



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **195 03 148.2**
 (22) Anmeldetag: **01.02.1995**
 (43) Offenlegungstag: **03.08.1995**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **01.10.2015**

(51) Int Cl.: **B60T 8/60 (2006.01)**
B60T 8/00 (2006.01)
B60T 8/32 (2006.01)
B60T 8/86 (2006.01)
G01P 3/44 (2006.01)
B60R 16/02 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
P 010977/94 02.02.1994 JP

(72) Erfinder:
Inagaki, Shoji, Susono, Shizuoka, JP

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

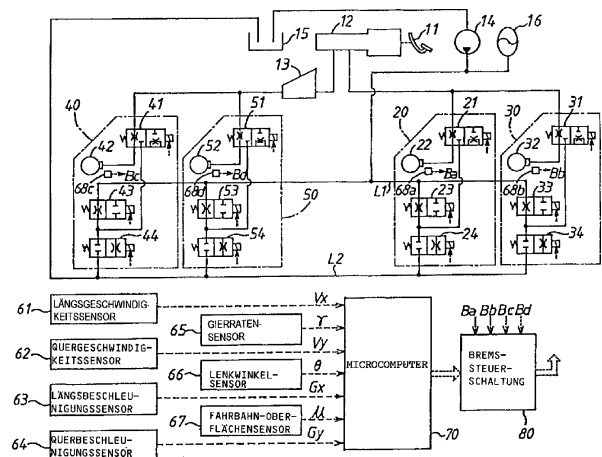
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 23 235	C1
DE	37 31 756	A1
DE	689 08 521	T2
JP	H02- 109 711	A

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs mit einer Verhaltenssteuerungseinrichtung (20, 30, 40, 50) zum Stabilisieren eines instabilen Verhaltens des Fahrzeugs, Erfassungseinrichtungen (61–67) zum Erfassen von Fahrzuständen und Fahrbegleitzuständen des Fahrzeugs, die sich auf die Stabilität des Fahrzeugs in Seitenrichtung beziehen, Bestimmungseinrichtungen (70) zum Bestimmen eines Schwimmwinkels (β) und einer Schwimmwinkelgeschwindigkeit ($d\beta/dt$) basierend auf den Fahrzuständen des Fahrzeugs, wobei die Bestimmungseinrichtungen (70) Einrichtungen zur Bestimmung von Grenzlinien (x_1 – x_6) zwischen stabilen und instabilen Bereichen in Abhängigkeit von den Fahrzuständen und Fahrbegleitzuständen des Fahrzeugs beinhalten, elektrischen Steuerungseinrichtungen (80) zum Steuern des Betriebs der Verhaltenssteuerungseinrichtung, wenn ein durch den Schwimmwinkel und die Schwimmwinkelgeschwindigkeit definierter dynamischer Zustand ($P(\beta, d\beta/dt)$) des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich liegt, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungseinrichtungen (70) Einrichtungen beinhalten zum Ändern der regionalen Grenzlinien in Abhängigkeit von einem Lenkwinkel oder einer Lenkwinkelgeschwindigkeit.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs zur Stabilisierung instablen Verhaltens des Fahrzeugs wie beispielsweise Weg- oder Abtritt, Schwimmen oder dergleichen.

[0002] Die JP H02-109 711 A offenbart eine Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0003] Die DE 689 08 521 T2 offenbart ein aktives Aufhängungssteuersystem, das eine Anti-Wank-Steuerung als Reaktion auf Fahrzeugwanken durchführt, indem Antiwanken in eine Richtung herbeigeführt wird, die entgegengesetzt zu der Fahrzeugaufbauwankrichtung ist. Die Stärke des Antiwankens ist für die vorderen und hinteren Aufhängungssysteme unterschiedlich, so dass eine gewünschte Lenkcharakteristik erzielt wird. Die Lenkcharakteristik wird in Abhängigkeit von dem Bedarf an Stabilitätsfaktor bei Kurvenfahrt eingestellt.

[0004] In der JP H02-109 711 A ist eine gattungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens der eingangs genannten Art offenbart, bei der ein Seitenabrutsch- bzw. Schwimmwinkel sowie dessen Winkelgeschwindigkeit eines Fahrzeugs erfasst werden, um die Kippsteifigkeitsverteilung des Fahrzeugs in Längsrichtung unter Steuern der Fahrzeugaufhängung zu ändern, falls ein durch den erfassten Schwimmwinkel und dessen Winkelgeschwindigkeit definierter dynamischer Zustand des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich liegt.

[0005] Bei der bekannten, wie vorstehend beschriebenen Steuervorrichtung sind jedoch der instabile Bereich als auch der Korrekturbetrag für die Kippsteifigkeitsverteilung festgelegt. Daher würde eine korrigierende Steuerung bzw. eine Korrektursteuerung des instabilen Verhaltens des Fahrzeugs selbst dann auf dieselbe Weise erfolgen, wenn sich ein Fahrzustand des Fahrzeugs wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit, der Lenkwinkel, die Lenkwinkelgeschwindigkeit oder dergleichen, ein Fahrbegleitumstand des Fahrzeugs wie beispielsweise ein Reibungsbeiwert der Fahrbahnoberfläche und/oder ein Instabilitätsausmaß bzw. -grad des Fahrzeugs ändern würde.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Fahrverhaltens eines Kraftfahrzeugs zu schaffen, die eine korrigierende Steuerung instabilen Verhaltens des Fahrzeugs in Übereinstimmung mit Fahrzuständen, Fahrbegleitumständen und einem Instabilitätsgrad des Fahrzeugs ermöglicht.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0008] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

[0009] Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung einer hydraulischen Bremssteueranlage eines Kraftfahrzeugs sowie einer elektrischen Steuervorrichtung für die Bremssteueranlage;

[0010] Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines durch einen in Fig. 1 dargestellten Mikrocomputer ausgeführten Steuerprogramms;

[0011] Fig. 3(A) Diagramme, die ein x-Achsen-Segment bzw. ein y-Achsen-Segment einer Geraden in Bezug auf eine Fahrzeuggeschwindigkeit zeigen, wobei die Gerade eine Grenzlinie eines stabilen Bereichs und eines instabilen Bereichs des dynamischen Fahrzeugzustands annähert;

[0012] Fig. 3(B) Diagramme, die ein x-Achsen-Segment bzw. ein y-Achsen-Segment in Bezug auf einen Lenkwinkel der Vorderräder des Fahrzeugs zeigen;

[0013] Fig. 3(C) Diagramme, die ein x-Achsen-Segment bzw. ein y-Achsen-Segment in Bezug auf eine Lenkwinkelgeschwindigkeit der Vorderräder zeigen;

[0014] Fig. 3(D) Diagramme, die ein x-Achsen-Segment bzw. ein y-Achsen-Segment in Bezug auf einen Reibungsbeiwert der Fahrbahnoberfläche zeigen;

[0015] Fig. 4 ein Diagramm, welches eine zusammengesetzte bzw. synthetische Sollbremskraft in Bezug auf einen kleinsten vertikalen Abstand von einem dynamischen Zustand des Fahrzeugs zu der Grenzlinie zeigt;

[0016] Fig. 5 ein Diagramm, welches eine zusammengesetzte Sollbremskraft in Bezug auf den kleinsten vertikalen Abstand in einer Abwandlung zeigt;

[0017] Fig. 6 ein Diagramm, welches einen dynamischen Zustand des Fahrzeugs in Bezug auf einen Schwimmwinkel und dessen Winkelgeschwindigkeit zeigt;

[0018] Fig. 7 ein Diagramm, welches die Änderung einer Grenzlinie eines stabilen und eines instabilen Bereichs des dynamischen Zustands des Fahrzeugs zeigt; und

[0019] Fig. 8 ein Koordinatensystem, welches die Grenzlinie der stabilen und instabilen Bereiche in Form einer angenäherten Geraden zeigt.

[0020] Zunächst wird unter Bezugnahme auf die Fig. 6 bis Fig. 8 ein dem Prinzip der Erfindung zugrunde liegendes Steuerverfahren kurz beschrieben. In Fig. 6 sind Änderungsbedingungen eines Schwimmwinkels Q und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ für einen Zustand dargestellt, in dem ein Kraftfahrzeug mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 80 km/h auf einer Fahrbahn mit konstantem Reibungskoeffizienten bzw. -beiwert und frei von Lenkanweisungen fährt. Ein dynamischer Zustand $P(t)$ des Fahrzeugs beispielsweise, definiert durch einen gegenwärtigen Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$, ändert sich mit der verstreichenden Zeit in einer durch einen Pfeil in der Figur angegebenen Richtung und wird zu einem dynamischen Zustand $P(t + \Delta t)$. Wie Fig. 6 zu entnehmen ist, konvergiert der dynamische Zustand P des Fahrzeugs mit der Zeit in einem Ursprungspunkt O , falls der Absolutwert sowohl des Schwimmwinkels β als auch dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ klein sind. Falls jedoch der Absolutwert sowohl des Schwimmwinkels β als auch dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ groß sind, so ändert sich der dynamische Zustand P des Fahrzeugs dahingehend, dass der Absolutwert des Schwimmwinkels β mit der Zeit vergrößert wird. Demgemäß wird der durch den Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ definierte dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch die nichtlinearen Grenzlinien $BL1$ und $BL2$ in einen stabilen Bereich und einen instabilen Bereich (ein durch Schraffur angedeuteter Abschnitt) unterteilt.

