



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

(10) **DE 196 27 466 B4 2007.07.12**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 27 466.4**  
 (22) Anmeldetag: **08.07.1996**  
 (43) Offenlegungstag: **16.01.1997**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **12.07.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60T 8/60 (2006.01)**  
**B60T 8/24 (2006.01)**  
**B60T 8/32 (2006.01)**  
**B60T 8/1755 (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:  
**7-171945 07.07.1995 JP**

(72) Erfinder:  
**Sano, Yoshiaki, Okazaki, Aichi, JP**

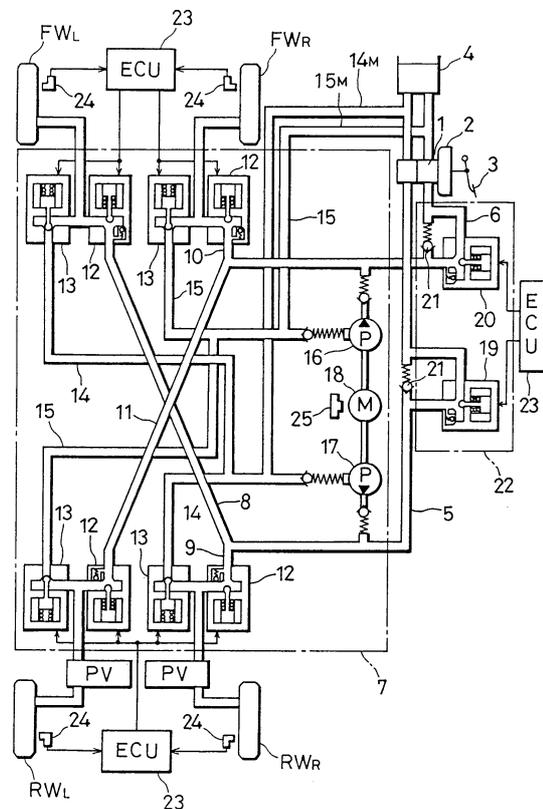
(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Jidosha Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 41 23 235 C1**  
**DE 43 05 155 A1**  
**DE 42 24 073 A1**  
**JP 05-24 528 A**  
**=DE 42 24 073 A1**

(74) Vertreter:  
**Farago, P., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 80538  
 München**

(54) Bezeichnung: **Fahrdynamikregler für ein Kraftfahrzeug, das mit einem Antiblockier-Bremssystem ausgestattet ist**

(57) Hauptanspruch: Fahrdynamikregler für ein Kraftfahrzeug, das mit einem Antiblockier-Bremssystem ausgestattet ist, der folgendes umfaßt: Erfassungsmittel (34, 36) zur Erfassung eines Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs; und Berechnungsmittel (41) zur Berechnung einer erforderlichen Bremskraft, die auf ein zu regelndes Rad anzuwenden ist, um auf der Grundlage des erfaßten Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs ein Ist-Giermoment des Fahrzeugs auf ein Soll-Giermoment desselben einzuregulieren, wobei der Fahrdynamikregler des weiteren folgendes umfaßt: Korrekturmittel (201) zum Korrigieren des Soll-Schlupfverhältnisses des zu regelnden Rades, wobei das Soll-Schlupfverhältnis für eine Antiblockier-Bremsregelung des zu regelnden Rades verwendet wird, basierend auf der durch das Berechnungsmittel (41) berechneten erforderlichen Bremskraft, in einer Lage, in der die Antiblockier-Bremsregelung auf das zu regelnde Rad unter einer Giermomentregelung des Fahrzeugs stattfindet; und Regelungsdurchführungsmittel (12, 13, 304) zur Betätigung des Antiblockier-Bremssystems auf der Grundlage des korrigierten Soll-Schlupfverhältnisses, wobei die Regelungsdurchführungsmittel (12, 13, 304) eine Stellvorrichtung zum Einstellen des Bremsdruckes einschließen, der auf das zu regelnde Rad...



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Erfindungsgebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Fahrdynamikregler (nachstehend auch als Drehsteuergerät bezeichnet).

## Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** Dieser Typ von Fahrdynamikregler für ein Kraftfahrzeug wird beispielsweise in der JP-5-24528 A, die der DE 42 24 073 A1 entspricht, offenbart. Dieses bekannte Gerät umfaßt folgendes: ein Erfassungsmittel zur Erfassung des Lenkwinkels der Räder; erste Geschwindigkeits-Erfassungsmittel zur Erfassung einer Fahrzeuggeschwindigkeit; zweite Geschwindigkeits-Erfassungsmittel zur Erfassung der Radgeschwindigkeiten der einzelnen Räder; Setzmittel zum Setzen eines Sollwertes für eine Kenngröße der Bewegung des Fahrzeugs (nachstehend auch als kinematischer Sollwert des Fahrzeugs bezeichnet) auf der Grundlage des Lenkwinkels der Räder und der Fahrzeuggeschwindigkeit; erste Berechnungsmittel zur Berechnung einer ersten Soll-Bremskraft, um den Ist-Wert der Kenngröße der Bewegung des Fahrzeugs (nachstehend auch eigentlicher kinematischer Wert des Fahrzeugs) auf den Sollwert der Kenngröße der Bewegung des Fahrzeugs zu bringen; zweite Berechnungsmittel zur Berechnung einer zweiten Soll-Bremskraft, um ein vorbestimmtes Rutschen auf der Grundlage der Radgeschwindigkeiten der rechten und linken Räder und der Fahrzeuggeschwindigkeit auf den Rädern einzustellen; und Bremssteuermittel zum Wählen der kleineren der ersten und zweiten Soll-Bremskräfte als endgültige Soll-Bremskraft und zur Steuerung der eigentlichen Bremskräfte der rechten und linken Fahrzeugräder, und zwar unabhängig von der endgültigen Soll-Bremskraft.

**[0003]** Insbesondere wenn die erste Soll-Bremskraft als endgültige Soll-Bremskraft gewählt wird, während sich ein Fahrzeug dreht, steuert das bekannte Steuergerät die Bremskräfte der Räder oder das Giermoment des Fahrzeugs derart, daß die eigentliche Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs mit der Soll-Giergeschwindigkeit in Übereinstimmung kommt. Folglich wird das Drehverhalten des Fahrzeugs bei einer Drehung stabilisiert. Wenn die zweite Soll-Bremskraft als endgültige Soll-Bremskraft gewählt wird, steuert andererseits das bekannte Steuergerät die Bremskräfte der Räder derart, daß das eigentliche Rutschen mit dem Soll-Rutschen übereinstimmt. Das heißt, daß die Bremskräfte der Räder auf der Grundlage der Antiblockier-Bremssteuerung reguliert werden.

**[0004]** Gemäß des zuvor erwähnten bekannten Drehsteuergeräts wird jedoch sowohl die erste Soll-Bremskraft als auch die zweite Soll-Bremskraft einfach als endgültige Soll-Bremskraft gewählt, so daß die Antiblockier-Bremssteuerung nicht arbeitet, wenn das Giermoment des Fahrzeugs gesteuert wird, und die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs nicht arbeitet, wenn die Antiblockier-Bremssteuerung wirksam ist.

**[0005]** Aus der DE 41 23 235 C1 ist ein Fahrdynamikregler für ein Kraftfahrzeug bekannt, das mit einem Antiblockier-Bremssystem ausgestattet ist, der folgendes umfaßt: Erfassungsmittel zur Erfassung eines Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs; und Berechnungsmittel zur Berechnung einer erforderlichen Bremskraft, die auf ein zu regelndes Rad anzuwenden ist, um auf der Grundlage des erfaßten Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs ein Ist-Giermoment des Fahrzeugs auf ein Soll-Giermoment desselben einzuregulieren, wobei der Fahrdynamikregler des weiteren Regelungsdurchführungsmittel zur Betätigung des Antiblockier-Bremssystems auf der Grundlage eines Soll-Schlupfverhältnisses umfaßt, wobei die Regelungsdurchführungsmittel eine Stellvorrichtung zum Einstellen des Bremsdruckes einschließen, der auf das zu regelnde Rad ausgeübt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0006]** Entsprechend ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Fahrdynamikregler bereitzustellen, der das Drehverhalten eines Kraftfahrzeugs in Zusammenarbeit mit der Antiblockier-Bremssteuerung wirkungsvoll stabilisiert.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch einen Fahrdynamikregler mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0008]** Gemäß diesem Fahrdynamikregler (Drehsteuergerät) wird das Soll-Schlupfverhältnis (nachstehend auch Soll-Rutschverhältnis) des Rades, das einer Giermomentsteuerung des Fahrzeugs zu unterziehen ist – in einer Lage, in der das Antiblockier-Bremssystem betätigt werden sollte – auf der Grundlage der berechneten

notwendigen Bremskraft (nachstehend Steuergröße) korrigiert. Deshalb wird das Giermoment des Fahrzeugs zur selben Zeit gesteuert, wenn die Bremskraft des Fahrzeugs durch das Antiblockier-Bremssystem gesteuert wird, mit dem Ergebnis einer verbesserten Gierreaktion des Fahrzeugs und der stabilen Drehung des Fahrzeugs.

**[0009]** Die Erfassungsmittel des Drehsteuergeräts können mindestens einen der Fahrzustände des Fahrzeug, und kinematische Kenngrößen des Fahrzeugs erfassen.

**[0010]** Die Korrekturmittel des Drehsteuergeräts führen die Korrektur durch, um das Soll-Rutschverhältnis des zu steuernden Rads zu erhöhen, dessen Bremskraft erhöht werden sollte, und zwar in Übereinstimmung mit der Giermomentsteuerung des Fahrzeugs. Dadurch ist es unwahrscheinlich, daß das Antiblockier-Bremssystem auf das zu steuernde Rad einwirkt; in diesem Falle kann die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs wirkungsvoll arbeiten.

**[0011]** Zusätzlich führen die Korrekturmittel die Korrektur durch, um das Soll-Rutschverhältnis des zu steuernden Rads, dessen Bremskraft vermindert werden sollte, zu verringern. Solchermaßen kann das Antiblockier-Bremssystem durchaus auf das zu steuernde Rad einzuwirken. In diesem Fall kann die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs ebenfalls wirkungsvoll arbeiten.

**[0012]** Es ist vorzuziehen, daß die Korrekturmittel das Soll-Rutschverhältnis des zu steuernden Rads korrigieren, sobald die notwendige Steuergröße gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert wird. In diesem Fall kann das Drehsteuergerät des weiteren Zwangs-Änderungsmittel umfassen, damit eine Steuerausgabe aus den Giermomentsteuermitteln gegenüber einer Steuerausgabe aus den Steuerausführungsmitteln in Bezug auf das zu steuernde Rad vorrangig ist, und zwar nur zum Start-Zeitpunkt der durch die Korrekturmittel durchgeführten Korrektur. Wenn das Antiblockier-Bremssystem betätigt wird, wird deshalb das Rutschverhältnis des zu steuernden Rads gesteuert, um sich schnell dem korrigierten Soll-Rutschverhältnis anzunähern. Dies verbessert die Reaktion der Bremskraftsteuerung durch das Antiblockier-Bremssystem.

**[0013]** Wenn das Drehsteuergerät die Zwangs-Änderungsmittel aufweist, ist es vorzuziehen, daß die Korrekturmittel das Soll-Rutschverhältnis des zu steuernden Rads korrigieren, bevor die Bremskraft des zu steuernden Rads durch die Steuerausführungsmittel gesteuert wird. In diesem Fall wird sich das Drehverhalten des Fahrzeugs nicht schnell verändern und das Giermoment des Fahrzeugs wirkungsvoll gesteuert, selbst wenn das Antiblockier-Bremssystem auf das zu steuernde Rad einwirkt.

