beurteilungssignal erzeugt, und
daß der Bremssignal-Ausgabeabschnitt (**27**) in weiterer Abhängigkeit vom Beurteilungssignal die Sollbremskraft auf das zu bremsende Rad ausübt, wenn der zweite Diskriminatorabschnitt (**26**) ermittelt, daß der regelbare Bereich vorliegt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Lenkwinkelregelfehler-Diagnoseabschnitt (**36**), der eine Abnormität bei der Lenkwinkelregelung detektiert,
ein Berechnungsabschnitt (**32**), der abhängig vom Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Antwortparameter für die Vorderradlenkung mit einem Vorderradlenkungs-Fahrzeugmodell auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs berechnet und ein zweites Parametersignal erzeugt,
ein Berechnungsabschnitt (**34**) für die Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorderradlenkung, der abhängig vom zweiten Parametersignal und von dem Vorderradlenkwinkel eine Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorderradlenkung auf der Grundlage der Antwortparameter für die Vorderradlenkung und des Lenkwinkels des Vorderrades berechnet und ein Soll-Giergeschwindigkeitssignal erzeugt, und
ein Umschaltabschnitt (**35**) für die Lenkcharakteristik zur Ausgabe der Antwortparameter für die Vorder- und Hinterradlenkung als Antwortparameter und der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorder- und Hinterradlenkung als Soll-Giergeschwindigkeit unter normalen Bedingungen und zur Ausgabe der Antwortparameter für die Vorderradlenkung als Antwortparameter und der Soll-Giergeschwindigkeit für die Vorderradlenkung als Soll-Giergeschwindigkeit, wenn der Diagnoseabschnitt (**36**) eine Abnormität in der Lenkwinkelsteuerung feststellt, enthalten sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Umschaltabschnitt (**35**) für die Lenkwinkelcharakteristik den Vorderradlenkungs-Antwortparameter als den Antwortparameter und die Vorderradlenkungs-Sollgiergeschwindigkeit als die Soll-Giergeschwindigkeit mit einer vorbestimmten Antwortcharakteristik ausgibt, wenn die Ausgangssignale des Antwortparameters und der

Soll-Giergeschwindigkeit in die Werte des Vorderradlenkungs-Antwortparameters und der Vorderradlenkungs-Sollgiergeschwindigkeit geändert werden.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