[0021] Fig. 7 gibt Änderungsbedingungen für den Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ für den Fall wieder, in dem das Fahrzeug mit einem Lenkbefehl beaufschlagt wurde, wobei die Grenzlinien für die stabilen und instabilen Bereiche durch ausgezogene Linien $BL10$ bzw. $BL20$ dargestellt sind. Wenn ein positiver Lenkwinkel (z. B. 4 Grad) in dieselbe Richtung wie der Schwimmwinkel β eingestellt wird, so ändern sich die Grenzlinien $BL10$ und $BL20$ wie durch die durchbrochenen Linien $BL11$ und $BL21$ gezeigt. Wird ein weitergehend positiver Steuerwinkel (z. B. 6 Grad) eingestellt, so ändern sich die Grenzlinien wie durch die strichpunktiert dargestellten Linien $BL12$ und $BL22$ gezeigt. Folglich wird der instabile Bereich vergrößert, wenn das Fahrzeug in dieselbe Richtung wie der Schwimmwinkel β gesteuert wird, und verkleinert, wenn das Fahrzeug entgegen dem Schwimmwinkel β in die entgegengesetzte Richtung gesteuert wird. Da sich die Grenzlinien in Abhängigkeit von der Lenkwinkelgeschwindigkeit ändern, nimmt der instabile Bereich zu, wenn die Lenkwinkelgeschwindigkeit in derselben Richtung wie der Schwimmwinkel β zunimmt, und nimmt ab, wenn die Lenkwinkelgeschwindigkeit entgegen dem Schwimmwinkel β in der entgegengesetzten Richtung zunimmt. Darüber hinaus ändern sich die Grenzlinien der stabilen und instabilen Bereiche in Abhängigkeit von einer Zunahme der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Reibungsbeiwerts der Fahrbahnoberfläche.

[0022] Nachstehend wird das Steuerverfahren zur Korrektur des Fahrzeugverhaltens auf der Grundlage eines Ergebnisses der vorangehenden Analyse beschrieben. Durch ausgezogene Linien in Fig. 7 dargestellte Grenzlinien werden vorab ermittelt, um in Übereinstimmung mit Fahrzuständen des Fahrzeugs wie beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und der Lenkwinkelgeschwindigkeit, die in Bezug zu der Stabilität des Fahrzeugs in Quer- oder Seitenrichtung stehen, sowie zu Fahrbegleitumständen des Fahrzeugs, wie zum Beispiel ein Reibungsbeiwert der Fahrbahnoberfläche, die in Bezug zu der Stabilität des Fahrzeugs in der Seitenrichtung stehen, verändert zu werden. Liegt der dynamische Zustand des Fahrzeugs in dem stabilen Bereich, wie durch $P1$ und $P2$ in Fig. 7 dargestellt, so erfolgt keine Korrektur des Fahrzeugverhaltens. Liegt der dynamische Zustand des Fahrzeugs im instabilen Bereich, wie durch $P3$, $P4$, $P5$ oder $P6$ in Fig. 7 dargestellt, so wird eine Korrektur des Fahrzeugverhaltens durchgeführt. Falls der Instabilitätsgrad des Fahrzeugs groß ist, wie durch $P5$ oder $P6$ in Fig. 7 dargestellt, so wird eine Steuergröße zur Korrektur des Fahrzeugverhaltens festgelegt, die größer ist als eine entsprechende in einem dynamischen Zustand des Fahrzeugs, dessen Instabilitätsgrad kleiner ist, wie durch $P3$ oder $P4$ in Fig. 7 dargestellt. Wie in Fig. 8 gezeigt, können in diesem Fall die Grenzlinien als gefaltete bzw. abknickende Linien angenähert werden, die aus geraden Linien $X1$ bis

X3 bzw. X4 bis X6 zusammengesetzt sind. Die geraden Linien X3 und X6 werden jeweils als x-Achse definiert, und die geraden Linien X1 und X2 sowie X3 und X4 werden durch jeweilige, die x- und y-Achsen schneidende Segmente $m_1, n_1; m_2, n_2; m_4, n_4$ und m_5, n_5 definiert. Die Segmente $m_1, n_1; m_2, n_2; m_4, n_4$ und m_5, n_5 ändern sich in Übereinstimmung mit den Fahrzuständen und Fahrbegleitumständen des Fahrzeugs, um die Grenzlinien zu variieren.

[0023] Zur Ermittlung, ob der dynamische Zustand des Fahrzeugs in einem stabilen Bereich oder in einem instabilen Bereich liegt, wird jeder vertikale Abstand von dem dynamischen Zustand des Fahrzeugs zu den geraden Linien X1 bis X6 gemäß der nachfolgenden Beschreibung berechnet. Jeder dynamische Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ des Fahrzeugs auf den geraden Linien X1, X2, X3, und X5 erfüllt die nachstehende Gleichung (1), und jeder vertikale Abstand L (L_1, L_2, L_3, L_4, L_5) von dem dynamischen Zustand des Fahrzeugs zu den geraden Linien X1, X2, X3, X4 und X5 wird gemäß der nachstehenden Gleichung (2) berechnet:

$$\frac{\beta}{m_j} + \frac{(d\beta/dt)}{n_j} - 1 = 0 \quad \dots (1)$$

$$L = \frac{m_j \cdot n_j}{(m_j^2 + n_j^2)^{1/2}} \cdot \left(\frac{\beta}{m_j} + \frac{(d\beta/dt)}{n_j} \right) - 1 \quad \dots (2)$$

[0024] In den Gleichungen (1) und (2) repräsentiert der Buchstabe j jeweils 1, 2, 3, 4 und 5, und der Abstand L wird als negativer Wert dargestellt, wenn der dynamische Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ bezüglich der geraden Linien X1, X2, X3 und X4 auf der Seite des Ursprungspunkts 0 liegt, und wird als positiver Wert dargestellt, wenn der dynamische Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ des Fahrzeugs bezüglich der geraden Linien X1, X2, X3, X4 und X5 auf der dem Ursprungspunkt 0 entgegengesetzten Seite liegt. Der Abstand L (L_3, L_4) von dem dynamischen Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ des Fahrzeugs zu den geraden Linien X4 und X6 wird zu $|d\beta/dt|$ berechnet.

[0025] Falls die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β größer ist als "0", so wird ein kleinster oder Minimalwert $L_m = \text{MIN}(L_1, L_2, L_3)$ der entsprechenden vertikalen Abstände L_1, L_2 und L_3 von dem dynamischen Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ zu den geraden Linien X1, X2 und X3 berechnet, um den dynamischen Zustand des Fahrzeugs wie folgt zu ermitteln:

- 1) Falls der kleinste Wert negativ ist, so liegt der dynamische Zustand P des Fahrzeugs in einem stabilen Bereich.
- 2) Falls der kleinste Wert positiv ist, so liegt der dynamische Zustand P des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich.
- 3) Der Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands P wird durch den positiven kleinsten Wert L_m festgelegt.

[0026] Falls beispielsweise der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem stabilen Bereich liegenden Punkt P11 definiert ist, so wird der Abstand L_3 positiv, während die Abstände L_1 und L_2 negativ werden. Demzufolge ist der kleinste Wert L_m durch den Abstand L_2 festgelegt, um den stabilen Bereich anzugeben. Falls der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem stabilen Bereich liegenden Punkt 212 definiert ist, so werden die Abstände L_1 und L_3 positiv, während der Abstand L_2 negativ wird. Folglich ist der kleinste Wert L_m durch den Abstand L_2 festgelegt, um den stabilen Bereich anzugeben. Falls der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem instabilen Bereich liegenden Punkt P13 definiert ist, so werden alle Abstände L_1, L_2 und L_3 positiv. Demzufolge ist der kleinste Wert durch den Abstand L_2 festgelegt, um einen Instabilitätsgrad bzw. die Instabilität des dynamischen Zustands des Fahrzeugs anzuzeigen.

[0027] Wenn die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β – kleiner ist als "0", so wird ein kleinster Wert $L_m = \text{MIN}(L_4, L_5, L_6)$ der vertikalen Abstände L_4, L_5 und L_6 von dem dynamischen Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ zu den geraden Linien X4, X5 und X6 berechnet, um den dynamischen Zustand P des Fahrzeugs auf dieselbe Weise wie obenstehend beschrieben zu ermitteln. Ist beispielsweise der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem stabilen Bereich liegenden Punkt P21 definiert, so wird der Abstand L_6 positiv, während die Abstände L_4 und L_5 negativ werden. Demzufolge wird der kleinste Wert L_m durch den Abstand L_4 festgelegt, um den stabilen Bereich anzugeben. Falls der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem stabilen Bereich liegenden Punkt P22 definiert ist, so werden die Abstände L_5 und L_6 positiv, während der Abstand L_4 negativ wird. Demzufolge wird der kleinste Wert L_m durch den Abstand L_4 festgelegt, um den stabilen Bereich anzugeben. Falls der dynamische Zustand P des Fahrzeugs durch einen in dem instabilen Bereich liegenden Punkt P23 definiert ist, so werden alle Abstände L_4, L_5 und L_6 positiv. Demzufolge wird

der kleinste Wert L_m durch den Abstand L_5 festgelegt, um die Instabilität des dynamischen Zustands P des Fahrzeugs anzuzeigen.