**[0014]** Wenn die Berechnungsmittel des Drehsteuergeräts die notwendige Steuergröße berechnet haben, um auf Fahrzeugfront mit einem Drehmoment zu beaufschlagen, korrigieren die Korrekturmittel derart das Soll-Rutschverhältnis, daß die Bremskraft des äußeren Vorderrads – in Drehrichtung des Fahrzeugs gesehen – vermindert und die Bremskraft des inneren Hinterrads erhöht wird. Wenn die Berechnungsmittel des Drehsteuergeräts die notwendige Steuergröße berechnet haben, um auf die Fahrzeugfront ein Rückstellmoment (nachstehend auch Wiederherstellungsmoment) zu beaufschlagen, korrigieren die Korrekturmittel das Soll-Rutschverhältnis des zu steuernden Rads derart, daß die Bremskraft des inneren Vorderrads – wie in Drehrichtung des Fahrzeugs gesehen – erhöht und die Bremskräfte der rechten und linken Hinterräder vermindert werden. Wenn die Fahrzeugfront des Wiederherstellungsmoments bedarf, während das Antiblockier-Bremssystem arbeitet, werden in diesem Fall die Bremskräfte des inneren Vorderrads und der rechten und linken Hinterräder derart gesteuert, daß die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs wirkungsvoll ausgeführt wird.

**[0015]** Das Drehsteuergerät schließt des weiteren ein Giermoment-Steuermittel zur Steuerung der Bremskraft des zu steuernden Rads auf der Grundlage der notwendigen Steuergröße ein, wenn das Antiblockier-Bremssystem nicht betätigt wird. In diesem Fall wird, selbst wenn das Antiblockier-Bremssystem nicht betätigt ist, das Giermoment des Fahrzeugs in Übereinstimmung mit dem kinematischen Zustand des Fahrzeugs gesteuert, wodurch das Drehverhalten des Fahrzeugs stabilisiert wird.

**[0016]** Es ist vorzuziehen, daß die Berechnungsmittel des Drehsteuergeräts die notwendige Steuergröße auf der Grundlage von mindestens einer Differenz zwischen der Soll-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs und der eigentlichen Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs und einer Zeitableitung der Differenz berechnen. In diesem Fall kann die notwendige Steuergröße genau berechnet werden, um die Zuverlässigkeit der Steuerung zu erhöhen.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0017] Die vorliegende Erfindung wird in Zusammenhang mit der nachstehend angeführten detaillierten Beschreibung und den nur zweckes Veranschaulichung angeführten begleitenden Zeichnungen besser verstanden werden, wobei:

[0018] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Bremssystems ist, das die Giermomentsteuerung und Antiblockier-Bremsssteuerung eines Fahrzeugs ausführt;

[0019] [Fig. 2](#) ein Diagramm ist, das die Verbindung verschiedener Sensoren und einer HU (Hydraulic Unit – Hydraulik-Einheit) mit einer ECU (Electronic Control Unit – Elektronik-Steuer-Einheit) im Bremssystem aus [Fig. 1](#) zeigt.

[0020] [Fig. 3](#) ein Funktions-Blockdiagramm ist, das zur Erklärung der schematischen Funktionen der ECU verwendet wird;

[0021] [Fig. 4](#) ein Flußdiagramm ist, das eine durch die ECU auszuführende Haupt-Routine veranschaulicht;

[0022] [Fig. 5](#) eine graphische Darstellung ist, die eine Veränderung in einem Lenkradwinkel  $\theta$  mit der Zeitdauer anzeigt, wenn das Lenkrad bedient wird;

[0023] [Fig. 6](#) ein Flußdiagramm ist, das die Details einer Dreh-Bestimmungs-Routine veranschaulicht;

[0024] [Fig. 7](#) ein Diagramm ist, das die Details innerhalb eines Berechnungsblocks zur Berechnung einer Soll-Giergeschwindigkeit zeigt;

[0025] [Fig. 8](#) ein Diagramm ist, das die Details innerhalb eines Berechnungsblocks zur Berechnung eines notwendigen Giermoments zeigt.

[0026] [Fig. 9](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zur Berechnung des notwendigen Giermoments veranschaulicht;

[0027] [Fig. 10](#) ein Blockdiagramm zur Erhaltung einer Proportional-Verstärkung in Verbindung mit der Berechnung des notwendigen Giermoments ist;

[0028] [Fig. 11](#) ein Flußdiagramm ist, das eine zur Berechnung eines Korrektur-Koeffizienten in Verbindung mit der Berechnung der Proportional-Verstärkung veranschaulicht;

[0029] [Fig. 12](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit eines Fahrzeugumpfes und einer Bezugs-Querbeschleunigung zeigt;

[0030] [Fig. 13](#) ein Flußdiagramm ist, das eine weitere Korrektur-Koeffizient-Berechnungs-Routine in Verbindung mit der Berechnung der Proportional-Verstärkung und einer Integral-Verstärkung veranschaulicht;

[0031] [Fig. 14](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen einer Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit und einem Bezug-Korrektur-Koeffizienten zeigt;

[0032] [Fig. 15](#) ein Blockdiagramm zur Berechnung der Vibrations-Komponente der Giergeschwindigkeit ist;

[0033] [Fig. 16](#) ein Flußdiagramm ist, das eine weitere Korrektur-Koeffizienten-Berechnungs-Routine zusammen mit der Berechnung der Proportional-Verstärkung veranschaulicht;

[0034] [Fig. 17](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen der Vibrations-Komponente der Giergeschwindigkeit und dem durch das Flußdiagramm in [Fig. 16](#) zu berechnenden Korrektur-Koeffizienten zeigt;

[0035] [Fig. 18](#) ein Blockdiagramm ist, um die integrale Verstärkung in Verbindung mit der Berechnung des notwendigen Giermoments zu erwerben;

[0036] [Fig. 19](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen dem Absolutwert des Lenk-

rad-Winkels  $\theta$  und dem Korrektur-Koeffizienten der Integral-Verstärkung zeigt;

- [0037] [Fig. 20](#) ein Blockdiagramm ist, das die Details der in [Fig. 3](#) gezeigten Giermomentsteuerung zeigt;
- [0038] [Fig. 21](#) ein Diagramm ist, das die Details eines Freigabe/Sperr-Bestimmungsblocks in [Fig. 20](#) zeigt;
- [0039] [Fig. 22](#) eine graphische Darstellung ist, die die Standards zum Setzen eines Steuerausführungs-Flags darstellt.
- [0040] [Fig. 23](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Wählen eines Steuerungs-Modus veranschaulicht;
- [0041] [Fig. 24](#) ein Zeitdiagramm ist, das das Verhältnis zwischen dem Steuerungs-Modus, Betätigungs-Modus und der Pulsbreite zeigt;
- [0042] [Fig. 25](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Setzen des Betätigungs-Modus veranschaulicht;
- [0043] [Fig. 26](#) ein detailliertes Blockdiagramm ist, das die Details eines Sperr-Abschnitts in [Fig. 20](#) zeigt;
- [0044] [Fig. 27](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen dem notwendigen Giermoment und einem zulässigen Rutschverhältnis zeigt;
- [0045] [Fig. 28](#) ein Blockdiagramm ist, das die Details eines Zwangs-Änderungs-Abschnitts in [Fig. 20](#) zeigt;
- [0046] Die [Fig. 29](#) bis [Fig. 32](#) Diagramme sind, die die Details eines Antriebs-Bestimmungs-Abschnitts in [Fig. 20](#) zeigen;
- [0047] [Fig. 33](#) ein Blockdiagramm ist, das einen Zusammenwirkungs-Steuer-Abschnitt zur Zusammenwirkungs-Steuerung mit einem Antilockier-Bremssystem zeigt;
- [0048] [Fig. 34](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen einem Radrutschindex und einer Bezugs-Veränderungsgröße des Bremsdrucks zeigt;
- [0049] [Fig. 35](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Zusammenwirkungs-Steuer-Routine zur Zusammenwirkungs-Steuerung mit dem Antilockier-Bremssystem veranschaulicht;
- [0050] [Fig. 36](#) ein detailliertes Diagramm eines Arithmetik-Berechnungs-Abschnitts zur Berechnung der Steuergröße des Giermoments in [Fig. 33](#) ist;
- [0051] [Fig. 37](#) eine graphische Darstellung ist, die ein Verhältnis zwischen dem notwendigen Giermoment und einer Bezugs-Rutsch-Korrekturgröße zeigt;
- [0052] [Fig. 38](#) eine graphische Darstellung ist, die das Verhältnis zwischen der Bezugs-Rutsch-Korrekturgröße und einem Taktungs-Flag zeigt;
- [0053] [Fig. 39](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Setzen eines Flags veranschaulicht, um die Drehsteuerung der Fahrzeugfront zu verhindern;
- [0054] [Fig. 40](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Setzen eines Flags veranschaulicht, um die Steuerung des Bremsdruckes während der Giermomentsteuerung zwangsweise zu sperren;
- [0055] [Fig. 41](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zur Korrektur des Soll-Rutschverhältnisses der Räder in der Zusammenwirkungs-Steuerung mit der Antilockier-Bremsteuerung veranschaulicht;
- [0056] [Fig. 42](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Zufügen eines zu steuernden Rads während der Zusammenwirkungs-Steuerung veranschaulicht;
- [0057] [Fig. 43](#) ein Flußdiagramm ist, das einen Außer-Kraft-Setz-Vorgang des Betätigungs-Modus und der Steuerpulsbreite zeigt;

- [0058] [Fig. 44](#) ein Flußdiagramm ist, das einen außergewöhnlichen Vorgang in einer Außer-Kraft-Setz-Routine in [Fig. 43](#) zeigt;
- [0059] [Fig. 45](#) ein detailliertes Diagramm eines Bestimmungs-Abschnitts zur Bestimmung des Beginns und der Beendigung des Betriebs des Antiblockier-Bremssystems in [Fig. 33](#) ist;
- [0060] [Fig. 46](#) ein detailliertes Diagramm eines Verarbeitungs-Abschnitts für einen „Tief“-Auswahl-Vorgang in [Fig. 33](#) ist;
- [0061] [Fig. 47](#) ein Zeitdiagramm ist, das eine Taktung zum Setzen der Tief-Seite im „Tief“-Auswahl-Vorgang zeigt;
- [0062] [Fig. 48](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Setzen eines „Tief“-Auswahl-Flags veranschaulicht;
- [0063] [Fig. 49](#) ein Blockdiagramm ist, das die Details eines Auswahl-Abschnitts in [Fig. 3](#) zeigt;
- [0064] [Fig. 50](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zur Auswahl von Steuersignalen veranschaulicht;
- [0065] [Fig. 51](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Routine zum Initialisieren von Antriebssignalen veranschaulicht;
- [0066] [Fig. 52](#) ein Flußdiagramm ist, das eine Antriebs-Routine zeigt;
- [0067] [Fig. 53](#) ein Zeitdiagramm ist, das das Verhältnis zwischen dem Betätigungs-Modus, der Pulsbreite, dem eigentlichen Betätigungs-Modus und der eigentlichen Pulsbreite zeigt;
- [0068] [Fig. 54](#) eine graphische Darstellung ist, die die Bremskraft/Seitenführungskraft-Eigenschaft in bezug auf das Rad-Rutschverhältnis zeigt;
- [0069] [Fig. 55](#) ein Diagramm zur Erläuterung der Ergebnisse der Ausführung der Giermomentsteuerung ist, wenn sich das Fahrzeug nach rechts in einem Untersteuer-Zustand dreht, während eine Bremskraft an das Fahrzeug angelegt wird;
- [0070] [Fig. 56](#) ein Diagramm zur Erläuterung der Ergebnisse der Ausführung der Giermomentsteuerung ist, wenn sich das Fahrzeug nach rechts in einem Übersteuer-Zustand dreht, während eine Bremskraft an das Fahrzeug angelegt wird;
- [0071] [Fig. 57](#) ein Diagramm zur Erläuterung der Ergebnisse der Ausführung der Giermomentsteuerung ist, wenn sich das Fahrzeug nach rechts in einem Untersteuer-Zustand dreht und die Antiblockier-Bremsssteuerung arbeitet, während eine Bremskraft an das Fahrzeug angelegt wird; und
- [0072] [Fig. 58](#) ein Diagramm zur Erläuterung der Ergebnisse der Ausführung der Giermomentsteuerung ist, wenn sich das Fahrzeug nach rechts in einem Übersteuer-Zustand dreht und die Antiblockier-Bremsssteuerung arbeitet, während eine Bremskraft an das Fahrzeug angelegt wird.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0073] [Fig. 1](#) veranschaulicht schematisch ein Bremssystem für ein Kraftfahrzeug. Dieses Bremssystem schließt einen Tandem-artigen Hauptzylinder **1** ein, der über eine Vakuum-Servobremse **2** mit einem Bremspedal **3** verbunden ist. Der Hauptzylinder **1** weist ein Paar von Druckkammern auf, die mit einem Behälter **4** verbunden sind. Zwei Hauptbremsleitungen **5** und **6** erstrecken sich über eine Hydraulik-Einheit (HU) **7** aus den jeweiligen Druckkammern im Hauptzylinder **1**. Innerhalb der Hydraulik-Einheit **7** zweigen sich beide Bremsleitungen **5** und **6** in ein Paar Abzweigungs-Bremsleitungen ab.