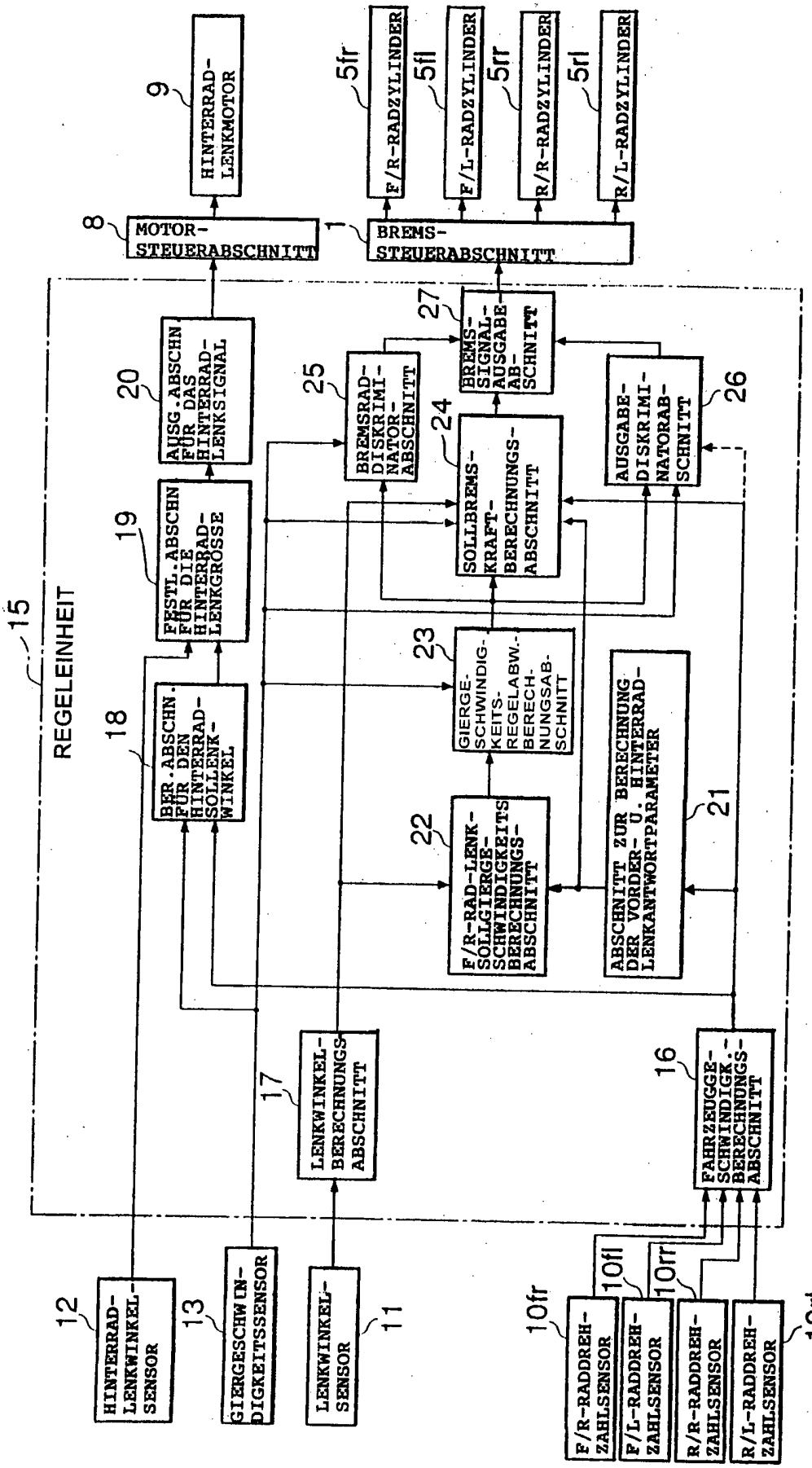


FIG.1

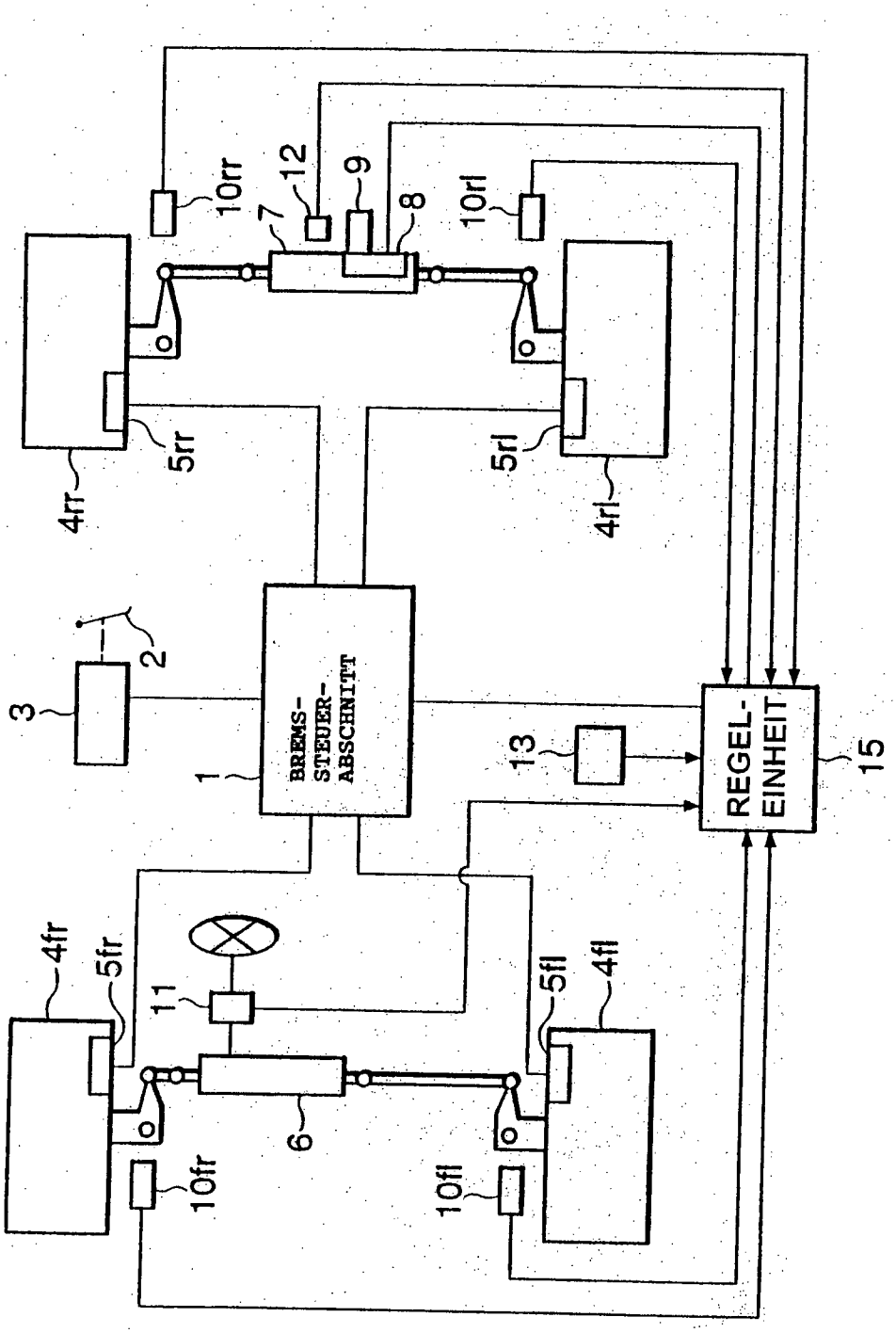

10rr
12
9
7
8
10rl
4rr
5rr
5rl
4rl
2
3
BREMS-
STEUER-
ABSCHNITT
1
13
REGEL-
EINHEIT
15
4fr
5fr
11
5fl
4fl
6
10fr
10fl

FIG.2

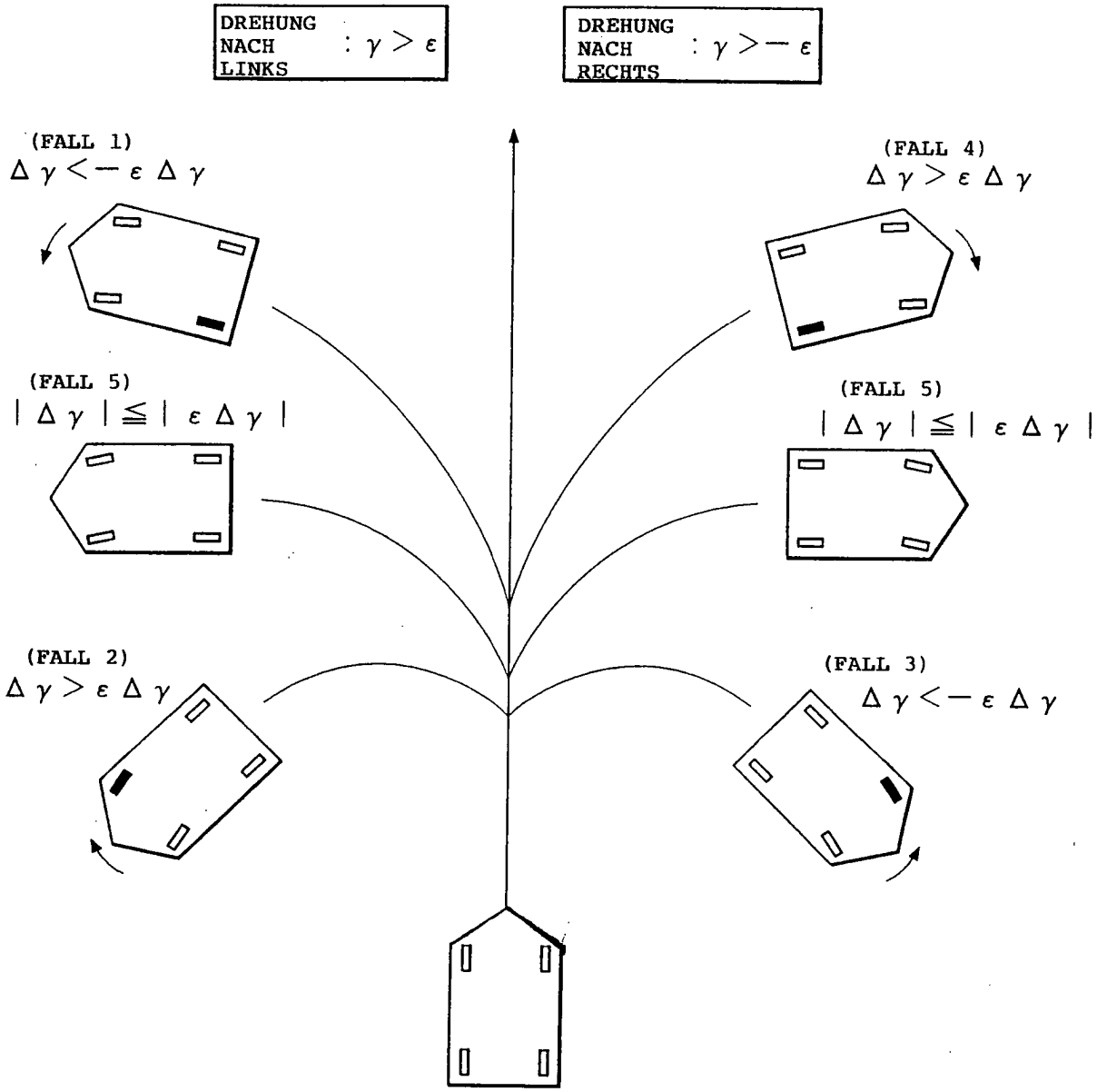

DREHUNG NACH LINKS : $\gamma > \varepsilon$
DREHUNG NACH RECHTS : $\gamma > -\varepsilon$
(FALL 1)
$\Delta\gamma < -\varepsilon\,\Delta\gamma$
(FALL 4)
$\Delta\gamma > \varepsilon\,\Delta\gamma$
(FALL 5)
$|\Delta\gamma| \leqq |\varepsilon\,\Delta\gamma|$
(FALL 5)
$|\Delta\gamma| \leqq |\varepsilon\,\Delta\gamma|$
(FALL 2)
$\Delta\gamma > \varepsilon\,\Delta\gamma$
(FALL 3)
$\Delta\gamma < -\varepsilon\,\Delta\gamma$