[0028] Nachstehend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens für ein Kraftfahrzeug unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel liegt die Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens in Form einer hydraulischen Bremssteueranlage des Fahrzeugs vor, die einen Haupt- bzw. Steuerzylinder **12** beinhaltet, der durch Niederdrücken eines Bremspedals **11** betätigbar ist. Der Hauptzylinder **12** weist einen ersten Port auf, der über Solenoidventile **21** und **31** mit Folgezylindern **22** und **32** linker und rechter Vorderräder verbunden ist, sowie einen zweiten Port, der über ein Reduzierventil **13** und Solenoidventile **41** und **51** mit Folgezylindern **42** und **52** linker und rechter Hinterräder verbunden ist.

[0029] Die hydraulische Bremssteueranlage umfasst eine Hydraulikpumpe **14** zum Fördern von Hydraulikflüssigkeit aus einem Flüssigkeitsvorratsbehälter **15** sowie zum Einspeisen von Hydraulikflüssigkeit unter Druck in eine Hochdruckleitung L1. Die Hochdruckleitung L1 ist mit einem Druckspeicher **16** zum Akkumulieren bzw. Speichern der Hydraulikflüssigkeit unter Druck versehen. Zwischen der Hochdruckleitung L1 und einer mit dem Vorratsbehälter **15** verbundenen Niederdruckleitung L2 sind Bremsdruck-Steuereinrichtungen **20**, **30**, **40** bzw. **50** für die Vorder- und Hinterräder angeordnet. Die hydraulische Bremsdruck-Steuereinrichtung **20** für das linke Vorderrad umfasst das Solenoidventil **21**, den Folgezylinder **22**, ein druckerhöhendes Solenoidventil **23** und ein druckminderndes Solenoidventil **24**. Das Solenoidventil **23** dient dazu, die Hochdruckleitung L1 mit dem Folgezylinder **22** durchlässig zu verbinden, wenn es in einem Zustand, in dem das Solenoidventil **21** aus einer ersten in der Figur gezeigten Position in eine zweite Position umgesteuert wurde, in einer in der Figur gezeigten ersten Position gehalten wird.

[0030] Mit dem Umschalten aus der ersten Position in eine zweite Position unterbricht das Solenoidventil **23** den Flüssigkeitsaustausch zwischen der Hochdruckleitung L1 und dem Folgezylinder **22**. Das druckmindernde Solenoidventil **24** dient dazu, den Folgezylinder **22** mit der Niederdruckleitung L2 durchlässig zu verbinden, wenn es in einem Zustand, in dem das Solenoidventil **21** in die zweite Position umgesteuert wurde, von einer in der Figur gezeigten ersten Position in eine zweite Position umgeschaltet wird. Wird es in der ersten Position gehalten, so unterbricht das Solenoidventil **24** den Flüssigkeitsaustausch zwischen dem Folgezylinder **22** und der Niederdruckleitung L2.

[0031] Die hydraulische Bremsdruck-Steuereinrichtung **30** für das rechte Vorderrad umfasst das Solenoidventil **31**, den Folgezylinder **32**, ein druckerhöhendes Solenoidventil **33** sowie ein druckminderndes Solenoidventil **34**, die auf dieselbe Art und Weise angeordnet sind wie in der Bremsdruck-Steuereinrichtung **20**. Auf vergleichbare Weise umfasst die Bremsdruck-Steuereinrichtung **40** für das linke Hinterrad das Solenoidventil **41**, den Folgezylinder **42**, ein druckerhöhendes Solenoidventil **43** und ein druckminderndes Solenoidventil **44**, die auf dieselbe Art und Weise angeordnet sind wie in der Bremsdruck-Steuereinrichtung **20**. Die hydraulische Bremsdruck-Steuereinrichtung **50** für das rechte Hinterrad umfasst das Solenoidventil **51**, den Folgezylinder **52**, ein druckerhöhendes Solenoidventil **53** und ein druckminderndes Solenoidventil **54**, die auf dieselbe Art und Weise angeordnet sind wie in der Bremsdruck-Steuereinrichtung **20**. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden alle Solenoidventile in ihren ersten Stellungen gehalten, wenn sie nicht erregt sind, und aus ihren ersten Stellungen in ihre zweiten Stellungen umgesteuert, wenn sie erregt werden.

[0032] Eine elektrische Steuervorrichtung für die Solenoidventile umfasst einen Längsgeschwindigkeitssensor **61**, einen Quergeschwindigkeitssensor **62**, einen Längsbeschleunigungssensor **63**, einen Querbeschleunigungssensor **64**, einen Gierratensensor **65**, einen Lenkwinkelsensor **66**, einen Fahrbahnoberflächen-Reibungsbeiwertsensor **67** und Hydraulikdrucksensoren **68a** bis **68d**. Die Sensoren bzw. Aufnehmer **61** bis **67** dienen jeweils der Erfassung einer Längsgeschwindigkeit V_x , einer Quergeschwindigkeit V_y , einer Längsbeschleunigung G_x , einer Querbeschleunigung G_y , einer Gierrate γ , eines Lenkwinkels θ der Vorderräder und eines Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche. So die Längsgeschwindigkeit V_x als auch die Längsbeschleunigung G_x werden in Vorwärtsrichtung als positiver Wert einer physikalischen Größe und in Rückwärtsrichtung als negativer Wert einer physikalischen Größe dargestellt. Die Quergeschwindigkeit V_y , die Querbeschleunigung G_y , die Gierrate γ und der Lenkwinkel θ werden jeweils als positiver Wert in Richtung nach rechts und als negativer Wert in Richtung nach links angegeben.

[0033] Der Fahrbahnoberflächen-Reibungsbeiwertsensor **67** dient der Erfassung eines Reibungsbeiwerts μ der Fahrzeugreifen auf einer Fahrbahnoberfläche und dem Erzeugen eines den erfassten Reibungsbeiwert μ anzeigenden elektrischen Signals. Die folgenden Erfassungseinrichtungen sind beispielsweise als Reibungsbeiwertsensor **67** nutzbar:

- 1) Eine Erfassungseinrichtung zum Abschätzen des Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche auf der Grundlage der Unschärfetheorie (fuzzy theorie), die eine Zustandsgröße eines Teils des Fahrzeugs wie beispielsweise ein an einer Lenkspindel angreifendes Drehmoment, eine an einer Spurstange angreifende axiale Zugkraft und dergleichen, die sich mit der Drehung des Fahrzeugs ändern, eine Zustandsgröße des Fahrzeugs wie beispielsweise eine Längsbeschleunigung, eine Radgeschwindigkeit und dergleichen, die sich bei dem Bremsen oder während der Fahrt bzw. des Beschleunigens des Fahrzeugs ändern, und eine auf Wetterverhältnisse wie beispielsweise Feuchtigkeit, Außentemperatur und dergleichen bezogene Zustandsgröße nutzt.
- 2) Eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Reaktion der Fahrbahnoberfläche durch Messen einer an einer Spurstange angreifenden axialen Zugkraft, eines hydraulischen Drucks in einer Servo-Lenkeinrichtung und dergleichen, um dadurch einen Reibungsbeiwert der Fahrbahnoberfläche auf der Grundlage der erfassten Reaktion der Fahrbahnoberfläche, einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einem Lenkwinkel abzuschätzen.
- 3) Eine Erfassungseinrichtung zum Abschätzen eines Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche auf der Grundlage einer Gierrate γ (einer Querbewegung), einer Fahrzeuggeschwindigkeit und eines Lenkwinkels.
- 4) Eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche auf der Grundlage einer Vektorsumme einer Querbewegung und einer Längsbeschleunigung bei Beginn des Schwimmens bzw. Rutschens.
- 5) Eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche auf der Grundlage eines Schlupfverhältnisses eines zusätzlichen Rades, welches am Fahrzeug angebracht ist und vorab mit einer vorbestimmten, auf die Fahrbahnoberfläche zu übertragenden Bremskraft beaufschlagt wird.