[0074] Abzweigungs-Bremsleitungen **8** und **9**, die sich von der Hauptbremsleitung abzweigen, sind jeweils mit Radbremsen (nicht gezeigt) eines linken Vorderrads  $FW_L$  und eines rechten Hinterrads  $RW_R$  des Fahrzeugs verbunden. Abzweigungs-Bremsleitungen **10** und **11**, die sich von der anderen Hauptbremsleitung **6** abzweigen, sind jeweils mit Radbremsen (nicht gezeigt) eines rechten Vorderrads  $FW_R$  und eines linken Hinterrads  $RW_L$  verbunden. Die Radbremsen, die mit den jeweiligen Rädern des Fahrzeugs verbunden sind, sind nämlich

über sich überkreuzende Bremsleitungen mit dem Tandem-Hauptzylinder **1** verbunden.

**[0075]** Eine Magnetventil-Einheit wird in beide Abzweigungs-Bremsleitungen **8** und **11** eingefügt und umfaßt ein Einlaßventil **12** und ein Auslaßventil **13**. Ein Proportional-Ventil (PV) wird zwischen die Radbremse eines jeden Hinterrads und das Einlaßventil **12** der dazugehörigen Magnetventil-Einheit eingefügt.

**[0076]** Abzweigungs-Rückführungsleitungen **14** erstrecken sich aus den Auslaßventilen **13** der Magnetventil-Einheiten, die jeweils mit den Abzweigungs-Bremsleitungen **8** und **9** verbunden sind. Diese Abzweigungs-Rückführungsleitungen **14** vereinen sich zu einer einzelnen Haupt-Rückführungsleitung **14<sub>M</sub>**, die mit dem Behälter **4** verbunden ist. Ähnlich erstrecken sich Abzweigungs-Rückführungsleitungen **15** aus den Auslaßventilen **13** der Magnetventil-Einheiten, die mit den jeweiligen Abzweigungs-Bremsleitungen **10** und **11** verbunden sind. Diese Abzweigungs-Rückführungsleitungen **15** vereinen sich zu einer einzelnen Haupt-Rückführungsleitung **15<sub>M</sub>**, die mit dem Behälter **4** verbunden ist. Folglich kann der Bremsdruck, der an die jeweiligen Räder angelegt wird (der Druck in den jeweiligen Radbremsen), durch das Öffnen/Schließen der Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** der entsprechenden Magnetventil-Einheiten gesteuert werden.

**[0077]** Pumpen **16** und **17** werden jeweils mit den Hauptbremsleitungen **6** und **5** verbunden und ein Abschlußventil wird zwischen die Entladeöffnung jeder Pumpe **16**, **17** und die entsprechende Hauptbremsleitung **6**, **5** eingeführt. Diese Abschlußventile erlauben es dem Drucköl, nur in Richtung aus den entsprechenden Pumpen zu den jeweiligen Hauptbremsleitungen zu fließen. Die Pumpen **16** und **17** sind mit einem gemeinsamen Motor **18** verbunden, der die Pumpen **16** und **17** synchron zueinander antreibt. Die Absaugöffnungen der Pumpen **16** und **17** werden über jeweilige Abschlußventile mit den zuvor erwähnten Haupt-Rückführungsleitungen **15<sub>M</sub>** und **14<sub>M</sub>** verbunden.

**[0078]** Abschlußventile **19** und **20**, die beide ein Magnetventil umfassen, werden an Stellen, die sich oberhalb der entsprechenden Pumpen **17** und **16** befinden, in die jeweiligen Hauptbremsleitungen **5** und **6** eingeführt. Die Hauptbremsleitungen **5** und **6** werden weiterhin mit Bypass-Leitungen ausgestattet, die die jeweiligen Abschlußventile **19** und **20** umgehen, und jede Bypassleitung wird mit einem Entlastungsventil **21** ausgestattet. Die Abschlußventile **19** und **20** bilden eine Abschluß-Ventil-Einheit (Cutoff Valve Unit – CVU) **22**.

**[0079]** Die zuvor erwähnten Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** einer jeden Magnetventil-Einheit, die Abschlußventile **19** und **20** und der Motor **18** sind mit einer Elektronik-Steuer-Einheit (ECU) **23** elektrisch verbunden. Die ECU **23** umfaßt insbesondere einen Mikroprozessor, Speichervorrichtungen wie beispielsweise RAM und ROM, Eingabeschnittstellen, Ausgabeschnittstellen, usw., und die Ventile **12**, **13**, **19** und **20** und der Motor **18** werden mit den jeweiligen Ausgabeschnittstellen elektrisch verbunden. Elektrisch mit den Eingabeschnittstellen der ECU **23** verbunden sind Rad-Geschwindigkeits-Sensoren **24**, die an den jeweiligen Rädern angebracht sind, und ein Drehgeschwindigkeits-Sensor **25** zur Erfassung der Drehgeschwindigkeit des Motors **18**. Zur Vereinfachung der Veranschaulichung werden die Verbindung zwischen dem Motor **18** und der ECU **23** und jene zwischen dem Drehgeschwindigkeits-Sensor **25** und der ECU **23** in [Fig. 1](#) weggelassen.

**[0080]** Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, werden zusätzlich zu den Radgeschwindigkeits-Sensoren **24** und dem Drehgeschwindigkeits-Sensor **25** ein Lenkrad-Winkel-Sensor **26**, ein Pedalhub-Sensor **27**, ein Längs-Beschleunigungs-Sensor (Längs-G Sensor) **28**, ein Quer-Beschleunigungs-Sensor (Quer-G Sensor) **29** und ein Giergeschwindigkeits-Sensor **30** mit den Eingabeschnittstellen der ECU **23** elektrisch verbunden. Der Lenkrad-Winkel-Sensor **26** erfaßt den Lenkwinkel des Lenkrads des Fahrzeugs, nämlich den Lenkradwinkel. Der Pedalhub-Sensor **27** erfaßt die Tiefe der Betätigung des Bremspedals **3** des Fahrzeugs, d.h. den Pedalhub. Die Längs- und Quer-G-Sensoren **28** und **29** erfassen jeweils die Längs- und Quer-Beschleunigung in der Längs- und Quer-Richtung des Fahrzeugs. Der Giergeschwindigkeits-Sensor **30** erfaßt die Winkelgeschwindigkeit um die senkrechte Achse des Fahrzeugs, nämlich die Winkelgeschwindigkeit des Gierens.

**[0081]** Die ECU **23** empfängt die Ausgabesignale von den zuvor erwähnten verschiedenen Sensoren und steuert den Betrieb der HU **7** und CVU **22** in Übereinstimmung mit diesen Ausgabesignalen und verschiedenen kinematischen Steuerungen für das Fahrzeug. Wie innerhalb des Blocks der ECU **23** in [Fig. 2](#) gezeigt, umfassen die kinematischen Steuerungen für das Fahrzeug die Giermomentsteuerung, Antriebssteuerung, Antiblockier-Bremssystemsteuerung (ABS-Steuerung) und Bremskraft-Zuordnungs-Steuerung für die Vorder- und Hinterräder.

**[0082]** [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das die Giermomentsteuerung veranschaulicht, zwischen den verschiedenen Funktionen der ECU **23**, und [Fig. 4](#) zeigt eine Haupt-Routine, die mit dieser Steuerung verknüpft ist. Die Steuerperiode T für die Hauptschleife wird beispielsweise auf 8msec gesetzt.

**[0083]** Wenn die ECU **23** mit den Ausgabesignalen aus den zuvor erwähnten verschiedenen Sensoren versorgt wird, unterwirft sie darin zunächst die Ausgabesignale, d.h. Sensorsignale, einem Filtervorgang (Block **32** in [Fig. 3](#)). Dieser Filtervorgang verwendet einen rekursiven primären Tiefpass-Filter. Übrigens wird ein rekursiver primärer Tiefpass-Filter auch in einem später beschriebenen Filtervorgang verwendet, sofern nicht anders ausgeführt.

**[0084]** Nachfolgend liest die ECU **23** die gefilterten Sensorsignale, d.h.

**[0085]** Radgeschwindigkeiten  $V_w(i)$ , den Lenkradwinkel  $\theta$ , den Pedalhub  $S_t$ , die Längs-Beschleunigung  $G_x$  (Längs- $G_x$ ), die Quer-Beschleunigung  $G_y$  (Quer- $G_y$ ) und die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  (Schritt S1 in [Fig. 4](#)) und berechnet auf der Grundlage dieser Sensorsignale die Information, die die kinetischen Zustände des Fahrzeugs anzeigt, und die Information zur Bestimmung des Fahrbetriebs durch den Fahrer (Schritt S2). Buchstabe "i" in der Radgeschwindigkeit  $V_w(i)$  stellt die einzelnen Nummern dar, die die jeweiligen Räder des Fahrzeugs kennzeichnen.  $V_w(1)$ ,  $V_w(2)$ ,  $V_w(3)$  und  $V_w(4)$  zeigen nämlich jeweils die Radgeschwindigkeiten des linken Vorderrads, rechten Vorderrads, linken Hinterrads und rechten Hinterrads an. In der folgenden Beschreibung wird das Bezugssymbol (i) auch verwendet, um die ähnliche Bedeutung zu kennzeichnen.

**[0086]** In [Fig. 3](#) wird Schritt S2 in Berechnungsblocks **34** und **36** ausgeführt. Im Berechnungsblock **34** werden insbesondere die kinetischen Zustände des Fahrzeugs auf der Grundlage der Radgeschwindigkeiten  $V_w(i)$ , Längs- $G_x$ , Quer- $G_y$  und Giergeschwindigkeit  $\gamma$  berechnet. Im Berechnungsblock **36** werden die Betriebs- oder Betätigungszustände des Fahrers des Lenkrads und Bremspedals auf der Grundlage des Lenkradwinkels  $\theta$  und des Pedalshubs  $S_t$  bestimmt.

**[0087]** Im folgenden werden die kinematischen Zustände des Fahrzeugs und die Betätigungszustände des Fahrers eingehend erklärt.

#### Kinematische Bedingungen des Fahrzeugs

##### A: Bezugs-Radgeschwindigkeit

**[0088]** Zunächst wird in der ECU **23** eine Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  aus den Radgeschwindigkeiten  $V_w(i)$  gewählt. Zu dieser Zeit wird für die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$ , die Geschwindigkeit  $V_w$  des Rads gewählt, das durch ein Rutschen in Verbindung mit der Rad-Bremskraftsteuerung weniger beeinflusst wird. Insbesondere wird das höhere  $V_w$  der Geschwindigkeiten der nicht angetriebenen Räder als die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  gewählt, wenn keine Bremskraft an das Fahrzeug angelegt wird. Wenn ein Bremsen an das Fahrzeug angelegt wird, wird andererseits die höchste  $V_w$  der Radgeschwindigkeiten  $V_w(i)$  als die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  gewählt. In diesem Zusammenhang bestimmt die ECU **23** auf der Grundlage eines Brems-Flags  $F_b$ , ob das Fahrzeug gebremst ist oder nicht, wie später beschrieben.

##### B: Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit

**[0089]** Nachfolgend berechnet die ECU **23** die Geschwindigkeit des Schwerkraft-Mittelpunkts des Fahrzeugs auf der Grundlage der Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  und bestimmt daraufhin die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  auf der Grundlage dieser Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit. Die Berechnung der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit wird ausgeführt, indem sowohl die Geschwindigkeiten der Innen- und Außenräder als auch das Verhältnis der Geschwindigkeit zwischen den Vorder- und Hinterrädern berücksichtigt wird, wenn sich das Fahrzeug dreht.