FIG.3

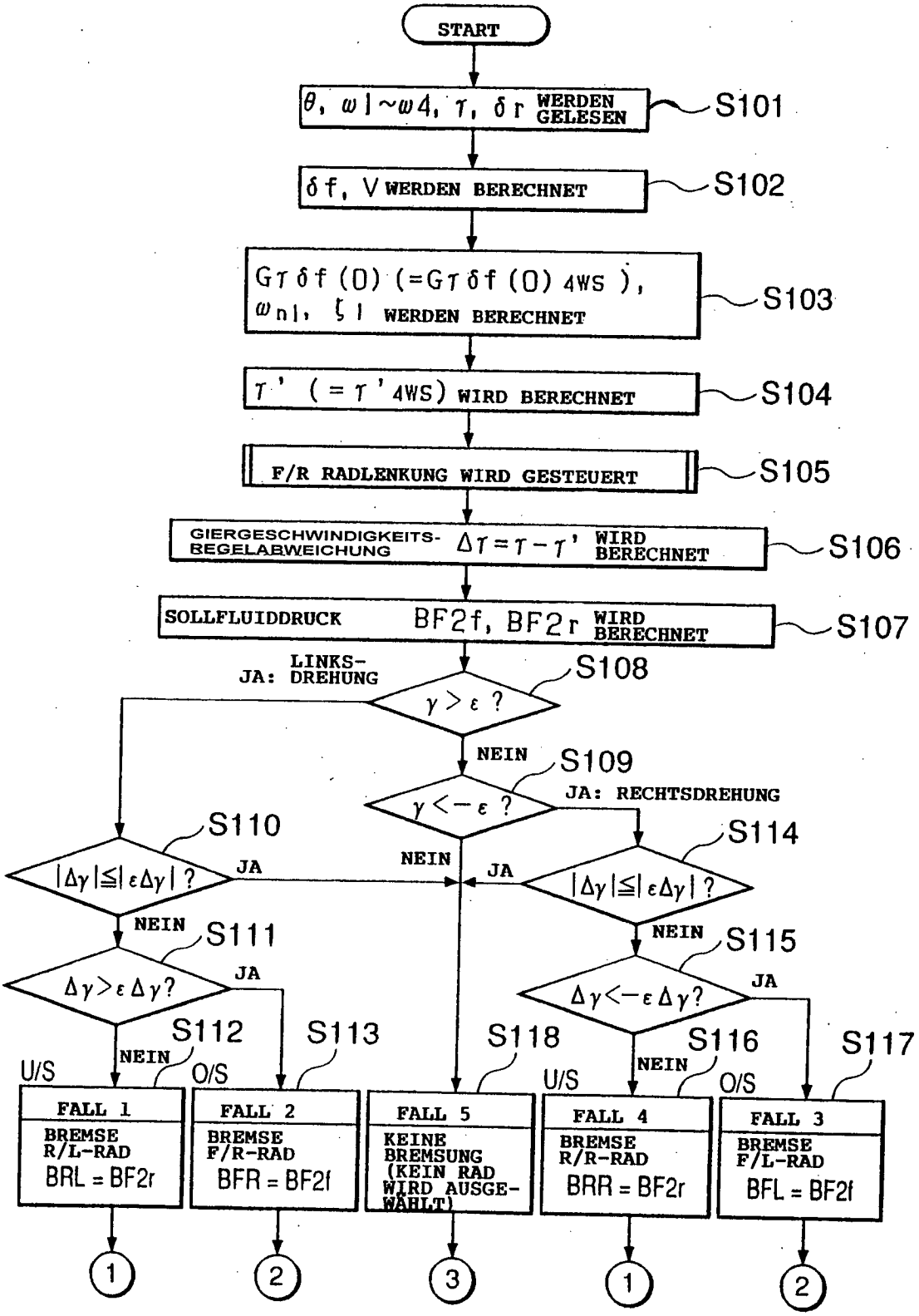

START
θ, ω1~ω4, τ, δr WERDEN GELESEN
S101
δf, V WERDEN BERECHNET
S102
Gτδf(0) (=Gτδf(0)4WS), ωn1, ζ1 WERDEN BERECHNET
S103
τ' (=τ'4WS) WIRD BERECHNET
S104
F/R RADLENKUNG WIRD GESTEUERT
S105
GIERGESCHWINDIGKEITS-REGELABWEICHUNG Δτ=τ-τ' WIRD BERECHNET
S106
SOLLFLUIDDRUCK BF2f, BF2r WIRD BERECHNET
S107
JA: LINKS-DREHUNG
γ>ε ?
S108
NEIN
γ<-ε ?
S109
JA: RECHTSDREHUNG
|Δγ|≦|εΔγ| ?
S110
JA
NEIN
|Δγ|≦|εΔγ| ?
S114
JA
NEIN
Δγ>εΔγ?
S111
JA
NEIN
Δγ<-εΔγ?
S115
JA
NEIN
S112
S113
S118
S116
S117
U/S
O/S
U/S
O/S
FALL 1
BREMSE R/L-RAD
BRL = BF2r
FALL 2
BREMSE F/R-RAD
BFR = BF2f
FALL 5
KEINE BREMSUNG (KEIN RAD WIRD AUSGE-WÄHLT)
FALL 4
BREMSE R/R-RAD
BRR = BF2r
FALL 3
BREMSE F/L-RAD
BFL = BF2f
1
2
3
1
2