[0034] Die Hydraulikdrucksensoren **68a** bis **68d** dienen jeweils der Messung eines den entsprechenden Folgezylindern **22**, **23**, **24** und **25** zugeführten Bremsdrucks, um dadurch elektrische Signale zu erzeugen, die den Rädern auferlegte Bremsdrücke B_a bis B_d anzeigen. Die Sensoren **61** bis **67** sind mit einer Recheneinrichtung bzw. einem Mikrocomputer **70** verbunden, der zur Ausführung eines durch ein Ablaufdiagramm gemäß **Fig. 2** dargestellten Steuerprogramms ausgebildet ist, um einen durch einen Schwimmwinkel β und dessen zugehörige Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ definierten dynamischen Zustand des Fahrzeugs zu ermitteln und um ein Steuersignal zur selbsttätigen Korrektur des dynamischen Zustands des Fahrzeugs zu erzeugen, falls der dynamische Zustand des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich liegt. Eine Bremssteuerschaltung **80** ist mit den Hydraulikdrucksensoren **68a** bis **68d** und dem Rechner **70** verbunden, um die Solenoidventile **21**, **23**, **24**, **31**, **33**, **34**, **41**, **43**, **44**, **51**, **53** und **54** in Abhängigkeit von dem demselben durch die Recheneinrichtung **70** zugeführten Steuersignal zu erregen oder abzuerragen, um die unter Druck stehende und den Folgezylindern **22**, **32**, **42**, und **52** zugeführte und aus diesen zurückfließende Hydraulikflüssigkeit zu steuern.

[0035] Nachstehend wird die Funktion der hydraulischen Bremssteueranlage unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm gemäß **Fig. 2** beschrieben. Unter der Annahme, dass die Recheneinrichtung **70** mit der Ausführung des Steuerprogramms nach **Fig. 2** begonnen hat, nimmt die Recheneinrichtung **70** in einem Schritt **102** elektrische Signale entgegen, die jeweils eine Längsgeschwindigkeit V_x , eine Quergeschwindigkeit V_y , eine Längsbeschleunigung G_x , eine Querbewegung G_y , eine Gierrate γ , einen Lenkwinkel bzw. einen Lenkeinschlagwinkel θ der Vorderräder und einen Reibungsbeiwert μ der Fahrbahnoberfläche aus den Sensoren **61** bis **67** darstellen, und führt in einem Schritt **104** eine Tiefpass-Filterberechnung durch, um hochfrequente Rauschteile aus den erfassten Werten V_x , V_y , G_x , G_y , γ , θ und μ zu entfernen. In diesem Fall können die Längsbeschleunigung G_x und die Querbewegung G_y durch Ableiten der Längsgeschwindigkeit V_x und der Quergeschwindigkeit V_y nach der Zeit berechnet werden, wogegen die Längsgeschwindigkeit V_x und die Quergeschwindigkeit V_y durch Integration der Längsbeschleunigung G_x und der Querbewegung G_y über die Zeit berechnet werden können. Wenn der Programmablauf zu einem Schritt **106** fortschreitet, so berechnet die Recheneinrichtung **70** eine Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$ durch zeitliches Ableiten des erfassten Lenkwinkels θ und veranlasst den Programmablauf, zu einem Schritt **108** fortzuschreiten. Demzufolge berechnet die Recheneinrichtung **70** in Schritt **108** einen Schwimmwinkel β auf der Grundlage der nachstehenden Gleichung (3) und in einem Schritt **110** eine Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels auf der Grundlage der nachfolgenden Gleichung (4):

$$\beta = V_y/V_x \quad (3)$$

$$d\beta/dt = \frac{(G_y - \gamma \cdot V_x) - \beta \cdot (V_y - G_x)}{V_x} \quad (4)$$

[0036] In diesem Fall kann die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels anhand der folgenden Gleichung (5) berechnet werden:

$$d\beta/dt = \frac{dV_y/dt - \beta \cdot dV_x/dt}{V_x} \quad (5)$$

[0037] Daraufhin ermittelt die Recheneinrichtung **70** in einem Schritt **112**, ob die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β größer ist als "0" oder nicht. Falls sich das Fahrzeug in einem geradförmigen Fahrzustand oder einem nach rechts gerichteten Drehzustand befindet, so ermittelt die Recheneinrichtung **70** in Schritt **112** als Antwort "Ja" und führt die Verarbeitung gemäß Schritten **114** bis **120** aus, um einen kleinsten Wert L_m als eine Steuervariable zur Bestimmung einer Sollbremskraft F zu ermitteln, und um Verteilungsverhältnisse K_{fl} , K_{fr} , K_{rl} und K_{rr} von den Vorder- und Hinterrädern zugeführten Bremskräften zu bestimmen.

[0038] In Schritt **114** des Programms bestimmt die Recheneinrichtung **70** die erfasste Längsgeschwindigkeit V_x als die Fahrzeuggeschwindigkeit V und berechnet ein x-Achsen-Segment m_1 , m_2 sowie ein y-Achsen-Segment n_1 , n_2 unter Bezugnahme auf Tabellen, in denen jeder der Absolutwerte m_j , n_j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$) eines x-Achsen-Segments m_j und eines y-Achsen-Segments n_j der Grenzlinie bezüglich der Fahrzeuggeschwindigkeit V , des Lenkwinkels θ , der Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$ und des Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche gespeichert sind, wie in den **Fig. 3(A)** bis **Fig. 3(D)** gezeigt. Im vorliegenden Fall besitzen die Tabellen die Form einer fünfdimensionalen Matrix, in der ein Wert $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot \theta$ der Fahrzeuggeschwindigkeit V und des Lenkwinkels θ multipliziert mit einem positiven oder negativen Vorzeichen $\text{sgn}(d\beta/dt)$ der Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β für jedes der x-Achsen-Segmente m_1 , m_2 , m_3 , m_4 und y-Achsen-Segmente n_1 , n_2 , n_4 , n_5 , ein Wert $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot d\theta/dt$ der Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$ multipliziert mit einem positiven oder negativen Vorzeichen $\text{sgn}(d\beta/dt)$ der Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β und der Fahrbahnoberflächen-Reibungsbeiwert μ als Variablen gespeichert sind. Die Tabelle ist vorab in einem Fest- bzw. Nur-Lese-Speicher oder ROM der Recheneinrichtung **70** gespeichert. Die Absolutwerte $|m_j|$ bzw. $|n_j|$ ($j = 1, 2, 4, 5$) ändern sich in Bezug auf die Variablen V , $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot \theta$, $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot d\theta/dt$ und μ wie dargestellt.

[0039] Folglich berechnet die Recheneinrichtung **70** in Schritt **114** die Werte $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot \theta$ und $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot d\theta/dt$ auf der Grundlage des Lenkwinkels θ , der Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$ und der Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β und liest die Absolutwerte der Segmente $|m_j|$ bzw. $|n_j|$ ($j = 1, 2$) im Verhältnis zu den Variablen V , $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot \theta$, $\text{sgn}(d\beta/dt) \cdot d\theta/dt$ und μ aus. In diesem Fall liest die Recheneinrichtung **70** bei jedem der Absolutwerte eine Vielzahl von Werten aus und erhält jeweilige Segmentwerte m_1 , n_1 , m_2 und n_2 durch Berechnung des Komplements der ausgelesenen Werte. Im nachfolgenden Schritt **116** berechnet die Recheneinrichtung **70** die vertikalen Abstände L_1 und L_2 von dem dynamischen Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ zu den Näherungslinien X_1 und X_2 auf der Grundlage der Gleichung (2) und legt den vertikalen Abstand L_3 zu der Näherungslinie X_3 als eine Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels β fest. Demzufolge berechnet die Recheneinrichtung **70** in Schritt **118** einen kleinsten Wert $L_m = \text{MIN}(L_1, L_2, L_3)$ der vertikalen Abstände L_1 bis L_3 und legt in Schritt **120** Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fl} , K_{fr} , K_{rl} und K_{rr} der Vorder- und Hinterräder als Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fout} , K_{fin} , K_{rout} und K_{rin} fest, die in der Recheneinrichtung **70** gespeichert und den sich drehenden inneren und äußeren Vorderrädern sowie den sich drehenden inneren und äußeren Hinterrädern zugeteilt werden. Obwohl bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fout} , K_{fin} , K_{rout} und K_{rin} gemäß "1", "0", "0" und "0" zugeteilt werden, können die Verteilungsverhältnisse zu verschiedenen Werten hin verändert werden.