**[0090]** Vorausgesetzt, daß die Vorder- und Hinterspuren des Fahrzeugs  $T_f$  und  $T_r$  sind, wird jeder Geschwindigkeitsunterschied  $\Delta V_{IF}$  und  $\Delta V_{IR}$  zwischen den inneren und äußeren Vorderrädern, d.h. dem rechten und linken Vorderrad, und zwischen den inneren und äußeren Hinterrädern, d.h. dem rechten und linken Hinterrad, als Produkt der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  und der entsprechenden Spur gegeben, wie durch die folgenden Gleichungen angezeigt:

$$\Delta V_{IF} = \gamma \times T_f \quad (1)$$

$$\Delta V_{IR} = \gamma \times T_r \quad (2)$$

**[0091]** Deshalb ist ein Mittelwert der Geschwindigkeitsunterschiede der rechten und linken Räder des Fahrzeugs als Ganzes – d.h. ein mittlerer Geschwindigkeitsunterschied  $\Delta V_{IA}$  zwischen den Innen- und Außenrädern

– durch die folgende Gleichung gegeben:

$$\Delta V_{IA} = \gamma \times (Tf + Tr)/2 \quad (3)$$

**[0092]** Angenommen, daß der Drehmittelpunkt des Fahrzeugs auf einer Verlängerungslinie liegt, die sich aus der Hinterachse erstreckt, und auch, daß sich das Fahrzeug nach rechts dreht, werden die Geschwindigkeitsverhältnisse  $R_{VR}$  und  $R_{VL}$  zwischen den rechten Vorder- und Hinterrädern und zwischen den linken Vorder- und Hinterrädern durch die folgenden Gleichungen gegeben:

$$R_{VR} = \cos(\delta) \quad (4)$$

$$R_{LV} = \cos(\delta) \quad (5)$$

**[0093]** Solchermaßen wird das Geschwindigkeitsverhältnis  $R_V$  zwischen den Vorder- und Hinterrädern durch  $\cos(\delta)$  dargestellt, und zwar unabhängig davon, ob sich die in Frage kommenden Räder auf der rechten oder linken Seite des Fahrzeugs befinden. Symbol  $\delta$  kennzeichnet den Vorderrad-Lenkwinkel (Lenkradwinkel/Lenkgetriebe-Verhältnis).

**[0094]** Die Gleichungen (4) und (5) stimmen nur, wenn sich das Fahrzeug bei niedriger Geschwindigkeit (genauer, wenn die Quer- $G_y$  klein ist) fortbewegt. Entsprechend wird die Berechnung der Geschwindigkeitsverhältnisse  $R_V$  gemäß den Gleichungen (4) und (5) nur dann durchgeführt, wenn die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_{BM}$  niedrig ist, wie durch die folgende Gleichung gezeigt:

$$R_V = \cos(\delta) \text{ wenn } V_{BM} < 30 \text{ km/h} \quad (6)$$

**[0095]** Wenn die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_{BM}$  ziemlich hoch ist, werden die Geschwindigkeitsverhältnisse  $R_V$  auf einen festgelegten Wert gemäß der unten gezeigten Gleichung gesetzt:

$$R_V = 1 \text{ wenn } V_{BM} \geq 30 \text{ km/h} \quad (7)$$

**[0096]** Hier zeigt  $V_{BM}$  die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  an, die während der vorhergehenden Ausführung der Haupt-Routine berechnet wird. Die Berechnung der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  wird später beschrieben.

**[0097]** Im Fall, daß das Fahrzeug ein Vordermotor-Frontantrieb (FF) ist, folgt die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  der Geschwindigkeit des äußeren Hinterrads, wenn sich das Fahrzeug ohne angelegte Bremsen dreht. In diesem Fall wird die Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit des Fahrzeugs berechnet, indem die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  einer Korrektur auf der Grundlage der Hälfte des mittleren Geschwindigkeitsunterschieds  $\Delta V_{IA}$  zwischen den Innen- und Außenrädern und einer Korrektur auf der Grundlage eines Geschwindigkeitsunterschieds zwischen der Hinterachsengeschwindigkeit und der Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit unterzogen wird. Da die Berechnung der Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit auf diese Art und Weise kompliziert ist, wird die Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit als Mittelwert zwischen den Geschwindigkeiten der Vorder- und Hinterachsen definiert, wodurch eine Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CGO}$  vor dem Filtervorgang durch die folgende Gleichung berechnet werden kann:

$$V_{CGO} = (V_s - \Delta V_{IA}/2) \times (1 + (1/R_V))/2 \quad (8)$$

**[0098]** Auf der anderen Seite wird angenommen, daß die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  der Geschwindigkeit des äußeren Vorderrads folgt, wenn sich das Fahrzeug während es gebremst ist dreht. In diesem Fall wird die Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CGO}$  vor dem Filtervorgang berechnet, indem die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  einer Korrektur auf der Grundlage der Hälfte des mittleren Geschwindigkeitsunterschieds  $\Delta V_{IA}$  zwischen den Innen- und Außenrädern und einer Korrektur auf der Grundlage des Geschwindigkeitsunterschieds zwischen der Geschwindigkeit der Vorderachse und der Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit unterzogen wird. Die Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CGO}$  wird nämlich nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$V_{CGO} = (V_s - \Delta V_{IA}/2) \times (1 + R_V)/2 \quad (9)$$

**[0099]** Dann wird die Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CGO}$  zwei aufeinanderfolgenden Filterungsvorgängen ( $f_c = 6 \text{ Hz}$ ) unterzogen, wodurch eine Schwerpunkt-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  ( $= \text{TPF}(\text{TPF}(V_{CGO}))$ )

$g_0$ )) erhalten wird.

**[0100]** Bei der Berechnung der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  des Fahrzeugs, wird auf der Grundlage des Brems-Flags  $F_b$  bestimmt, ob das Fahrzeug gebremst wird oder nicht.

**[0101]** Da die Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  für gewöhnlich der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  folgt, wird erstere als letzte gesetzt. Die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  wird nämlich für gewöhnlich nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$V_s = V_{CG} \quad (10)$$

**[0102]** In einer Lage, in der das Bezugsrad, das die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  aufweist, eine Neigung zum Blockieren zeigt und so das Antiblockier-Bremssystem (ABS) dabei ist, auch für das Bezugsrad eine Bremsdruck-Steuerung zu starten, fällt jedoch die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  stark ab, dem Rutschen des Bezugsrads folgend. Daraus ergibt sich, daß die Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  auf einen Wert sinkt, der bedeutend kleiner als die eigentliche Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit ist.

**[0103]** In einer solchen Lage bestimmt die ECU **23**, ob eine vorbestimmte Trennbedingung auf der Grundlage der Längs- $G_x$  erfüllt ist oder nicht. Wenn die Trennbedingung erfüllt ist, wird das Nachlaufen der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  in bezug auf die Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  beendet und die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  von der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  getrennt. Nach der Trennung schätzt die ECU **23** die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  unter der Annahme, daß die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  bei einem vorbestimmten Gradienten abnimmt.

**[0104]** Genauer gesagt, vorausgesetzt, daß die Zeitableitung der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  und Trenn-Kriterium-Werte jeweils  $\Delta V_{CG}$  und  $G_{XS}$  sind, wird die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  von der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  getrennt, d.h., daß tritt die Trennbedingung ein, wenn der durch  $\Delta V_{CG} \leq G_{XS}$  ausgedrückte Zustand für 50 msec anhält oder wenn die Bedingung  $\Delta V_{CG} \leq -1,4g$  (wobei  $g$  die Schwerkraftbeschleunigung ist) erfüllt ist. Der Trenn-Kriterium-Wert  $G_{XS}$  wird nach der folgenden Gleichung gesetzt:

$$G_{XS} = -(|G_x| + 0,2) \\ \text{wobei } -1,4g \leq G_{XS} \leq -0,35g \quad (11)$$

**[0105]** Wenn die obere Trennbedingung erfüllt ist, wird die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  nach der folgenden Gleichung geschätzt:

$$V_B = V_{BM} - \Delta G \quad (12)$$

**[0106]** In der Gleichung stellt  $V_{BM}$  eine Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit dar, bevor die Trennbedingung erfüllt ist, und  $\Delta G$  den Gradienten, der nach der folgenden Gleichung gesetzt wird:

$$\Delta G = (|G_x| + 0,15) \\ \text{wobei } -1,2g \leq \Delta G \leq -0,3g \quad (13)$$

**[0107]** Die folgende Gleichung zeigt eine Trenn Beendigungs-Bedingung, wobei – unter der Voraussetzung, daß die ECU **23** die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  als von der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  getrennt schätzt – die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  wiederum der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  folgend gesetzt wird.

$$V_{CG} > V_{BM} \quad (14)$$

C: Rutschverhältnis von Rädern

**[0108]** Daraufhin korrigiert die ECU **23** die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  auf der Grundlage des zuvor erwähnten mittleren Geschwindigkeitsunterschieds  $\Delta V_{IA}$  und der Geschwindigkeitsverhältnisse  $R_v$ , und berechnet die Bezugs-Radgeschwindigkeiten  $V_R(i)$  für die jeweiligen Radstellungen. Die Bezugs-Radgeschwindigkeiten  $V_R(i)$  werden durch die folgende Gleichung berechnet:

$$V_R(i) = V_B \times 2/(1 + R_v) + (\text{oder } -) \Delta V_{IA}/2 \quad (15)$$

**[0109]** In bezug auf das Positiv/Negativ-Zeichen des zweiten Glieds der Gleichung (15) wird, wenn sich das Fahrzeug nach rechts dreht, das positive Zeichen (+) verwendet, um die Bezugs-Radgeschwindigkeiten für die Außenräder zu berechnen, und das negative Zeichen (–) verwendet, um die Bezugs-Radgeschwindigkeiten für die Innenräder zu berechnen. Wenn sich das Fahrzeug nach links dreht, werden die positiven und negativen Zeichen umgekehrt in bezug auf die rechte und linke Seite des Fahrzeugs verwendet.

**[0110]** Rutschverhältnisse  $S_R(i)$  der jeweiligen Räder werden erhalten, indem eine Berechnung gemäß der unten gezeigten Gleichung (16) durchgeführt und daraufhin die berechneten Werte einem Filtervorgang ( $f_c = 10\text{Hz}$ ) unterzogen werden, wie durch die Gleichung (17) gezeigt.

$$S_{RO}(i) = (V_R(i) - V_W(i))/V_R(i) \quad (16)$$

$$S_R(i) = \text{TPF}(S_{RO}(i)) \quad (17)$$

**[0111]** In jenen Gleichungen stellt  $S_{RO}(i)$  das Rutschverhältnis vor dem Filtervorgang dar.

D: Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit

**[0112]** Während sich das Fahrzeug dreht, kann das Verhältnis zwischen der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  und der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden, wobei  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit (Drehgeschwindigkeit) des Fahrzeugs um den Mittelpunkt der Drehung darstellt:

$$\gamma = d\beta (= d\beta g/dt) + \omega \quad (18)$$

wobei  $\beta g$  den Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutschwinkel darstellt.

**[0113]** Angenommen, daß der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutschwinkel  $\beta g$  gering ist, wird die folgende Gleichung für das Verhältnis zwischen der Fahrzeuggrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  festgelegt:

$$V_B = V \times \cos(\beta g) = V \quad (19)$$

**[0114]** Die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und die Quer- $G_Y$  erfüllen ebenfalls das durch die folgende Gleichung angegebene Verhältnis:

$$G_Y = V \times \omega \quad (20)$$

**[0115]** Durch Eliminierung von  $\omega$  und  $V$  aus den obigen Gleichungen (18), (19) und (20) wird eine Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta_0$  vor dem Filtervorgang in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung erhalten:

$$d\beta_0 = \gamma - G_Y/V_B \quad (21)$$

**[0116]** Folglich wird vor dem Filtervorgang die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta_0$  durch die ECU 23 gemäß Gleichung (21) berechnet.

**[0117]** Die ECU 23 unterzieht anschließend die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta_0$  einem Filtervorgang ( $f_c = 2\text{Hz}$ ), um eine Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  zu erhalten, wie durch die nachstehende Gleichung angezeigt:

$$d\beta = \text{TPF}(d\beta_0) \quad (22)$$

**[0118]** Damit die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  einen positiven Wert an der Untersteuer-Seite (US-Seite) des Fahrzeuges und einen negativen Wert an der Übersteuer-Seite (OS-Seite) des Fahrzeuges annimmt, u.z. unabhängig von der Drehrichtung des Fahrzeuges, wird die berechnete Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  mit (–) multipliziert, wenn sich das Fahrzeug nach rechts dreht, wodurch die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  zwischen negativ und positiv invertiert wird.