FIG.4

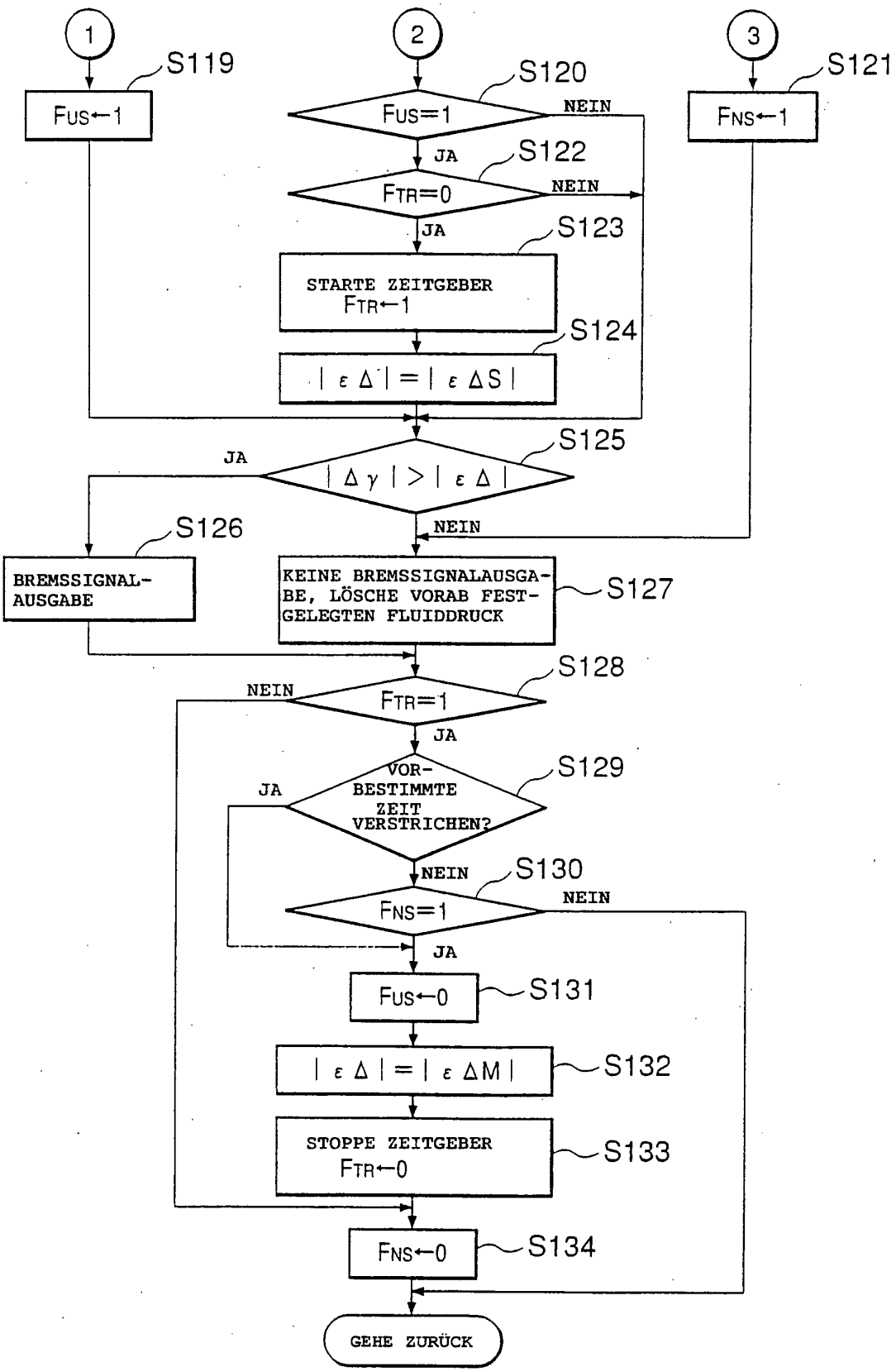

1
2
3
S119
FUS←1
S120
FUS=1
NEIN
JA
S122
FTR=0
NEIN
JA
S123
STARTE ZEITGEBER
FTR←1
S124
| ε Δ | = | ε ΔS |
S121
FNS←1
S125
JA
| Δγ | > | ε Δ |
NEIN
S126
BREMSSIGNAL-AUSGABE
KEINE BREMSSIGNALAUSGABE, LÖSCHE VORAB FESTGELEGTEN FLUIDDRUCK
S127
S128
NEIN
FTR=1
JA
S129
JA
VOR-BESTIMMTE ZEIT VERSTRICHEN?
NEIN
S130
FNS=1
NEIN
JA
FUS←0
S131
| ε Δ | = | ε ΔM |
S132
STOPPE ZEITGEBER
FTR←0
S133
FNS←0
S134
GEHE ZURÜCK