[0040] Nach der Berechnung des kleinsten Werts L_m und der Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fl} , K_{fr} , K_{rl} und K_{rr} nimmt die Recheneinrichtung **70** in einem Schritt **130** Bezug auf eine in ihr gespeicherte Bremskraft-tabelle, um entsprechend dem kleinsten Wert L_m eine zusammengesetzte Sollbremskraft F^* auszulesen. Wie in **Fig. 4** gezeigt, ist die zusammengesetzte Sollbremskraft F^* als "0" festgelegt, wenn der kleinste Wert L_m negativ ist, und wird in Übereinstimmung mit dem kleinsten Wert L_m erhöht, wenn der kleinste Wert L_m positiv ist. Der Umstand, dass der kleinste Wert L_m negativ ist, zeigt an, dass der dynamische Zustand des Fahrzeugs in einem stabilen Bereich liegt, und der Umstand, dass der kleinste Wert L_m positiv ist, zeigt an, dass der dynamische Zustand des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich liegt. In diesem Fall wird der Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands P des Fahrzeugs durch die Größe des positiven kleinsten Werts L_m dargestellt. Schreitet das Programm zu einem Schritt **132** fort, so multipliziert die Recheneinrichtung **70** die zusammengesetzte Sollbremskraft F^* mit den Bremskraft-Verteilungsverhältnissen K_{fl} , K_{fr} , K_{rl} und K_{rr} , um die jeweiligen Sollbremskräfte für die Vorder- und Hinterräder, $F^{*fl} = K_{fl} \cdot F^*$, $F^{*fr} = K_{fr} \cdot F^*$, $F^{*rl} = K_{rl} \cdot F^*$ und $F^{*rr} = K_{rr} \cdot F^*$, zu berechnen. Demzufolge erzeugt die Recheneinrichtung **70** ein Steuersignal für die jeweilige Steuerung der Räder und führt dieses der Bremssteuerschaltung **80** zu. Falls die Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} jeweils "0" sind, so zeigt das Steuersignal an, dass keine Steuerung der Bremskraft erforderlich ist. Ist jedoch irgendeine der Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} oder F^{*rr} positiv, so stellt das Steuersignal die jeweiligen Sollbremskräfte der Räder dar.

[0041] Liegt der dynamische Zustand P des Fahrzeugs in dem stabilen Bereich, so zeigt das Steuersignal an, dass keine Steuerung des Bremsvorgangs erforderlich ist. Wird der Bremssteuerschaltung **80** das Steuersignal zugeführt, so nimmt die Bremssteuerschaltung die Erregung aller Solenoidventile **21, 23, 24, 31, 33, 34, 41, 43, 44, 51, 53,** und **54** zurück, um diese wie dargestellt in ihren ersten Stellungen zu halten. Wird das Bremspedal **11** unter dieser wie vorstehend beschriebenen Bedingung während der Fahrt des Fahrzeugs niedergedrückt, so wird die unter Druck stehende, aus dem ersten Port des Hauptzylinders **12** ausströmende Hydraulikflüssigkeit über die Solenoidventile **21** und **31** den Folgezylindern **22** und **32** zugeführt, während die unter Druck stehende, aus dem zweiten Port des Hauptzylinders **12** ausströmende Hydraulikflüssigkeit über das Reduzierventil **13** und die Solenoidventile **41** und **51** den Folgezylindern **42** und **52** zugeführt wird. Demzufolge wird jedem der Vorder- und Hinterräder eine Bremskraft in Übereinstimmung mit dem Niederdrücken des Bremspedals zugeführt, um das Fahrzeug abzubremesen.

[0042] Falls der dynamische Zustand P des Fahrzeugs bei einem Bremsvorgang in dem instabilen Bereich liegt, so stellt das Steuersignal die jeweilige Sollbremskraft für die Räder dar. Wird der Bremssteuerschaltung **80** das Steuersignal zugeführt, so erregt die Bremssteuerschaltung **80** die Solenoidventile **21, 31, 41** und **51**, um diese in ihre zweiten Stellungen umzusteuern. Als Resultat wird die Versorgung der Folgezylinder **22, 32, 42** und **52** durch den Hauptzylinder **12** mit unter Druck stehender Bremsflüssigkeit unterbrochen, so dass die Folgezylinder **22, 32, 42** und **52** unter der Steuerung der Solenoidventile **23, 24, 33, 34, 43, 44, 53** und **54** mit unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit versorgt werden. Unter dieser Bedingung vergleicht die Bremssteuerschaltung **80** jede der Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} mit jeweiligen, durch die Hydraulikdrucksensoren **68a, 68b, 68c** und **68d** erfassten Bremskräften B_a , B_b , B_c und B_d , um die Sollbremskräfte den Vorder- und Hinterrädern unter der Steuerung der Solenoidventile **23, 24, 33, 34, 43, 44, 53** und **54** zuzuführen.

[0043] Falls die Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} jeweils größer sind als die erfassten Bremskräfte B_a , B_b , B_c und B_d , so nimmt die Bremssteuerschaltung **80** die Erregung der Solenoidventile **23, 24, 33, 34, 43, 44, 53** und **54** zurück, um über dieselben die Hochdruckleitung L1 mit den Folgezylindern **22, 32, 42** und **52** zu verbinden und dadurch den Hydraulikdruck in den Folgezylindern zu erhöhen. Falls die Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} jeweils kleiner sind als die erfassten Bremskräfte B_a , B_b , B_c und B_d , so erregt die Bremssteuerschaltung **80** die Solenoidventile **23, 24, 33, 34, 43, 44, 53** und **54**, um über dieselben die Niederdruckleitung L2 mit den Folgezylindern **22, 32, 42** und **52** zu verbinden und dadurch den Hydraulikdruck in den Folgezylindern zu verringern. Falls die Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} jeweils gleich den erfassten Bremskräften B_a , B_b , B_c und B_d sind, so erregt die Bremssteuerschaltung **80** die Solenoidventile **23, 33, 43** und **53** und nimmt die Erregung der Solenoidventile **24, 34, 44** und **54** zurück, um die Folgezylinder **22, 32, 42** und **52** von der Hochdruckleitung L1 und der Niederdruckleitung L2 zu trennen und dadurch den Hydraulikdruck in den Folgezylindern aufrechtzuerhalten. Dementsprechend werden, falls der dynamische Zustand P (β , $d\beta/dt$) des Fahrzeugs in dem instabilen Bereich liegt, das linke und das rechte Vorderrad mit einer Bremskraft in Übereinstimmung mit dem Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands des Fahrzeugs beaufschlagt. Als Resultat wird das Fahrzeug mit einer Kraft in der nach links gerichteten Drehrichtung beaufschlagt, um den Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ zu verringern und dadurch den dynamischen Zustand des Fahrzeugs in den stabilen Bereich zurückzuführen.

[0044] Falls die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels kleiner ist als "0", oder falls das Fahrzeug sich in einem nach links drehenden Zustand befindet, so ermittelt die Recheneinrichtung **70** in Schritt **112** des Steuerprogramms die Antwort "Nein" und veranlasst das Fortfahren mit Schritten **122** bis **128** des Programms. In Schritt **122** liest die Recheneinrichtung **70** die Absolutwerte $|m_j|$ bzw. $|n_j|$ ($j = 4, 5$) der Segmente im Verhältnis zu der Fahrzeuggeschwindigkeit V , der Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels, der Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$, d Lenkwinkel θ der Vorderräder und dem Reibungsbeiwerts μ der Fahrbahnoberfläche aus und komplementiert diese, um Segmentwerte m_4 , n_4 , m_5 und n_5 mit negativem Vorzeichen zu erhalten. Im nachfolgenden Schritt **124** berechnet die Recheneinrichtung **70** die vertikalen Abstände L4 und L5 von dem dynamischen Zustand P(β , $d\beta/dt$) zu den Näherungslinien X4 und X5 auf der Grundlage der Gleichung (2) und legt den vertikalen Abstand L6 von dem dynamischen Zustand P zu der Näherungslinie X6 als eine Winkelgeschwindigkeit $-d\beta/dt > 0$ fest. Daraufhin berechnet die Recheneinrichtung **70** in Schritt **126** einen kleinsten Wert $L_m = \text{MIN}(L_4, L_5, L_6)$ der vertikalen Abstände L4 bis L6 und legt in Schritt **128** jeweilige Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fl} , K_{fr} , K_{rl} und K_{rr} der Vorder- und Hinterräder als die in der Recheneinrichtung **70** gespeicherten Bremskraft-Verteilungsverhältnisse K_{fin} , K_{fout} , K_{rin} und K_{rout} fest.

[0045] Nach Abarbeiten des Schritts **128** führt die Recheneinrichtung **70** die Verarbeitung gemäß Schritten **130** bis **134** durch, um der Bremssteuerschaltung **80** ein Steuersignal zur jeweiligen Steuerung der Bremskräfte der Räder zuzuführen. Wenn der dynamische Zustand P(β , $d\beta/dt$) des Fahrzeugs in dem stabilen Bereich liegt, so repräsentiert das Steuersignal den Umstand, dass keine Steuerung der Bremskraft erforderlich ist. In

diesem Fall wird den Rädern unter der Steuerung der Bremssteuerschaltung **80** auf dieselbe Art und Weise wie vorstehend beschrieben jeweils eine Bremskraft in Übereinstimmung mit dem Niederdrücken des Bremspedals **11** zugeführt. Wenn der dynamische Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ des Fahrzeugs in dem instabilen Bereich liegt, so repräsentiert das Steuersignal die jeweiligen Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} der Räder. Bei Zuführen des Steuersignals werden die hydraulischen Bremsdruck-Steuerleinrichtungen **20**, **30**, **40** und **50** unter der Steuerung der Bremssteuerschaltung **80** betrieben, um die Sollbremskräfte F^{*fl} , F^{*fr} , F^{*rl} und F^{*rr} den Vorder- und Hinterrädern zuzuführen. Dementsprechend wird dann, wenn der dynamische Zustand des Fahrzeugs während eines nach links gerichteten Drehzustands in dem instabilen Bereich liegt, das rechte Vorderrad mit einer Bremskraft in Übereinstimmung mit dem Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands beaufschlagt. Als Resultat wird das Fahrzeug mit einer Kraft in der nach rechts gerichteten Drehrichtung beaufschlagt, um den Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ zu verringern und so den dynamischen Zustand des Fahrzeugs in den stabilen Bereich zurückzuführen.