**[0119]** Wenn das Fahrzeug langsam fährt, d.h., wenn die Bedingung  $V_B < 10$  km/h erfüllt ist, wird die Berechnung der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  ausgesetzt, um den Betriebsüberlauf der ECU **23** zu verhindern, und die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  wird auf den Wert „0“ gesetzt.

#### Betriebs-(Betätigungs)-Bedingungen des Fahrers

##### E: Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit

**[0120]** Es wird angenommen, daß sich hier der Lenkradwinkel  $\theta$  wie in [Fig. 5](#) gezeigt geändert hat. Wenn sich der Lenkradwinkel  $\theta$  geändert hat, kann seine Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  erhalten werden, indem die Änderung des Lenkradwinkels  $\theta$  durch für die Änderung benötigte Zeitspanne geteilt wird. Wenn sich z.B. der Lenkradwinkel  $\theta$  durch  $\Delta\theta(n+4)$  zum Zeitpunkt  $n+4$  in bezug auf die Bezugszeit  $n$  wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ändert, wird die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_{AO}(n+4)$  zum Zeitpunkt  $n+4$  von der ECU **23** in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$\theta_{AO}(n+4) = \Delta\theta(n+4)/(4 \times T) \quad (23)$$

**[0121]** In der Gleichung stellt „T“ die Steuerperiode der Haupt-Routine dar, wie zuvor erwähnt.

**[0122]** In einer Lage, in der der Lenkradwinkel  $\theta$  unverändert bleibt, wird angenommen, daß sich der Lenkradwinkel  $\theta$  durch eine minimale Größe  $\Delta\theta_{MIN}$  in die gleiche Richtung ändert, in die sich der Lenkradwinkel  $\theta$  zuletzt geändert hat. In diesem Fall wird die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_{AO}$  erhalten, indem die minimale Größe  $\Delta\theta_{MIN}$  der Veränderung durch die von der Veränderung benötigten Zeitspanne geteilt wird. Beispielsweise wird die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_{AO}(n+2)$  zum Zeitpunkt  $n+2$  von der ECU **23** in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$\theta_{AO}(n+2) = \Delta\theta_{MIN}/(2 \times T) \quad (24)$$

**[0123]** Anschließend wird die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_{AO}$  einem Filtervorgang ( $f_C = 2$ Hz) unterzogen, um eine Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  zu erhalten, wie durch die folgende Gleichung angezeigt.

$$\theta_A = \text{TPF}(\theta_{AO}) \quad (25)$$

##### F: Effektivwert der Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit

**[0124]** Die ECU **23** unterzieht den Absolutwert der Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  einem Filtervorgang, wie durch die nachstehende Gleichung angezeigt, um dadurch einen Effektivwert  $\theta_{AE}$  der Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit zu erhalten:

$$\theta_{AE} = \text{TPF}(|\theta_A|) \quad (26)$$

**[0125]** Der Wert der in diesem Filtervorgang verwendeten Grenzfrequenz  $f_C$  verändert sich in Abhängigkeit davon, ob der Lenkradwinkel  $\theta$  eine Neigung zur Zunahme oder Abnahme zeigt, d.h. in Abhängigkeit davon, ob die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  einen positiven oder negativen Wert annimmt. Wenn beispielsweise die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  einen positiven Wert annimmt, wird  $f_C$  auf 20 Hz gesetzt; wenn andererseits die Lenkrad-Winkelgeschwindigkeit  $\theta_A$  einen negativen Wert annimmt, wird  $f_C$  auf 0, 32 Hz gesetzt

##### G: Bremspedalhub-Geschwindigkeit

**[0126]** Die ECU **23** unterzieht die Differenz oder die Zeitableitung des Bremspedalhubes  $S_t$  einem Filtervorgang ( $f_C = 1$  Hz), wie durch die nachstehende Gleichung angezeigt, um dadurch eine Pedalhub-Geschwindigkeit  $V_{ST}$  zu erhalten:

$$V_{ST} = \text{TPF}(S_t(n) - S_t(n-1)) \quad (27)$$

**[0127]** In der Gleichung stellt  $S_t(n-1)$  den Pedalhub dar, der als Ergebnis der Durchführung des vorhergehenden Zyklus der Haupt-Routine erhalten wird, und  $S_t(n)$  stellt den Pedalhub dar, der durch die Durchführung des aktuellen Zyklus der Haupt-Routine erhalten wird.

## H: Brems-Flag für das Bremspedal

**[0128]** Auf der Grundlage des Pedalhubs  $S_t$  oder der Pedal-Hubgeschwindigkeit  $V_{ST}$  setzt die ECU **23** das zuvor erwähnte Brems-Flag  $F_b$  auf die folgende Art und Weise:

$F_b = 1$ , wenn die Bedingung  $S_t > S_{te}$  oder  $V_{ST} > 50$  mm/s erfüllt ist;

$F_b = 0$ , wenn keine der zwei Bedingungen erfüllt ist.

**[0129]** Symbol  $S_{te}$  stellt die Betätigungsstärke des Bremspedals **3** dar, wenn sich Druck eigentlich innerhalb des Hauptzylinders **2** aufbaut.

**[0130]** Das Brems-Flag  $F_b$  wird sowohl für die Auswahl der Bezugs-Radgeschwindigkeit  $V_s$  als auch für die Berechnung der Schwerkraft-Mittelpunkt-Geschwindigkeit  $V_{CG}$  verwendet, wie vorstehend erwähnt.

## I: Betätigungs-Vergrößerungs-Flag für das Bremspedal

**[0131]** Auf der Grundlage der Pedalhub-Geschwindigkeit  $V_{ST}$  setzt die ECU **23** ein Betätigungs-Vergrößerungs-Flag  $F_{PP}$  auf die folgende Art und Weise:

$F_{PP} = 1$ , wenn  $V_{ST} > 50$  mm/s;

$F_{PP} = 0$ , wenn  $V_{ST} < 20$  mm/s.

## Drehbestimmung

**[0132]** Danach führt die ECU **23** Schritt S3 (s. [Fig. 4](#)) durch, d.h. die ECU bestimmt die Fahrzeugdrehung. In [Fig. 3](#) wird die Bestimmung der Drehrichtung im Berechnungsblock **38** durchgeführt; Einzelheiten der Bestimmung sind aus dem Flußdiagramm der [Fig. 6](#) zu ersehen.

**[0133]** Wenn der Lenkradwinkel  $\theta$  in die positive Richtung um mehr 10 Grad zunimmt (Schritt S301), wird das Richtungs-Flag  $F_{ds}$ , das auf dem Lenkradwinkel  $\theta$  basiert, auf „1“ gesetzt (Schritt S302). In diesem Fall zeigt das Richtungs-Flag  $F_{ds}$  mit einem Wert 1 an, daß sich das Fahrzeug nach rechts dreht. Wenn der Lenkradwinkel  $\theta$  in die negative Richtung um weniger als  $-10$  Grad zunimmt (Schritt S303), wird andererseits das Richtungs-Flag  $F_{ds}$  auf „0“ gesetzt. In diesem Fall zeigt das Richtungs-Flag  $F_{ds}$  mit einem Wert von 0 an, daß sich das Fahrzeug nach links dreht. Wenn der Lenkradwinkel  $\theta$  gleich oder größer als  $-10$  Grad und gleich oder kleiner als 10 Grad ist, wird der Wert des Richtungs-Flags  $F_{ds}$  beibehalten.

**[0134]** Wenn die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  in die positive Richtung um mehr als 2 Grad zunimmt (Schritt S303), wird das Richtungs-Flag  $F_{dy}$ , das auf der Giergeschwindigkeit basiert, auf „1“ gesetzt (Schritt S306). In diesem Fall zeigt das Richtungs-Flag  $F_{dy}$  mit einem Wert von 1 an, daß sich das Fahrzeug nach rechts dreht. Wenn die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  in die negative Richtung um weniger als  $-2$  Grad zunimmt (Schritt S307), wird andererseits das Richtungs-Flag  $F_{dy}$  auf „0“ gesetzt (Schritt S308). Das Richtungs-Flag  $F_{dy}$  mit einem Wert von 0 zeigt an, daß sich das Fahrzeug nach links dreht. Wenn die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  gleich oder größer als  $-2$  Grad und gleich oder kleiner als 2 Grad ist, wird der Wert des Richtungs-Flags  $F_{dy}$  beibehalten.

**[0135]** Als nächstes wird bestimmt, ob die Bremsdruck-Steuerung durch das Antiblockier-Bremssystem (ABS) mindestens auf einem Vorderrad durchgeführt wird, und 1 wird als Brems-Flag  $F_b$  gesetzt (Schritt S309). Wenn die Entscheidung JA lautet wird das Richtungs-Flag  $F_{ds}$ , das auf dem Lenkradwinkel  $\theta$  basiert, auf das Dreh-Flag  $F_d$  gesetzt, wohingegen, wenn die Entscheidung NEIN lautet, wird das Richtungs-Flag  $F_{dy}$ , das auf der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  basiert, auf das Dreh-Flag  $F_d$  gesetzt wird (Schritt S310).

**[0136]** Nachfolgend wird bestimmt, ob der Wert des Richtungs-Flags  $F_{ds}$  mit dem Wert des Richtungs-Flags  $F_{dy}$  übereinstimmt (Schritt S312). Wenn die Entscheidung NEIN lautet, d.h. wenn die Gierrichtung des Fahrzeugs nicht mit der Betätigungsrichtung des Lenkrades übereinstimmt, wird das Gegenlenk-Flag  $F_{cs}$  auf „1“ gesetzt (Schritt S314). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird andererseits das Gegenlenk-Flag  $F_{cs}$  auf „0“ gesetzt (Schritt S315).

## Berechnung der Soll-Giergeschwindigkeit

**[0137]** Danach berechnet die ECU **23** im Schritt S4, d.h. im Berechnungsblock **39** der [Fig. 3](#), eine Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  für das Fahrzeug. Einzelheiten des Berechnungsblocks **39** sind in der [Fig. 7](#) dargestellt.

**[0138]** Wie aus der [Fig. 7](#) klar ersichtlich, werden die Fahrzeuggrupp-Geschwindigkeit  $V_B$  und der Vorder-

rad-Lenkwinkel  $\delta$  einem Berechnungs-Abschnitt **42** zugeführt, worin eine Dauerzustands-Verstärkung erhalten wird. Die Dauerzustands-Verstärkung wird dann einem Filtervorgang in den nachstehenden Filter-Abschnitten **44** und **46** unterzogen, wodurch ein Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  erhalten wird.

**[0139]** Vorausgesetzt, daß das zuvor erwähnte Lenkgetriebe-Verhältnis  $\rho$  ist, wird der Vorderrad-Lenkwinkel  $\delta$  gemäß der nachstehenden Gleichung erhalten:

$$\delta = \theta/\rho \quad (28)$$

**[0140]** Die Dauerzustands-Verstärkung ist ein Wert, der die Giergeschwindigkeitsreaktion des Fahrzeugs in bezug auf den Betätigungszustand des Lenkrades anzeigt. Insbesondere kann die Dauerzustands-Verstärkung aus einem linearen Zweirad-Fahrzeugmodell abgeleitet werden. Ein Tiefpass-Filter (TPF1) zur Beseitigung des Rauschens wird im Erststufen-Filter-Abschnitt **44** verwendet, und ein Tiefpass-Reaktions-Filter (TPF2) mit einer Verzögerung der ersten Ordnung wird im Zweitstufen-Filter-Abschnitt **46** verwendet.

**[0141]** Folglich berechnet die ECU **23** die Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung:

$$\gamma_t = \text{TPF2}(\text{TPF1}(V_B/(1 + A \times V_B^2) \times (\delta/L))) \quad (29)$$

**[0142]** In der Gleichung (29) stellen A und L jeweils den Stabilitätsfaktor und die Radbasis dar.

#### Berechnung des notwendigen Giermoments

**[0143]** Anschließend berechnet die ECU **23** in Schritt S5 ([Fig. 4](#)), d.h. in einem Berechnungsblock **41** in [Fig. 3](#), das notwendige Giermoment  $\gamma_d$ . Einzelheiten des Berechnungsblocks **41** und des Schrittes S5 sind jeweils in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellt.