FIG.5

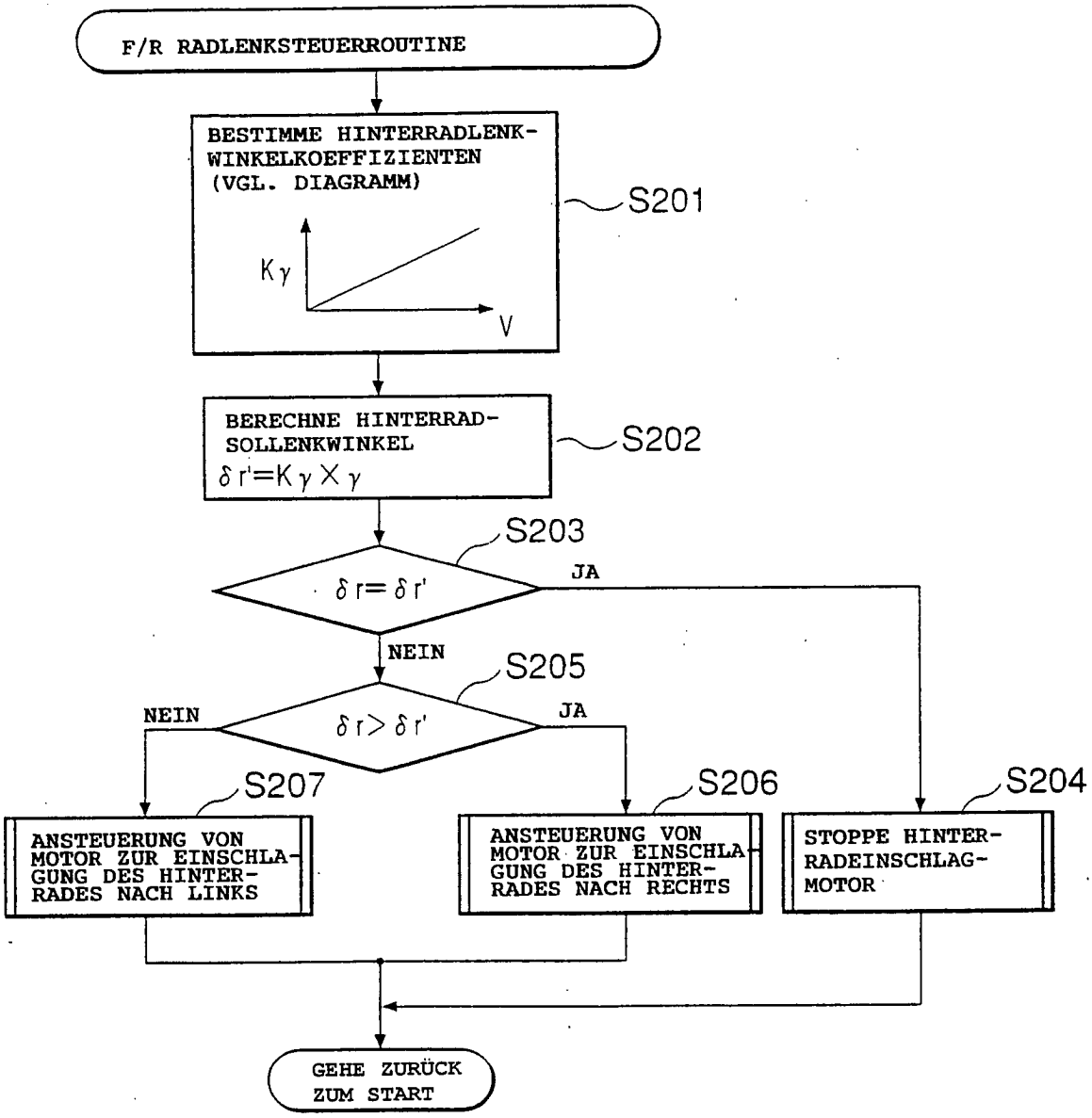

F/R RADLENKSTEUERROUTINE
BESTIMME HINTERRADLENK-WINKELKOEFFIZIENTEN (VGL. DIAGRAMM)
Kγ
V
S201
BERECHNE HINTERRAD-SOLLENKWINKEL
δr'=Kγ×γ
S202
S203
δr=δr'
JA
NEIN
S205
δr>δr'
NEIN
JA
S207
ANSTEUERUNG VON MOTOR ZUR EINSCHLAGUNG DES HINTERRADES NACH LINKS
S206
ANSTEUERUNG VON MOTOR ZUR EINSCHLAGUNG DES HINTERRADES NACH RECHTS
S204
STOPPE HINTERRADEINSCHLAGMOTOR
GEHE ZURÜCK ZUM START

FIG.6

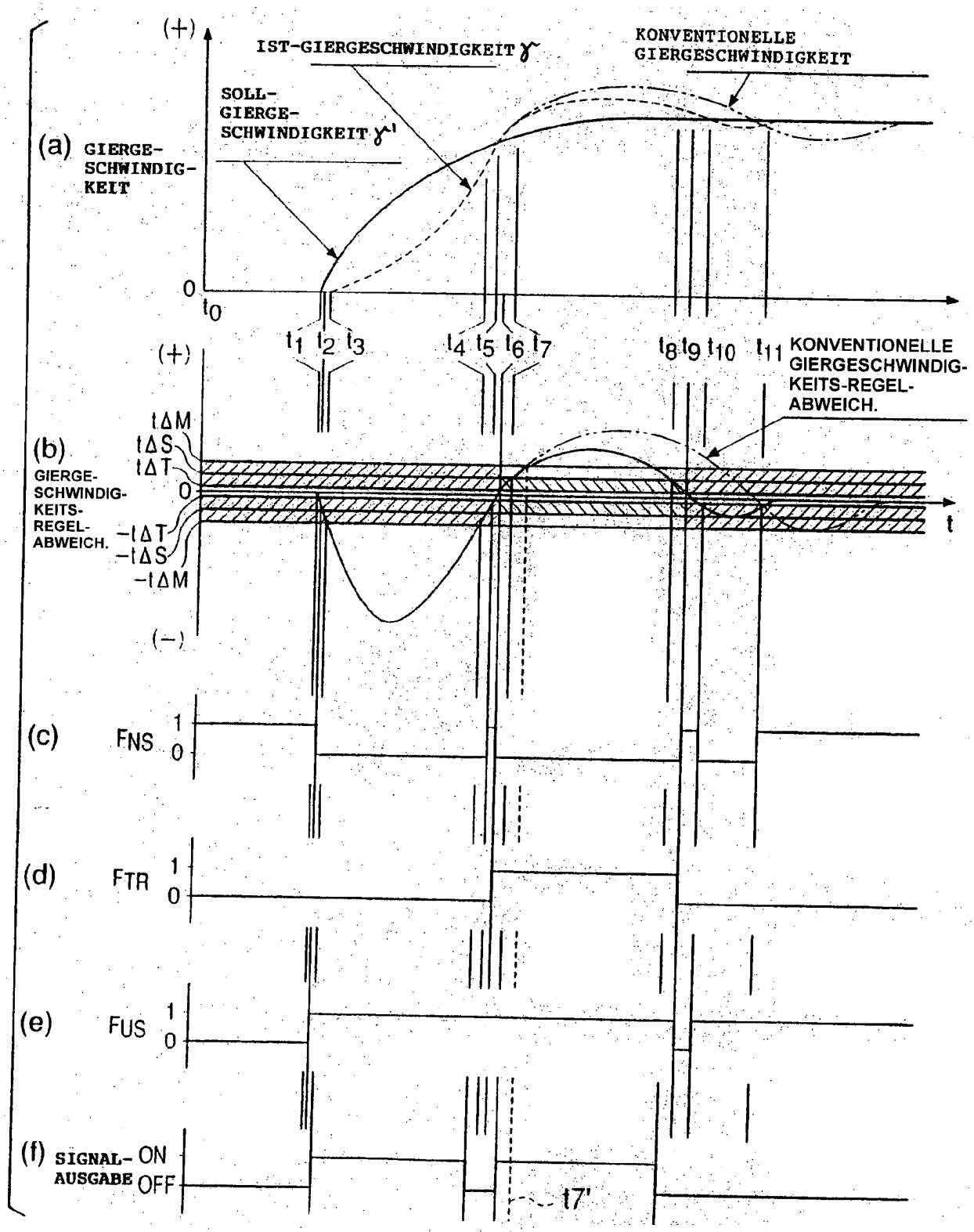

(+)
IST-GIERGESCHWINDIGKEIT γ
KONVENTIONELLE GIERGESCHWINDIGKEIT
SOLL-GIERGE-SCHWINDIGKEIT γ'
(a) GIERGE-SCHWINDIG-KEIT
0
t0
t1 t2 t3
t4 t5 t6 t7
t8 t9 t10 t11
KONVENTIONELLE GIERGESCHWINDIG-KEITS-REGEL-ABWEICH.
(+)
tΔM
tΔS
tΔT
(b)
GIERGE-SCHWINDIG-KEITS-REGEL-ABWEICH.
0
−tΔT
−tΔS
−tΔM
(−)
t
(c) FNS 1 0
(d) FTR 1 0
(e) FUS 1 0
(f) SIGNAL-AUSGABE ON OFF
t7'