[0046] Wie der vorstehenden Beschreibung entnehmbar ist, wird der Schwimmwinkel β des Fahrzeugs gemäß der Verarbeitung in Schritt **108** erfasst und die Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ des Schwimmwinkels durch Abarbeiten des Schritts **110** ermittelt. Wenn demzufolge der durch den Schwimmwinkel β und dessen Winkelgeschwindigkeit $d\beta/dt$ definierte dynamische Zustand $P(\beta, d\beta/dt)$ des Fahrzeugs in dem instabilen Bereich liegt, so werden die hydraulischen Bremsdruck-Steuerleinrichtungen **20**, **30**, **40** und **50** unter der Steuerung der Bremssteuerschaltung **80** gemäß der Verarbeitung in Schritten **116** bis **120** oder **124** bis **128** und **130** bis **134** betrieben, um den dynamischen Zustand des Fahrzeugs in den stabilen Bereich zurückzuführen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine Fahrzustandsgröße, die in Bezug zu der Stabilität des Fahrzeugs in Seitenrichtung steht, wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit V , der Lenkwinkel θ und die Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$, durch den Längsgeschwindigkeitssensor **61**, den Lenkwinkelsensor **66** und gemäß der Verarbeitung in Schritt **106** erfasst, und eine Fahrbegleitumstandsgröße, die in Bezug zu der Stabilität des Fahrzeugs in der Seitenrichtung steht, wird durch den Fahrbahnoberflächen-Reibungsbeiwertsensor **67** erfasst. Auf der Grundlage des Resultats der Erfassung wird die Grenzlinie des stabilen und des instabilen Bereichs gemäß der Verarbeitung in Schritten **114** und **122** verändert. Demzufolge kann das dynamische Verhalten des Fahrzeugs in Übereinstimmung mit dem Fahrzustand oder dem Fahrbegleitumstand korrigiert werden.

[0047] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird die Verarbeitung gemäß Schritten **116**, **118** oder **124**, und **126** ausgeführt, um zu ermitteln, ob der dynamische Zustand des Fahrzeugs in dem stabilen oder in dem instabilen Bereich liegt, und um den Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands zu berechnen; die Verarbeitung gemäß Schritten **130** und **132** wird ausgeführt, um eine Steuergröße bzw. einen Steuerbetrag der Bremskraft zur Korrektur des dynamischen Zustands in Übereinstimmung mit dem Instabilitätsgrad zu ermitteln, und die Verarbeitung gemäß Schritt **134** wird ausgeführt, um ein Steuersignal zu erzeugen, welches den Steuerbetrag angibt, und um dieses der Bremssteuerschaltung **80** zuzuführen. Demzufolge werden die hydraulischen Bremsdruck-Steuerleinrichtungen unter der Steuerung der Bremssteuerschaltung **80** betrieben, um den dynamischen Zustand des Fahrzeugs in Übereinstimmung mit dem Instabilitätsgrad zu korrigieren.

[0048] Obwohl in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel die Fahrzeuggeschwindigkeit V , der Lenkwinkel θ und die Lenkwinkelgeschwindigkeit $d\theta/dt$ als auf die Stabilität des Fahrzeugs in Seitenrichtung bezogene Fahrzustandsgrößen und der Reibungsbeiwert μ der Fahrbahnoberfläche als Fahrbegleitumstand des Fahrzeugs erfasst werden, können andere physikalische Größen die physikalischen Größen V , θ und $d\theta/dt$ ersetzen oder zu diesen hinzugefügt werden. Beispielsweise können eine auf die jeweilige Schlupfrate der Vorder- und Hinterräder bezogene Größe und ein Stabilitätsfaktor des Fahrzeugs die physikalischen Größen ersetzen. Obwohl in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel der Steuerbetrag der Bremskraft in Übereinstimmung mit dem Instabilitätsgrad des dynamischen Zustands des Fahrzeugs variiert, kann die Bremskraft ungeachtet des Instabilitätsgrads mittels eines konstanten Betrags gesteuert werden. In einem solchen Fall wird die in bezug auf den kleinsten Wert L_m in **Fig. 4** gezeigte Änderungskennlinie der zusammengesetzten Sollbremskraft F^* wie in **Fig. 5** dargestellt modifiziert.

[0049] Obwohl in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel die hydraulische Bremssteueranlage als Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens des Fahrzeugs eingeführt wurde, kann alternativ die Aufhängung des Fahrzeugs als Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eingesetzt werden, um die Kippsteifigkeitsverteilung des Fahrzeugs in Längsrichtung zu steuern. In einem solchen Fall können die Dämpfungskräfte der Aufhängung in Übereinstimmung mit dem durch die Verarbeitung gemäß der Schritte **118** oder **126** berechneten kleinsten Wert L_m gesteuert werden.

[0050] Vorstehend wurde somit eine Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs beschrieben, bei der ein Schwimmwinkel und dessen Winkelgeschwindigkeit erfasst werden, um zu

ermitteln, ob ein durch den erfassten Schwimmwinkel und dessen Winkelgeschwindigkeit definierter dynamischer Zustand des Fahrzeugs in einem stabil oder instabilen Bereich liegt, und bei der ein Instabilitätsausmaß des dynamischen Zustands des Fahrzeugs berechnet wird. Als Ergebnis der Erfassung und Berechnung wird zur Korrektur des instabilen Verhaltens des Fahrzeugs für jedes Vorder- und Hinterrad des Fahrzeugs eine jeweilige Sollbremskraft berechnet. Eine Grenzlinie der stabilen und instabilen Bereiche wird in Übereinstimmung mit einer Fahrzustandsgröße des Fahrzeugs, wie beispielsweise der Fahrzeuggeschwindigkeit, dem Lenkwinkel und der Lenkwinkelgeschwindigkeit sowie einer Fahrbegleitumstandsgröße wie beispielsweise dem Reibungsbeiwert der Fahrbahnoberfläche verändert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung des dynamischen Verhaltens eines Kraftfahrzeugs mit einer Verhaltenssteuerungseinrichtung (**20, 30, 40, 50**) zum Stabilisieren eines instabilen Verhaltens des Fahrzeugs, Erfassungseinrichtungen (**61–67**) zum Erfassen von Fahrzuständen und Fahrbegleitzuständen des Fahrzeugs, die sich auf die Stabilität des Fahrzeugs in Seitenrichtung beziehen, Bestimmungseinrichtungen (**70**) zum Bestimmen eines Schwimmwinkels (β) und einer Schwimmwinkelgeschwindigkeit ($d\beta/dt$) basierend auf den Fahrzuständen des Fahrzeugs, wobei die Bestimmungseinrichtungen (**70**) Einrichtungen zur Bestimmung von Grenzlinien (x_1 – x_6) zwischen stabilen und instabilen Bereichen in Abhängigkeit von den Fahrzuständen und Fahrbegleitzuständen des Fahrzeugs beinhalten, elektrischen Steuerungseinrichtungen (**80**) zum Steuern des Betriebs der Verhaltenssteuerungseinrichtung, wenn ein durch den Schwimmwinkel und die Schwimmwinkelgeschwindigkeit definierter dynamischer Zustand ($P(\beta, d\beta/dt)$) des Fahrzeugs in einem instabilen Bereich liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestimmungseinrichtungen (**70**) Einrichtungen beinhalten zum Ändern der regionalen Grenzlinien in Abhängigkeit von einem Lenkwinkel oder einer Lenkwinkelgeschwindigkeit.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzustände die Fahrgeschwindigkeit, den Lenkwinkel, sowie die Lenkwinkelgeschwindigkeit und die Fahrbegleitzustände den Reibungskoeffizienten der Fahrbahnoberfläche betreffen.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