**[0144]** Wie deutlich aus [Fig. 8](#) ersichtlich, umfaßt der Berechnungsblock **41** einen Subtraktions-Abschnitt **48**, worin die Differenz oder Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  zwischen der Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  und der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  berechnet wird. Die Vorgehensweise zur Berechnung der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  ist in den Schritten S501 und S502 im Flußdiagramm der [Fig. 9](#) gezeigt.

**[0145]** Schritt S502 wird nunmehr detailliert erläutert. Damit die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  einen positiven Wert an der Untersteuer-Seite (US-Seite) des Fahrzeugs und einen negativen Wert an der Übersteuer-Seite (OS-Seite) des Fahrzeugs annimmt, wenn sich das Fahrzeug nach links dreht, wird die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  zwischen positiv und negativ invertiert. Die Drehrichtung des Fahrzeugs wird auf der Grundlage des Wertes eines Dreh-Flags  $F_d$  bestimmt.

**[0146]** Weiterhin wird in Schritt S502 der Absolutwert der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  einem Filtervorgang unterzogen, wie durch die nachstehende Gleichung veranschaulicht, um dadurch eine maximale Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma_{MAX}$  zu erhalten.

$$\Delta\gamma_{MAX} = \text{TPF}(|\Delta\gamma|) \quad (30)$$

**[0147]** Die in diesem Filtervorgang verwendete Grenzfrequenz  $f_c$  variiert abhängig davon, ob sich die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  erhöht oder nicht. Zum Beispiel wird  $f_c$  auf 10 Hz gesetzt, wenn die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  zunimmt; wenn die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  abnimmt, wird  $f_c$  auf 0,08 Hz gesetzt.

**[0148]** Nachdem die später beschriebene Giermomentsteuerung durchgeführt worden ist (wenn ein Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  für die Giermomentsteuerung auf „0“ zurückgesetzt wird), wird der Absolutwert der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  als die maximale Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma_{MAX}$  gesetzt, wie in der nachstehenden Gleichung gezeigt:

$$\Delta\gamma_{MAX} = |\Delta\gamma| \quad (31)$$

**[0149]** Dann wird die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  einem Differenzierungs-Abschnitt **50** ([Fig. 8](#)) zugeführt, worin die Differenz (oder Ableitung  $\Delta\gamma_s$ ) der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  berechnet wird. Danach wird die Ableitung  $\Delta\gamma_s$  einem Filtervorgang ( $f_c = 5$  Hz) unterzogen. Die ECU **23** berechnet nämlich die

Ableitung  $\Delta\gamma_s$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung:

$$\Delta\gamma_s = \text{TPF}(\Delta\gamma - \Delta\gamma_m) \quad (32)$$

**[0150]** In der Gleichung (32) stellt  $\Delta\gamma_m$  die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  dar, die im vorhergehenden Zyklus der Routine ([Fig. 9](#)) berechnet wurde. Wie vorstehend in bezug auf die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  erläutert, wird die Ableitung  $\Delta\gamma_s$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  zwischen positiv und negativ invertiert, wenn sich das Fahrzeug nach links dreht.

**[0151]** Die Berechnung der Ableitung  $\Delta\gamma_s$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  wird in Schritt S503 im Flußdiagramm der [Fig. 9](#) durchgeführt.

**[0152]** Daraufhin wird, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, die Ableitung  $\Delta\gamma_s$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  einem Multiplikations-Abschnitt **52** zugeführt, worin die Ableitung  $\Delta\gamma_s$  mit einer Proportional-Verstärkung  $K_p$  multipliziert wird. Die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  wird auch einem Multiplikations-Abschnitt **54** zugeführt, in dem die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  mit einer Integral-Verstärkung  $K_i$  multipliziert wird. Die Ausgaben der Multiplikations-Abschnitte **52** und **54** werden in einem Additions-Abschnitt **56** aufaddiert.

**[0153]** Die Ausgabe des Additions-Abschnitts **56** wird einem Multiplikations-Abschnitt **58** zugeführt, der die Ausgabe des Additions-Abschnitts **56** mit einem Korrekturwert  $C_{pi}$  multipliziert, wodurch das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  erhalten wird. Folglich berechnet die ECU **23** das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung:

$$\gamma_d = (\Delta\gamma_s \times K_p + \Delta\gamma \times K_i) \times C_{pi} \quad (33)$$

**[0154]** Der Korrekturwert  $C_{pi}$  wird auf verschiedene Werte gesetzt, abhängig davon, ob das Fahrzeug gebremst ist oder nicht. Zum Beispiel wird der Korrekturwert  $C_{pi}$  wie folgt gesetzt:

$C_{pi} = 1,0$ , wenn das Fahrzeug gebremst wird ( $F_b = 1$ );

$C_{pi} = 1,5$ , wenn das Fahrzeug nicht gebremst wird ( $F_b = 0$ ).

**[0155]** Die Berechnung des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  wird in den Schritten S504 und S505 im Flußdiagramm der [Fig. 9](#) durchgeführt. Insbesondere werden die Proportional- und Integral-Verstärkungen  $K_p$  und  $K_i$  im Schritt S504 berechnet und die Berechnung der Proportional-Verstärkung  $K_p$  wird in [Fig. 10](#) detailliert gezeigt. Die Berechnung des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  wird durch die nachstehende Gleichung ausgedrückt:

$$\gamma_d = (\Delta\gamma_s \times K_p + \Delta\gamma \times K_i) \times C_{pi}$$

**[0156]** Wie deutlich aus [Fig. 10](#) ersichtlich, hat die ECU **23** in bezug auf die Berechnung der Proportional-Verstärkung  $K_p$  unterschiedliche Bezugswerte  $K_{pu}$  (z.B.  $4 \text{ kgm/s}/(\text{Grad/s}^2)$ ) und  $K_{po}$  (z.B.  $5 \text{ kgm/s}/(\text{Grad/s}^2)$ ), die abhängig davon eingesetzt werden, ob das Fahrzeug während der Drehung untersteuert oder übersteuert. Der Bezugswert  $K_{pu}$  oder  $K_{po}$  wird durch einen zu verwendenden Schalter  $Sw_p$  ausgewählt.

**[0157]** Der Schalter  $Sw_p$  wird durch ein Entscheidungssignal geschaltet, das ihm aus einem Bestimmungs-Abschnitt **60** zugeführt wird. Wenn das Fahrzeug untersteuert und die Ableitung  $\Delta\gamma_s$  der zuvor erwähnten Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  „0“ oder größer ist, gibt der Bestimmungs-Abschnitt **60** ein Entscheidungssignal aus, das den Schalter  $Sw_p$  veranlaßt, auf die Seite des Bezugswertes  $K_{pu}$  geschaltet zu werden.

**[0158]** Der vom Schalter  $Sw_p$  ausgegebene Bezugswert wird nacheinander durch die Korrektur-Koeffizienten  $K_{p1}$ ,  $K_{p2}$  und  $K_{p3}$  in den Multiplikations-Abschnitten **62**, **64** und **66** jeweils multipliziert, wodurch eine Proportional-Verstärkung  $K_p$  erhalten wird.

**[0159]** Somit wird die Proportional-Verstärkung  $K_p$  in Übereinstimmung mit den Fahrzeug-Dreheigenschaften berechnet, wie durch die nachstehenden Gleichungen angezeigt:

$K_p = K_{pu} \times K_{p1} \times K_{p2} \times K_{p3}$ , wenn das Fahrzeug untersteuert;

$K_p = K_{po} \times K_{p1} \times K_{p2} \times K_{p3}$ , wenn das Fahrzeug übersteuert.

**[0160]** Wenn die Giermomentsteuerung am Fahrzeug durchgeführt wird, bevor die Fahrzeug-Fahrzustände einen kritischen Bereich erreichen, hat der Fahrer ein seltsames Gefühl. Um dies zu verhindern, wird die Proportional-Verstärkung  $K_p$  nur dann durch den Korrektur-Koeffizienten  $K_{p1}$  korrigiert, wenn die Giergeschwin-

digkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  oder Quer- $G_Y$  des Fahrzeugrumpfes groß ist, so daß die Proportional-Verstärkung  $K_p$  wirkungsvoll funktioniert. Insbesondere wird der Korrektur-Koeffizient  $K_{p1}$  in der in [Fig. 11](#) gezeigten Berechnungs-Routine berechnet.

**[0161]** In der Routine der [Fig. 11](#) wird als erstes bestimmt, ob die maximale Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma_{MAX}$  10 Grad/s überschritten hat (Schritt S506), und „1,0“ wird als Korrektur-Koeffizient  $K_{p1}$  gesetzt, wenn die Entscheidung JA lautet (Schritt S507).

**[0162]** Wenn die Entscheidung im Schritt S506 NEIN lautet, wird der Absolutwert der Quer- $G_Y$  des Fahrzeugrumpfes einem Filtervorgang unterzogen, um eine mittlere  $G_{YA}$  (Schritt S508) zu erhalten, wie durch die nachstehende Gleichung angezeigt.

$$G_{YA} = TPF(|GY|)$$

**[0163]** Die Grenzfrequenz  $f_c$ , die in diesem Filtervorgang eingesetzt ist, wird auf 20 Hz gesetzt, wenn die Quer- $G_Y$  zur Zunahme neigt, und auf 0,23 Hz, wenn die Quer- $G_Y$  zur Abnahme neigt. Danach wird eine Bezugs-Quer- $G_{YR}$  auf der Grundlage der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  berechnet (Schritt S509). Insbesondere speichert die Speichervorrichtung in der ECU **23** eine Abbildung im voraus, wie in [Fig. 12](#) gezeigt, und eine entsprechende Bezugs-Quer- $G_{YR}$  wird aus der Abbildung auf der Grundlage der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  berechnet. Wenn die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  zunimmt, wird auch das Fahrverhalten des Fahrzeugs eher nicht stabil; daher wird die Bezugs-Quer- $G_{YR}$  in einem Hochgeschwindigkeits-Abchnitt schrittweise verringert, während die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  zunimmt, wie aus der Abbildung in [Fig. 12](#) ersichtlich.

**[0164]** Nachdem die mittlere Quer- $G_{YA}$  und die Bezugs- $G_{YR}$  auf die zuvor beschriebene Art und Weise berechnet werden, wird bestimmt, ob die mittlere Quer- $G_{YA}$  größer als die Bezugs-Quer- $G_{YR}$  ist (Schritt S510). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird „1,0“ als Korrektur-Koeffizient  $K_{p1}$  gesetzt (Schritt S507). Wenn die Entscheidung im Schritt S510 NEIN lautet, wird andererseits „0,05“ als Korrektur-Koeffizient  $K_{p1}$  gesetzt (Schritt S511).

**[0165]** Der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  wird verwendet, um die Proportional-Verstärkung  $K_p$  aus dem folgenden Grund zu korrigieren: wenn es gestattet wird, daß die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  einfach der Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  folgt, erreicht die auf das Fahrzeug wirkende Querkraft sofort einen kritischen Wert, wenn der Reibungs-Koeffizient der Straßenoberfläche klein ist, mit dem Ergebnis, daß sich der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkel  $\beta$  des Fahrzeugs plötzlich erhöht. Folglich kann sich das Fahrzeug leicht um die eigene Achse drehen.

**[0166]** Daher kann durch die Korrektur der Proportional-Verstärkung  $K_p$  mittels eines geeignet gesetzten Korrektur-Koeffizienten  $K_{p2}$  der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkel  $\beta$  des Fahrzeugs wahrscheinlich klein gehalten werden, so daß das Fahrzeug vor einer Drehung um die eigene Achse geschützt wird.

**[0167]** Insbesondere wird der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  in der in [Fig. 13](#) gezeigten Setz-Routine bestimmt. In dieser Setz-Routine wird zunächst die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  gelesen (Schritt S512), wobei auf dieser Grundlage ein entsprechender Bezugs-Korrektur-Koeffizient  $K_{cb}$  aus einer in [Fig. 14](#) gezeigten Abbildung gelesen wird (Schritt S513). Wie aus der Abbildung der [Fig. 14](#) ersichtlich, wird der Bezugs-Korrektur-Koeffizient  $K_{cb}$  beispielsweise derart gesetzt, daß er sich von einem Maximalwert (1,0) schrittweise verringert, während die Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  über 2 Grad/s zunimmt, und er wird auf einen Minimalwert (0,1) festgesetzt, wenn die Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  5 Grad/s oder größer ist.