FIG.7

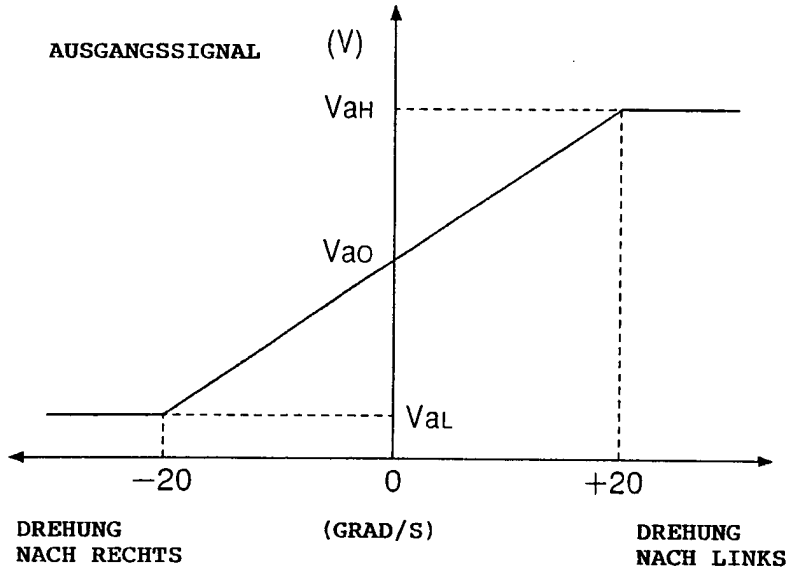

AUSGANGSSIGNAL
(V)
VaH
Vao
VaL
−20
0
+20
DREHUNG
NACH RECHTS
(GRAD/S)
DREHUNG
NACH LINKS

FIG.8

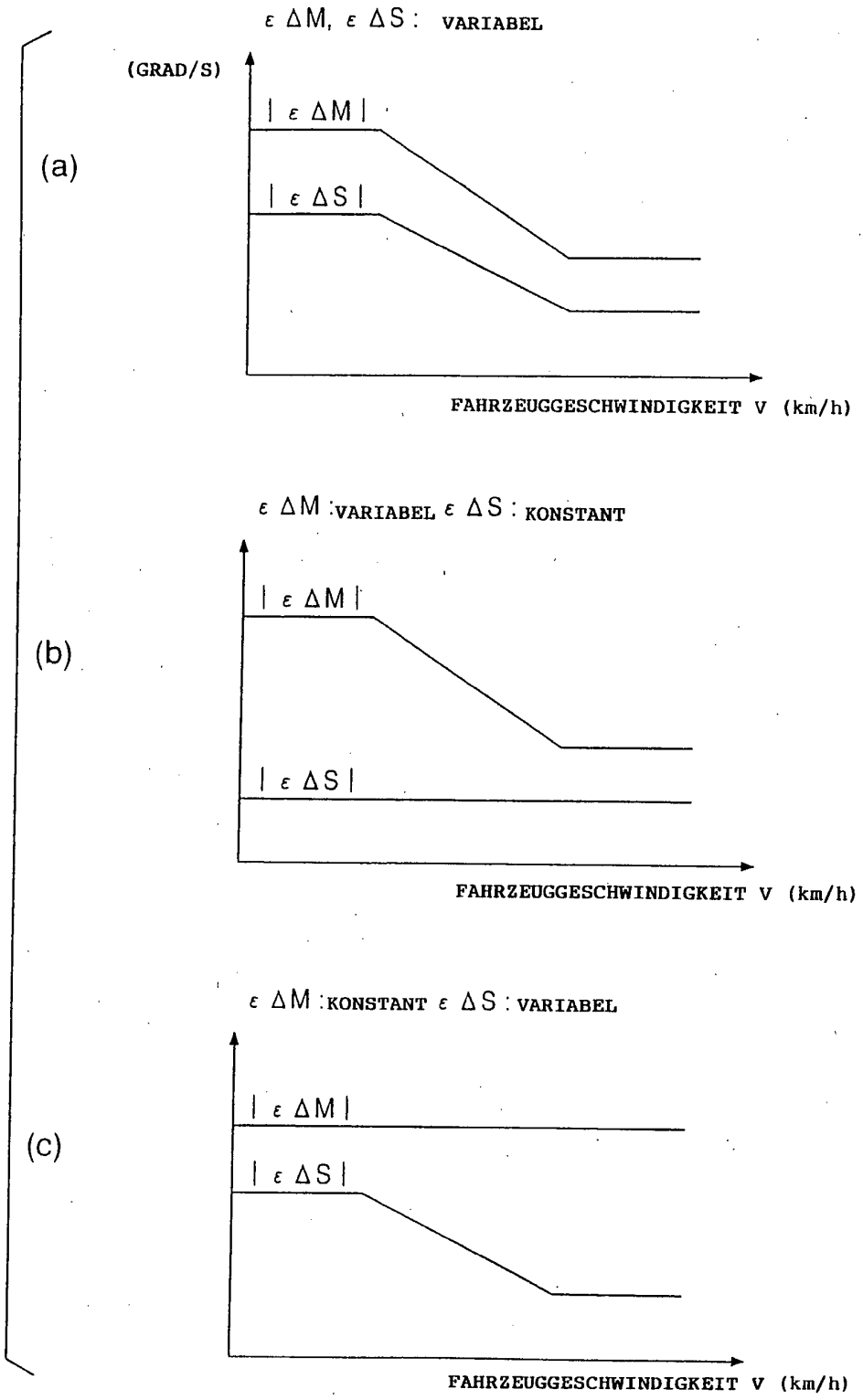

ε ΔM, ε ΔS : VARIABEL
(GRAD/S)
| ε ΔM |
| ε ΔS |
(a)
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT V (km/h)
ε ΔM :VARIABEL ε ΔS : KONSTANT
| ε ΔM |
| ε ΔS |
(b)
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT V (km/h)
ε ΔM :KONSTANT ε ΔS : VARIABEL
| ε ΔM |
| ε ΔS |
(c)
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT V (km/h)