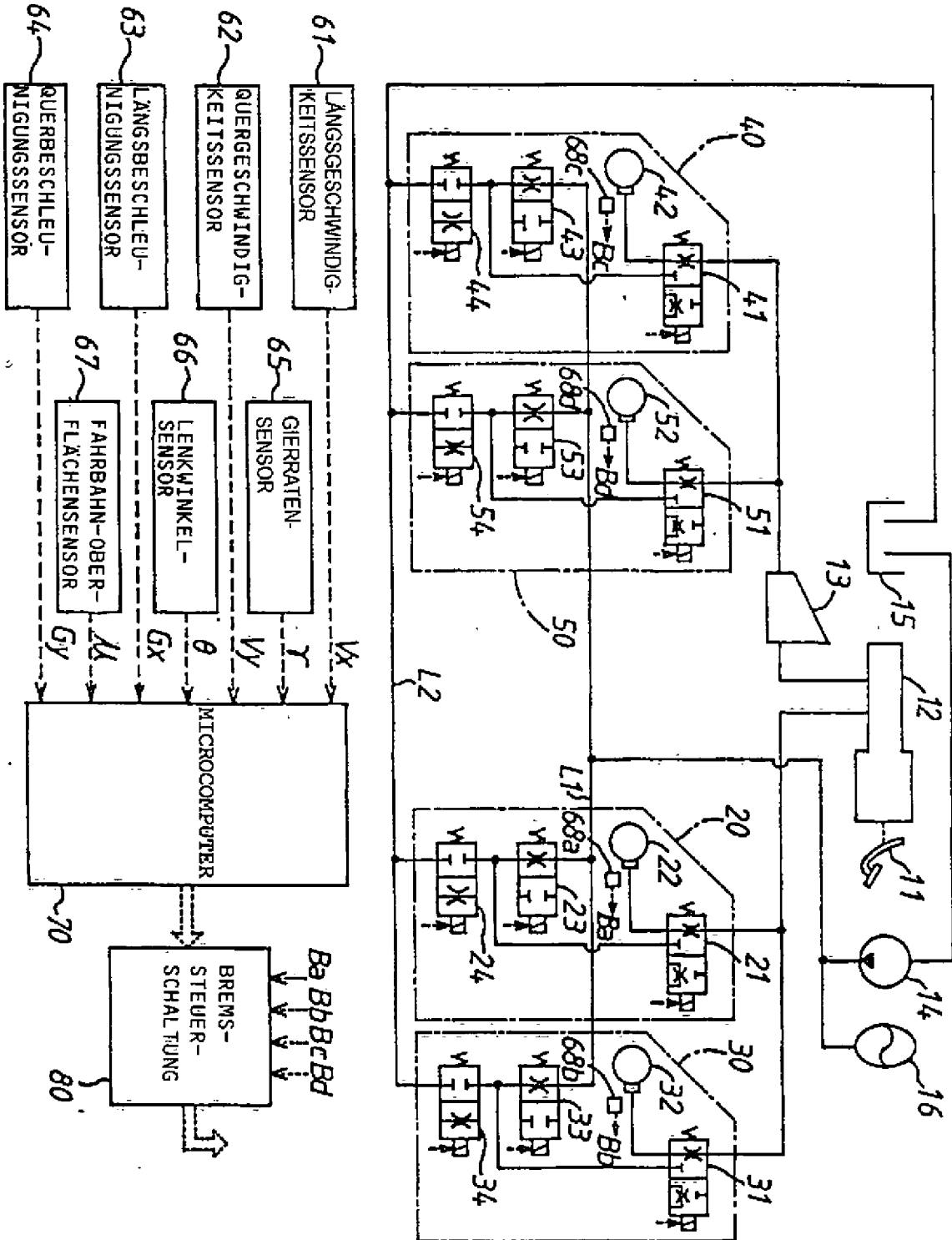


Fig. 2

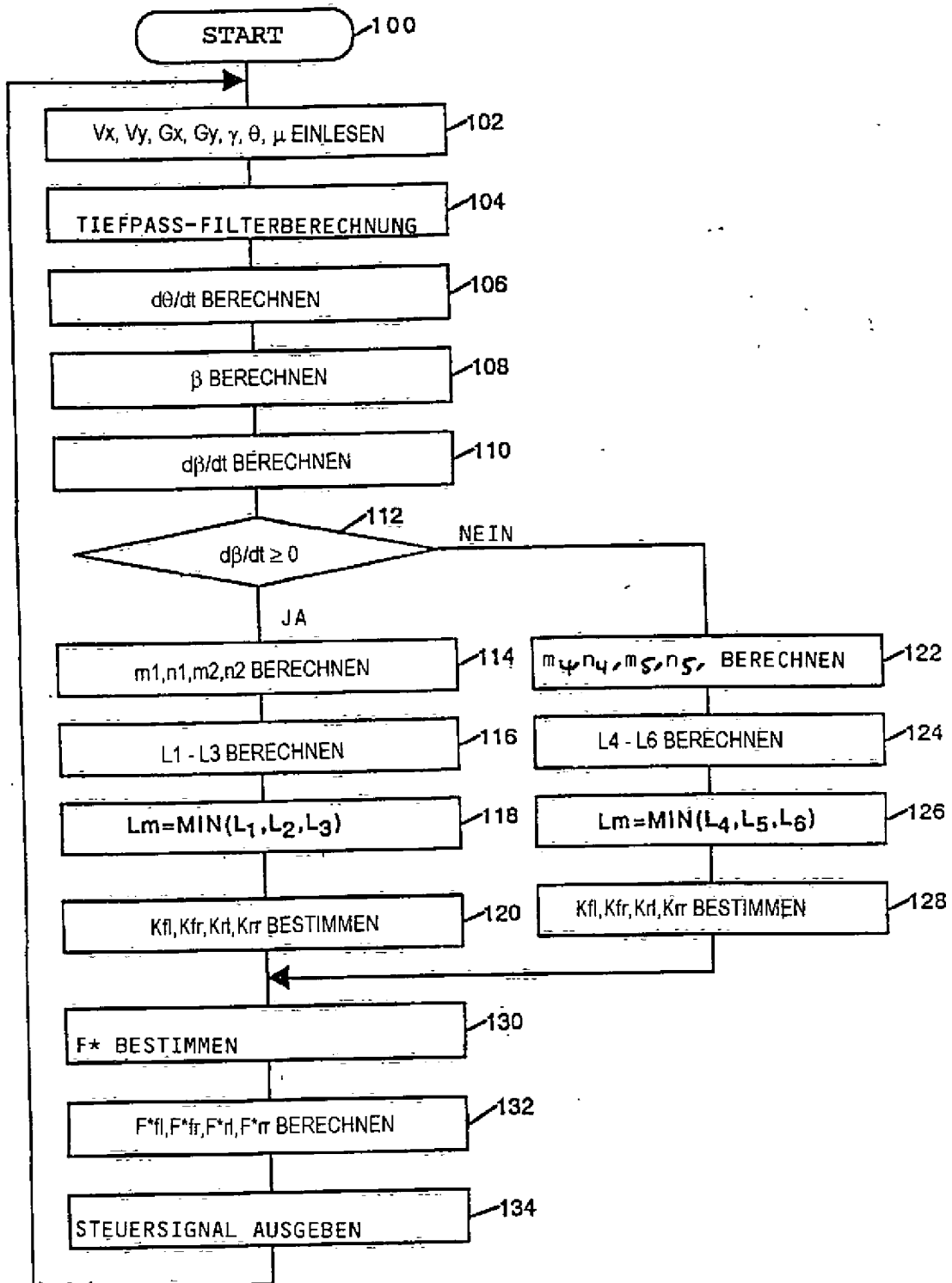


Fig . 3 (A)

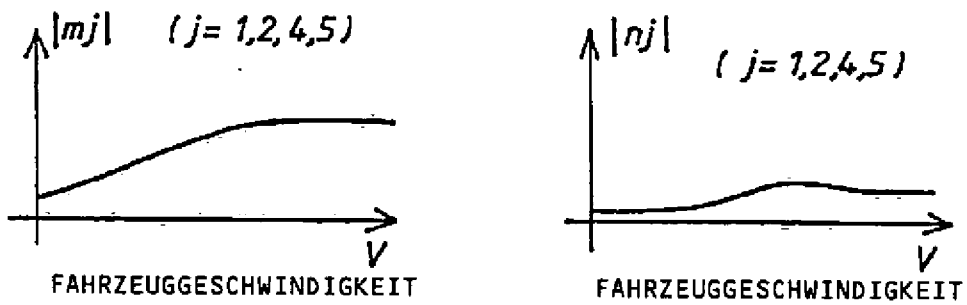


Fig . 3 (B)

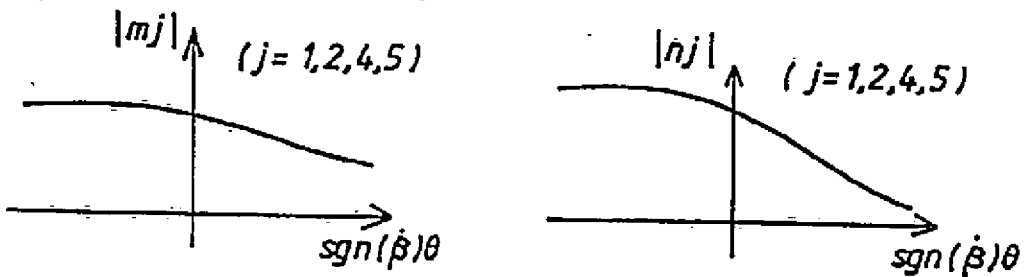


Fig . 3 (C)