**[0168]** Im nächsten Schritt S514 wird die Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  gelesen und auf der Grundlage des Vorzeichens (positiv/negativ) der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  bestimmt, ob das Fahrzeug eine Untersteuer-Drehung (US-Drehung) macht (Schritt S515). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird der Bezugs-Korrektur-Koeffizient  $K_{cb}$  als Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  gesetzt (Schritt S516); wenn die Entscheidung NEIN lautet, wird der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  auf „1,0“ gesetzt (Schritt S517). Insbesondere wird der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$ , wenn das Fahrzeug eine Untersteuer-Drehung macht, auf der Grundlage der Schwerkraft-Mittelpunkt-Rutsch-Winkelgeschwindigkeit  $d\beta$  gesetzt. Wenn das Fahrzeug eine Übersteuer-Drehung vollzieht, wird andererseits der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  auf den festgelegten Wert „1,0“ gesetzt. Schritt S518 und die nachfolgenden Schritte im Flußdiagramm der [Fig. 13](#) werden später erläutert.

**[0169]** Der Korrektur-Koeffizient  $K_{p3}$  wird verwendet, um die Proportional-Verstärkung  $K_p$  aus dem folgenden

Grund zu korrigieren: während sich das Fahrzeug auf einer rauen Straße fortbewegt, wird eine Vibrations-Komponente zur Ausgabe des Giergeschwindigkeits-Sensors **30** oder Giergeschwindigkeit  $\gamma$  addiert. Die Vibrations-Komponente der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  wird verstärkt, wenn die Ableitung  $\Delta\gamma$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  berechnet wird, wodurch es unmöglich gemacht wird, die Ableitung  $\Delta\gamma$  oder das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  genau zu berechnen. Dadurch kann ein fehlerhafter Steuervorgang auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  hervorgehen oder die Stabilität eines derartigen Steuervorgangs beeinträchtigt werden. Deshalb wird der Korrektur-Koeffizient  $Kp3$  eingesetzt, um die Proportional-Verstärkung  $Kp$  zu verringern, damit der widrige Einfluß der Vibrations-Komponente auf die Ableitung  $\Delta\gamma$  beseitigt wird.

**[0170]** Um den Korrektur-Koeffizienten  $Kp3$  zu erhalten, wird zunächst die Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit berechnet. Insbesondere werden, wie im Blockdiagramm der [Fig. 15](#) gezeigt, die vom Giergeschwindigkeits-Sensor **30** ausgegebene Giergeschwindigkeit  $\gamma_0$  und die im vorhergehenden Zyklus der Setz-Routine erhaltene Giergeschwindigkeit  $\gamma_{0M}$  ([Fig. 16](#)) einem Subtraktions-Abschnitt **68** zugeführt (Schritt S522 in [Fig. 16](#)). Der Subtraktions-Abschnitt **68** berechnet die Abweichung zwischen den Giergeschwindigkeiten  $\gamma_0$  und  $\gamma_{0M}$  oder deren Ableitung  $\Delta\gamma_0$ .

**[0171]** Danach wird die Ableitung  $\Delta\gamma_0$  einem Filtervorgang ( $f_c = 12$  Hz) in einem ersten Filter-Abschnitt **69** unterzogen und die gefilterte Ableitung  $\Delta\gamma_0$  einem Subtraktions-Abschnitt **70** zugeführt. Die Ausgabe des ersten Filter-Abschnitts **69** wird ebenfalls einem zweiten Filter-Abschnitt **71** zugeführt, der einen Filtervorgang ( $f_c = 10$  Hz) durchführt. Das Ergebnis des Filtervorgangs wird dem Subtraktions-Abschnitt **70** zugeführt, worin die Abweichung zwischen den zwei gefilterten Ableitungen  $\Delta\gamma_0$  berechnet und die Ableitung dann in einen Berechnungs-Abschnitt **72** ausgegeben wird.

**[0172]** Der Absolutwert der Abweichung zwischen jenen Ableitungen wird im Berechnungs-Abschnitt **72** erreicht und einem Filtervorgang ( $f_c = 0,23$  Hz) in einem dritten Filter-Abschnitt **73** unterzogen, der seinerseits die Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit ausgibt (Schritt S523 in [Fig. 16](#)). Somit wird die Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit in Übereinstimmung mit den nachstehenden zwei Gleichungen errechnet:

$$\Delta\gamma_0 = \gamma_0 - \gamma_{0M} \quad (34)$$

$$\gamma_v = \text{TPF3}(|\text{TPF1}(\Delta\gamma_0) - \text{TPF2}(\Delta\gamma_0)|) \quad (35)$$

**[0173]** Anschließend wird, wie in Schritt S524 der [Fig. 16](#) gezeigt, der Korrektur-Koeffizient  $Kp3$  auf der Grundlage der Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit berechnet. Die Speichervorrichtung der ECU **23** speichert insbesondere eine Abbildung im voraus, wie in [Fig. 17](#) gezeigt, und ein entsprechender Korrektur-Koeffizient  $Kp3$  wird aus der Abbildung der [Fig. 17](#) auf der Grundlage der Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit ausgelesen. Wie aus der Abbildung der [Fig. 17](#) ersichtlich, wird der Korrektur-Koeffizient  $Kp3$  beispielsweise derart gesetzt, daß er von „1,0“ mit einer Vergrößerung der Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  der Giergeschwindigkeit stark abnimmt, wenn die Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  10 Grad/s übersteigt, und er wird auf einen festgelegten Wert von „0,2“ gesetzt, wenn die Vibrations-Komponente  $\gamma_v$  15 Grad/s oder größer ist.

**[0174]** Die Berechnung der vorstehend erwähnten Integral-Verstärkung  $K_i$  wird im Blockdiagramm der [Fig. 18](#) gezeigt. Wie im Falle der Berechnung der Proportional-Verstärkung  $K_p$ , wird eine Bezugs-Integral-Verstärkung  $K_{i0}$  (z.B. 10 kgm/s/(Grad/s<sup>2</sup>)) für die Verwendung vorbereitet. Die Bezugs-Integral-Verstärkung  $K_{i0}$  wird mit einem Korrektur-Koeffizienten  $K_{i1}$  in einem Multiplikations-Abschnitt **74** multipliziert, dessen Ausgabe mit einem Korrektur-Koeffizienten  $K_{i2}$  in einem Multiplikations-Abschnitt **76** multipliziert wird. Die Ausgabe des Multiplikations-Abschnittes **76** wird als Integral-Verstärkung  $K_i$  verwendet. Somit wird die Integral-Verstärkung  $K_i$  in Übereinstimmung mit der nachstehenden Gleichung berechnet:

$$K_i = K_{i0} \times K_{i1} \times K_{i2} \quad (36)$$

**[0175]** Der Korrektur-Koeffizient  $K_{i1}$  wird zur Verringerung der Integral-Verstärkung  $K_i$  aus dem folgenden Grund verwendet: wenn der Vorderrad-Lenkwinkel zunimmt, wird ein Fehler der Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  oder ein Fehler der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  sogar größer und es geht die Möglichkeit einher, daß ein fehlerhafter Steuervorgang auf der Grundlage der Giergeschwindigkeits-Abweichung eintritt. Daher wird in einer derartigen Situation die Integral-Verstärkung  $K_i$  durch Verwendung des Korrektur-Koeffizienten  $K_{i0}$  verringert.

**[0176]** Der Korrektur-Koeffizient  $K_{i1}$  wird insbesondere in Übereinstimmung mit dem Lenkradwinkel  $\theta$  unter

Verwendung einer in [Fig. 19](#) gezeigten Abbildung gesetzt. Wie aus [Fig. 19](#) ersichtlich, hat der Korrektur-Koeffizient  $K_{i1}$  eine derartige Charakteristik, daß er von einem Maximalwert mit einer Zunahme des Lenkradwinkels  $\theta$  stark abnimmt, wenn der Absolutwert des Lenkradwinkels  $\theta$  über 400 Grad (Lenken in großem Winkel) zunimmt und er wird auf einen Minimalwert von 0,5 festgesetzt, wenn der Lenkradwinkel  $\theta$  600 Grad oder größer ist.

**[0177]** Der Korrektur-Koeffizient  $K_{i2}$  wird verwendet, um die Integral-Verstärkung  $K_i$  zu korrigieren, und zwar aus demselben Grund wie der Korrektur-Koeffizient  $K_{p2}$  für die Korrektur der zuvor erwähnten Proportional-Verstärkung  $K_p$ . Daher werden die Vorgehensweisen zur Berechnung des Korrektur-Koeffizienten  $K_{i2}$  zusammen mit der Setz-Routine für den in [Fig. 13](#) gezeigten Korrektur-Koeffizienten  $K_{p2}$  veranschaulicht.

**[0178]** In Schritt S518 der [Fig. 13](#) wird die Ableitung  $\Delta y_s$  der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta y$  gelesen, und es wird auf der Grundlage der Geschwindigkeit von positiv/negativ der Ableitung  $\Delta y_s$  bestimmt, ob das Fahrzeug eine Untersteuerdrehung vollzieht (S519). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird der zuvor erwähnte Bezugs-Korrektur-Koeffizient  $K_{cb}$  (s. [Fig. 13](#)) als der Korrektur-Koeffizient  $K_{i2}$  gesetzt (Schritt S520); und wenn die Entscheidung NEIN lautet, wird ein Maximalwert von „1,0“ als der Korrektur-Koeffizient  $K_{i2}$  gesetzt (Schritt S521).

#### Giermomentsteuerung für das Fahrzeug

**[0179]** Wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  auf die oben beschriebene Art und Weise berechnet wird, wird die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs in Schritt S6 in der Haupt-Routine aus [Fig. 4](#) ausgeführt, d.h. in einem Arithmetik-Operations-Block **78** in [Fig. 3](#). Die Details des Arithmetik-Operations-Blocks **78** werden in [Fig. 20](#) veranschaulicht.

**[0180]** Wie in [Fig. 20](#) gezeigt, hat der Arithmetik-Operations-Block **78** einen Bestimmungs-Abschnitt **80**, der den Beginn oder das Ende der Giermomentsteuerung bestimmt. Der Bestimmungs-Abschnitt **80** bestimmt ein Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$ .

**[0181]** Insbesondere wird das Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  im Bestimmungs-Schaltkreis der [Fig. 21](#) bestimmt. Der Bestimmungs-Schaltkreis umfaßt ein ODER-Gatter **81**, das zwei Eingabeklemmen aufweist, an denen ein Freigabe- oder ein Sperrsignal in Übereinstimmung mit dem notwendigen Giermoment  $\gamma_d$  eingegeben wird. Genauer gesagt, wird das Freigabesignal in eine Eingabeklemme des ODER-Gatters **81** eingegeben, wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  kleiner als ein Übersteuer-Schwellenwert  $\gamma_{os}$  (z.B. – 100 kgm/s) ist. Wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  größer als ein Untersteuer-Schwellenwert  $\gamma_{us}$  (z.B. 200 kgm/s) ist, wird das Freigabesignal in die andere Eingabeklemme des ODER-Gatters **81** eingegeben. Wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  irgendeinen der Schwellenwerte überschreitet, wird deshalb das Freigabesignal von der Ausgabeklemme des ODER-Gatters **81** ausgegeben und in die Setzklemme S eines Flip-Flops **82** eingegeben. Folglich wird das Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  (= 1, was den Start der Steuerung in diesem Fall anzeigt) von der Ausgabeklemme Q des Flip-Flops **82** ausgegeben.

**[0182]** Der Absolutwert (100kgm/s) des Übersteuer-Schwellenwertes  $\gamma_{os}$  ist kleiner als der Absolutwert (200 kgm/s) des Untersteuer-Schwellenwertes  $\gamma_{us}$ . An der Übersteuer-Seite wird daher die Taktung für die Ausgabe des Freigabe/Sperr-Flags (= 1) schneller als jenes an der Untersteuer-Seite. Daraus folgt, daß die Start-Taktung für die Giermomentsteuerung schneller an der Übersteuer-Seite als an der Untersteuer-Seite ist.

**[0183]** Ein Rücksetzsignal kann der Rücksetz-Klemme des Flip-Flops **82** zugeführt werden und verwendet werden, um die Rücksetz-Taktung für das Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  oder die Ausgabe-Taktung des  $F_{ymc} = 0$  vom Flip-Flop **82** zu bestimmen.