FIG.9

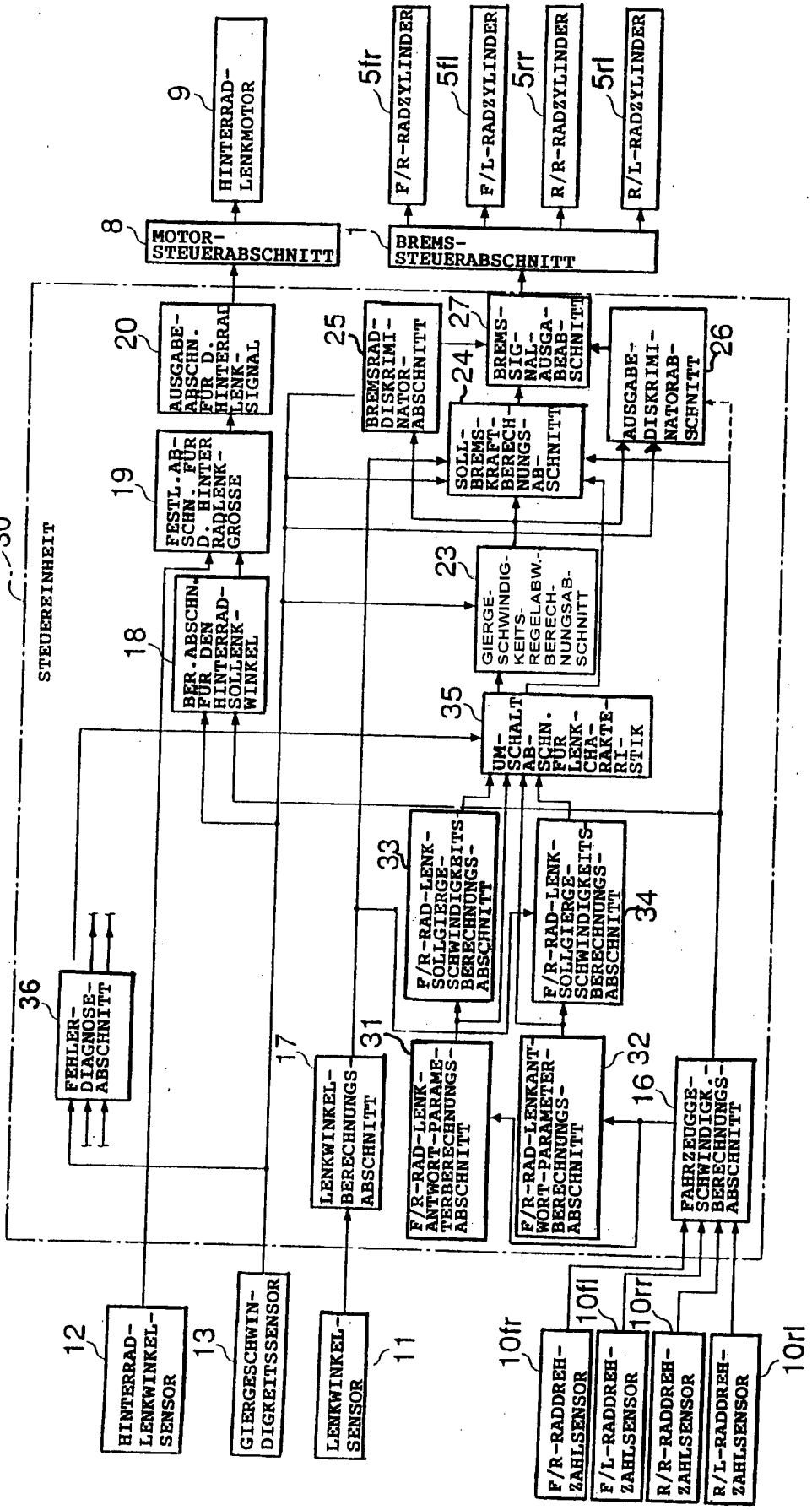

30
STEUEREINHEIT
9
HINTERRAD-LENKMOTOR
8
MOTOR-STEUERABSCHNITT
1
BREMS-STEUERABSCHNITT
5fr
F/R-RADZYLINDER
5fl
F/L-RADZYLINDER
5rr
R/R-RADZYLINDER
5rl
R/L-RADZYLINDER
20
AUSGABE-ABSCHN. FÜR D. HINTERRAD-LENK-SIGNAL
19
FESTL.AB-SCHN. FÜR D. HINTER RADLENK-GRÖSSE
18
BER.ABSCHN. FÜR DEN HINTERRAD-SOLLENK-WINKEL
25
BREMSRAD-DISKRIMI-NATOR-ABSCHNITT
24
SOLL-BREMS-KRAFT-BERECH-NUNGS-AB-SCHNITT
27
BREMS-SIG-NAL-AUSGA-BEAB-SCHNITT
26
AUSGABE-DISKRIMI-NATORAB-SCHNITT
23
GIERGE-SCHWINDIG-KEITS-REGELABW.-BERECH-NUNGSAB-SCHNITT
35
UM-SCHALT AB-SCHN. FÜR LENK-CHA-RAKTE-RI-STIK
33
F/R-RAD-LENK-SOLLGIERGE-SCHWINDIGKEITS BERECHNUNGS-ABSCHNITT
34
F/R-RAD-LENK-SOLLGIERGE-SCHWINDIGKEITS BERECHNUNGS-ABSCHNITT
36
FEHLER-DIAGNOSE-ABSCHNITT
17
LENKWINKEL-BERECHNUNGS ABSCHNITT
31
F/R-RAD-LENK-ANTWORT-PARAME-TERBERECHNUNGS-ABSCHNITT
32
F/R-RAD-LENKANT-WORT-PARAMETER-BERECHNUNGS-ABSCHNITT
16
FAHRZEUGGE-SCHWINDIGK.-BERECHNUNGS-ABSCHNITT
12
HINTERRAD-LENKWINKEL-SENSOR
13
GIERGESCHWIN-DIGKEITSSENSOR
11
LENKWINKEL-SENSOR
10fr
F/R-RADDREH-ZAHLSENSOR
10fl
F/L-RADDREH-ZAHLSENSOR
10rr
R/R-RADDREH-ZAHLSENSOR
10rl
R/L-RADDREH-ZAHLSENSOR