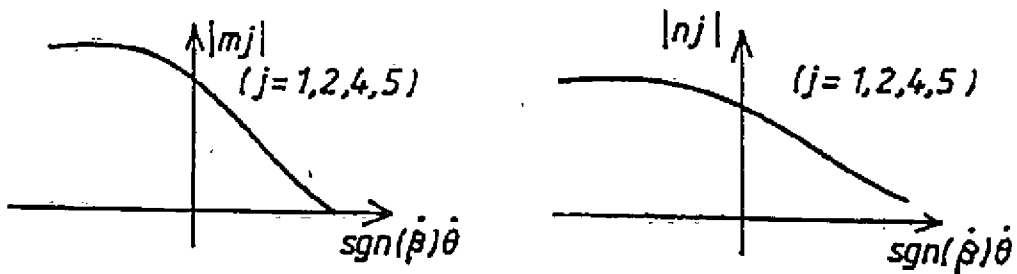


Fig . 3 (D)

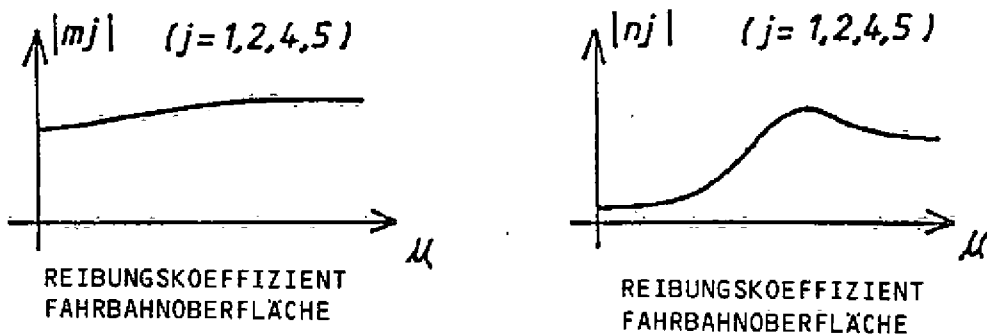


Fig . 4

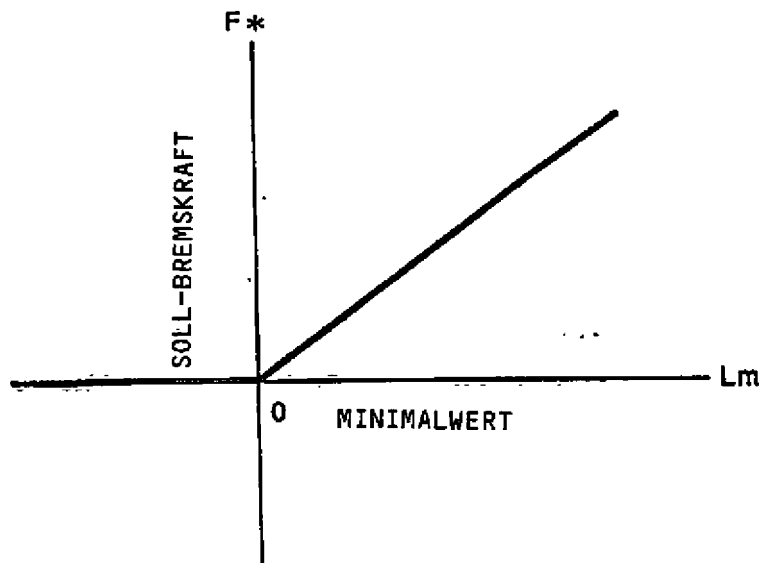


Fig . 5

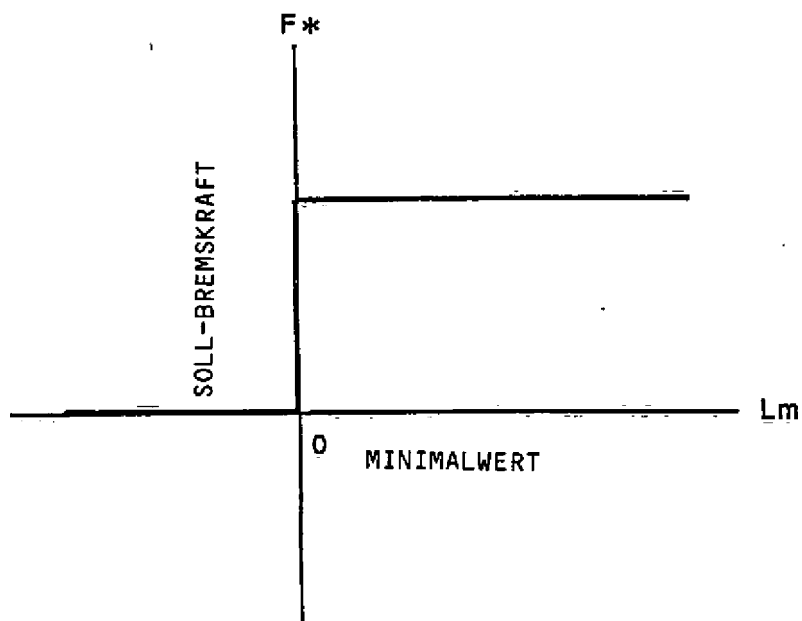


Fig . 6

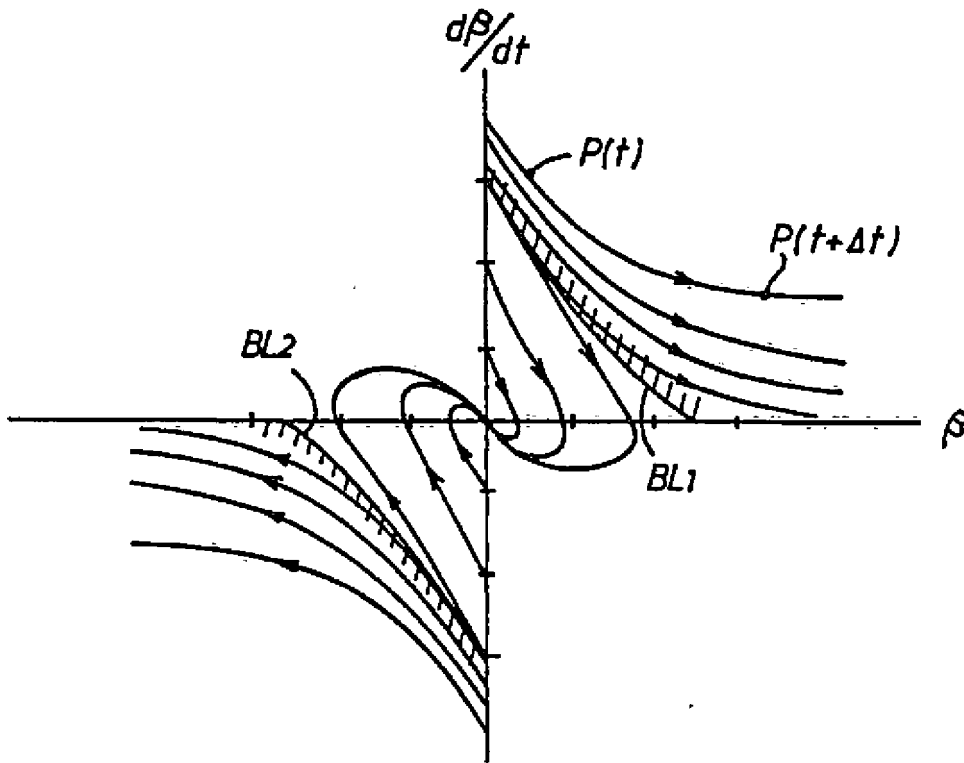


Fig . 7

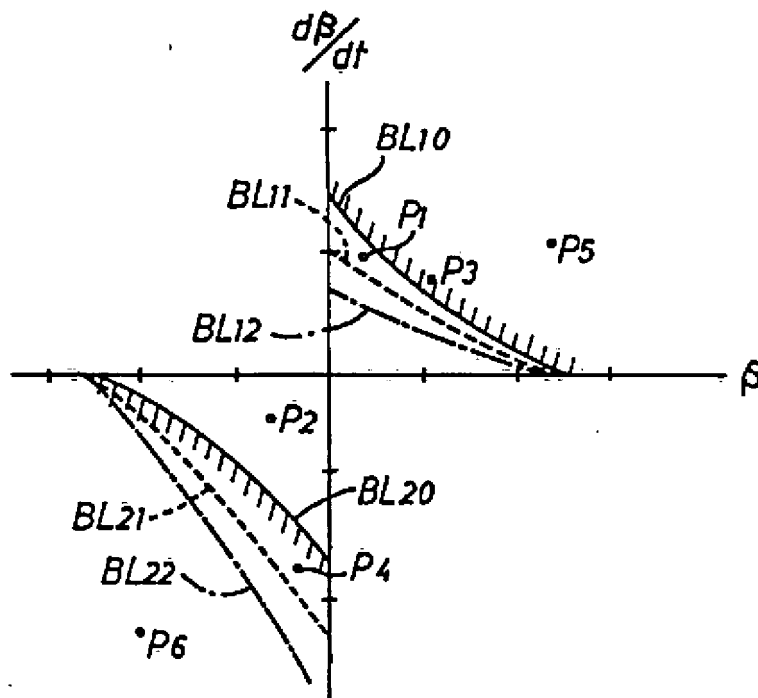


Fig . 8