FIG.10

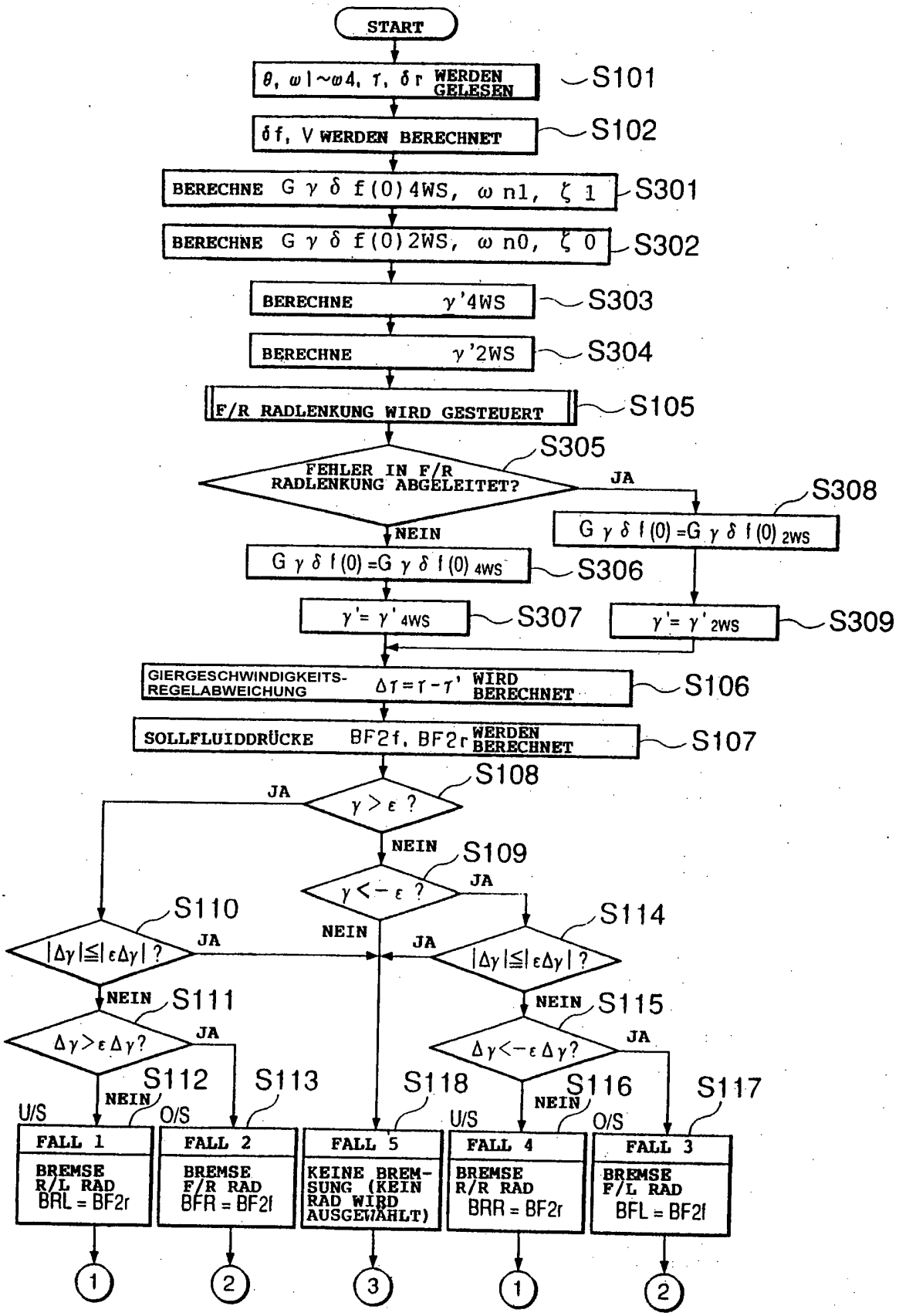

START
θ, ω1~ω4, τ, δr WERDEN GELESEN
S101
δf, V WERDEN BERECHNET
S102
BERECHNE G γ δ f(0)4WS, ω n1, ζ 1
S301
BERECHNE G γ δ f(0)2WS, ω n0, ζ 0
S302
BERECHNE γ'4WS
S303
BERECHNE γ'2WS
S304
F/R RADLENKUNG WIRD GESTEUERT
S105
FEHLER IN F/R RADLENKUNG ABGELEITET?
S305
JA
NEIN
G γ δ f(0) =G γ δ f(0) 2WS
S308
G γ δ f(0) =G γ δ f(0) 4WS
S306
γ'= γ' 4WS
S307
γ'= γ' 2WS
S309
GIERGESCHWINDIGKEITS-REGELABWEICHUNG Δγ=γ-γ' WIRD BERECHNET
S106
SOLLFLUIDDRÜCKE BF2f, BF2r WERDEN BERECHNET
S107
γ > ε ?
S108
γ < −ε ?
S109
|Δγ|≦|εΔγ| ?
S110
|Δγ|≦|εΔγ| ?
S114
Δγ>εΔγ?
S111
Δγ<−εΔγ?
S115
S112
S113
S118
S116
S117
U/S
O/S
FALL 1
BREMSE R/L RAD BRL = BF2r
FALL 2
BREMSE F/R RAD BFR = BF2f
FALL 5
KEINE BREMSUNG (KEIN RAD WIRD AUSGEWÄHLT)
FALL 4
BREMSE R/R RAD BRR = BF2r
FALL 3
BREMSE F/L RAD BFL = BF2f
1
2
3
1
2

FIG.11

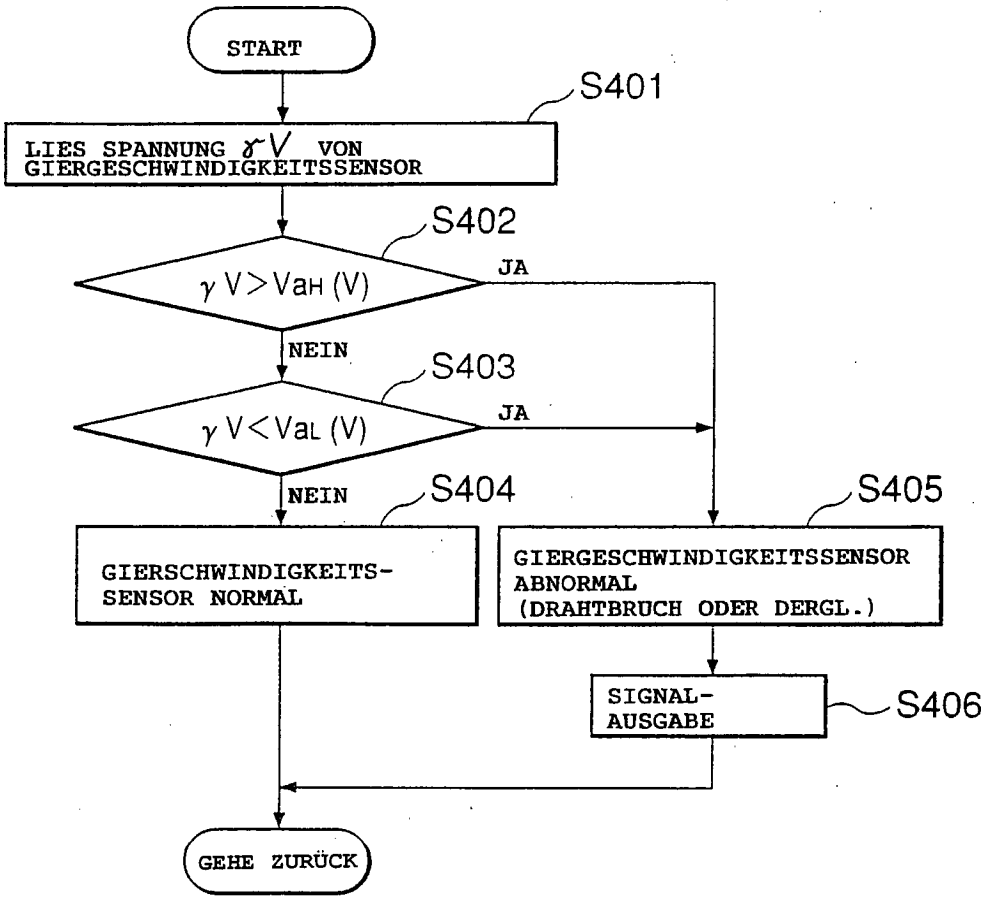

START
S401
LIES SPANNUNG γV VON GIERGESCHWINDIGKEITSSENSOR
S402
γV>VaH (V)
JA
NEIN
S403
γV<VaL (V)
JA
NEIN
S404
S405
GIERSCHWINDIGKEITS-SENSOR NORMAL
GIERGESCHWINDIGKEITSSENSOR ABNORMAL (DRAHTBRUCH ODER DERGL.)
SIGNAL-AUSGABE
S406
GEHE ZURÜCK

FIG.12