**[0184]** Wie in [Fig. 21](#) gezeigt, hat der Schaltkreis zur Erzeugung des Rücksetzsignals einen Schalter **83**, der zwei Eingabeklemmen aufweist. Eine erste Bewertungszeit  $t_{ST1}$  (z.B. 152 msec) wird einer der Eingabeklemmen des Schalters **83** zugeführt und eine zweite Bewertungszeit  $t_{ST2}$  (z.B. 504 msec) wird der anderen Eingabeklemme zugeführt.

**[0185]** Der Schalter **83** wird als Reaktion auf eine Schalter-Signal-Ausgabe von einem Bestimmungs-Abschnitt **84** geschaltet. Wenn das Verhalten des Fahrzeugs stabil ist oder wenn die nachstehenden Bedingungen alle erfüllt sind, führt der Bestimmungs-Abschnitt **84** das Schalter-Signal dem Schalter **83** zu, um die erste Bewertungszeit  $t_{ST1}$  als eine End-Bewertungszeit  $t_{ST}$  vom Schalter **83** auszugeben. Wenn irgendeine der folgenden Bedingungen nicht erfüllt ist, wird die zweite Bewertungszeit  $t_{ST2}$  vom Schalter **83** als die End-Bewer-

tungszeit  $t_{ST}$  ausgegeben.

Bedingung 1: Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t < 10$  Grad/s

Bedingung 2: Giergeschwindigkeit  $\gamma < 10$  Grad/s

Bedingung 3: Effektivwert  $\theta_{AE}$  der Lenkrad-Winkel-Geschwindigkeit  $< 200$  Grad/s

**[0186]** Dann wird die End-Bewertungszeit  $t_{ST}$  einem Bestimmungs-Abschnitt **85** zugeführt, der wiederum bestimmt, ob ein Steuersignal zur Steuerung des Bremsdruckes eines jeden Rads einen Halte-Zustand oder Nicht-Steuer-Zustand anzeigt (wobei der später zu beschreibende Steuer-Modus  $M(i)$  im Halte-Modus oder Nicht-Steuer-Modus ist) und ob dieser Zustand für die Dauer der End-Bewertungszeit  $t_{ST}$  oder länger andauert. Wenn diese Entscheidung JA lautet, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **85** „1“ als End-Anzeige-Flag  $F_{ST}(i)$  und gibt dieses Flag aus. Wenn diese Entscheidung NEIN lautet, setzt andererseits der Bestimmungs-Abschnitt **85** das End-Anzeige-Flag  $F_{ST}(i)$  auf „0“ und gibt dieses Flag aus. Der Buchstabe „i“ des End-Anzeige-Flags  $F_{ST}(i)$  stellt die Nummer des Rades dar. Die Steuersignale zur Steuerung der Bremsdrucke der einzelnen Räder werden später erörtert.

**[0187]** Die End-Anzeige-Flags  $F_{ST}(i)$  werden den jeweiligen Eingabeklemmen eines UND-Gatters **86** zugeführt, dessen Ausgabeklemme mit einer Eingabeklemme eines ODER-Gatters **87** verbunden ist. Ein Freigabe-Signal wird in die andere Eingabeklemme des ODER-Gatters **87** eingegeben, wenn die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  kleiner als 10 km/h ist. Die Ausgabeklemme des ODER-Gatters **87** ist mit der Rücksetzklemme R des zuvor erwähnten Flip-Flops **82** verbunden.

**[0188]** Wenn alle Eingabesignale des UND-Gatters **86** freigegeben sind, d.h., wenn die Werte der End-Anzeige-Flags  $F_{ST}(i)$  alle „1“ sind, führt das UND-Gatter **86** das Freigabesignal zum ODER-Gatter **87**. Wenn eines der Eingabesignale des ODER-Gatters **87** das Freigabesignal ist, liefert das ODER-Gatter **87** das Freigabesignal zur Rücksetz-Klemme R des Flip-Flops **82**. Mit anderen Worten wird das Rücksetz-Signal dem Flip-Flop **82** zugeführt, wenn die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  kleiner als 10 km/h ist oder wenn das Steuersignal für den Bremsdruck eines jeden Rades die zuvor erwähnten Bedingungen erfüllt.

**[0189]** Wenn das Rücksetz-Signal dem Flip-Flop **82** zugeführt wird, setzt das Flip-Flop **82** „0“ als Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$ , was das Ende der Steuerung anzeigt, und gibt das Flag aus.

**[0190]** Wie in [Fig. 20](#) gezeigt, führt der Bestimmungs-Abschnitt **80** das Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  einem Bestimmungs-Abschnitt **88** zu, um den Bremsdruck-Steuer-Modus zu bestimmen. Wenn das zugespeiste Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  einen Wert „1“ hat, wählt dieser Bestimmungs-Abschnitt **88** den Bremsdruck-Steuer-Modus für jedes Rad auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  und des Dreh-Flags  $F_d$  aus.

**[0191]** Insbesondere werden zunächst Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cus}$  und  $F_{cos}$  für die Bremsdruck-Steuerung auf der Grundlage des Größenverhältnisses zwischen dem notwendigen Giermoment  $\gamma_d$  und dem Schwellenwert der in [Fig. 22](#) gezeigten Abbildung gesetzt. Das Steuer-Ausführungs-Flag  $F_{cus}$  ist ein Flag, wenn das Fahrzeug eine Untersteuer-Drehung durchführt, und das Steuer-Ausführungs-Flag  $F_{cos}$  ist ein Flag, wenn das Fahrzeug eine Übersteuer-Drehung durchführt.

**[0192]** Im Untersteuer-Zustand:

$F_{cus} = 1$ , wenn  $\gamma_d > \gamma_{d_{US1}}$  (= 100 kgm/s)

$F_{cos} = 0$ , wenn  $\gamma_d < \gamma_{d_{US0}}$  (= 80 kgm/s)

**[0193]** Im Übersteuer-Zustand:

$F_{cos} = 1$ , wenn  $\gamma_d < \gamma_{d_{OS1}}$  (= -80 kgm/s)

$F_{cus} = 0$ , wenn  $\gamma_d > \gamma_{d_{OS0}}$  (= -60 kgm/s)

**[0194]** Danach wird der Bremsdruck-Steuer-Modus  $M(i)$  für ein jedes Rad auf der Grundlage der der Kombination des Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cus}$  und  $F_{cos}$  und des Dreh-Flags  $F_d$  gewählt; die Auswahl-Routine ist in [Fig. 23](#) dargestellt.

**[0195]** In der Steuer-Modus-Auswahl-Routine der [Fig. 23](#) wird als erstes bestimmt, ob der Wert des Dreh-Flags  $F_d$  „1“ ist (Schritt S601). Wenn die Entscheidung JA lautet oder wenn sich das Fahrzeug nach rechts dreht, wird eine Bestimmung durchgeführt, ob der Wert des Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cus}$  „1“ ist oder nicht (Schritt S602). Wenn diese Entscheidung ebenfalls JA lautet, zeigt die Rechtsdrehung des Fahrzeugs eine Untersteuer-Neigung, und das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  nimmt einen großen Wert an, der gleich mit oder größer als der Schwellenwert  $\gamma_{d_{US1}}$  ist. In diesem Fall zeigt  $F_{cus} = 1$  an, daß auf die Fahrzeugfront ein

Drehmoment beaufschlagt werden soll. Im nächsten Schritt S603 wird deshalb der Steuer-Modus M(1) für das linke Vorderrad  $FW_L$  auf einen Druck-Abnahme-Modus gesetzt, der Steuer-Modus M(4) für das rechte Hinterrad  $RW_R$  auf ein Druck-Zunahme-Modus gesetzt und die Steuermodi M(2) und M(3) für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und das linke Hinterrad  $RW_L$  auf ein Nicht-Steuer-Modus gesetzt.

**[0196]** Wenn die Entscheidung im Schritt S602 NEIN lautet, wird bestimmt, ob der Wert des Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cos}$  „1“ ist (Schritt S604). Wenn die Entscheidung hier JA lautet, weist die Rechtsdrehung des Fahrzeugs eine Übersteuer-Neigung auf, und das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  ist größer als der Schwellenwert  $\gamma_{d_{OS1}}$  an der negativen Seite. In diesem Fall zeigt  $F_{cos} = 1$  an, daß auf die Fahrzeugfront ein Wiederherstellungsmoment beaufschlagt werden sollte. Im nächsten Schritt S605 wird daher der Steuer-Modus M(1) für das linke Vorderrad  $FW_L$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt, der Steuer-Modus M(4) für das rechte Hinterrad  $RW_R$  auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt und die Steuer-Modi M(2) und M(3) für rechte Vorderrad  $FW_R$  und linke Hinterrad  $RW_L$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt.

**[0197]** Wenn die Entscheidungen in den zuvor erwähnten Schritten S602 und S604 beide NEIN lauten, weist die Fahrzeugdrehung weder eine starke Untersteuer-Neigung noch eine starke Übersteuer-Neigung auf. In diesem Fall werden die Steuer-Modi M(1) und M(4) für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$  beide auf den Halte-Modus gesetzt und die Steuer-Modi M(2) und M(3) für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und das linke Hinterrad  $RW_L$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt. (Schritt S606).

**[0198]** Wenn die Entscheidung im Schritt S601 NEIN lautet oder wenn sich das Fahrzeug nach links dreht, wird bestimmt, ob der Wert des Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cus}$  „1“ ist (Schritt S607).

**[0199]** Wenn die Entscheidung in diesem Schritt JA lautet, zeigt dies an, daß der Fahrzeugfront, wie im oben beschriebenen Fall der Rechtsdrehung, ein Drehmoment beaufschlagt werden soll. Im nächsten Schritt S608 wird daher der Steuer-Modus M(2) für das rechte Vorderrad  $FW_R$  auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt, der Steuer-Modus M(3) für das linke Hinterrad  $RW_L$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt und die Steuer-Modi M(1) und M(4) für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt.

**[0200]** Wenn die Entscheidung im Schritt S607 NEIN lautet, wird bestimmt, ob der Wert des Steuer-Ausführungs-Flags  $F_{cos}$  „1“ ist (Schritt S609). Wenn die Entscheidung hier JA lautet, sollte der Fahrzeugfront das Wiederherstellungsmoment beaufschlagt werden. Im nächsten Schritt S610 wird daher der Steuer-Modus M(2) für das rechte Vorderrad  $FW_R$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt, der Steuer-Modus M(3) für das linke Hinterrad  $RW_L$  auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt und die Steuer-Modi M(1) und M(4) für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt.

**[0201]** Wenn die Entscheidungen in den Schritten 5607 und 5609 beide NEIN lauten, werden die Steuer-Modi M(2) und M(3) für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und das linke Hinterrad  $RW_L$  beide auf den Halte-Modus gesetzt und die Steuer-Modi M(1) und M(4) für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt (Schritt S611).

**[0202]** Die Auswahl der oben erörterten Steuer-Modi M(i) wird in der nachstehenden Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle 1

	Rechte Drehung (Fd = 1)			Linke Drehung (Fd = 0)		
Fcus	1	0	0	1	0	0
Fcos	0	1	0	0	1	0
FW <sub>L</sub> : M(1)	verringern	verstärken	halten	nicht steuern	nicht steuern	nicht steuern
FW <sub>R</sub> : M(2)	nicht steuern	nicht steuern	nicht steuern	verringern	verstärken	halten
RW <sub>L</sub> : M(3)	nicht steuern	nicht steuern	nicht steuern	verstärken	verringern	halten
RW <sub>R</sub> : M(4)	verstärken	verringern	halten	nicht steuern	nicht steuern	nicht steuern

**[0203]** Die Steuer-Modi M(i) für die einzelnen Räder, die durch den Bestimmungs-Abschnitt **88** ausgewählt wurden und das notwendige Giermoment  $\gamma_d$ , werden einem Berechnungs-Abschnitt **89** zur Berechnung der Ventil-Steuersignale zugeführt. Dieser Berechnungs-Abschnitt **89** berechnet die Steuersignale für die Magnetventil-Einheiten (Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13**), die die Bremsdrücke der jeweiligen Räder auf der Grundlage der Steuermodi M(i) und des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  steuern.

**[0204]** Diese Berechnung wird nicht speziell erörtert. Zunächst berechnet der Berechnungs-Abschnitt **89** eine Steuergeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Zunahme oder Abnahme des Bremsdruckes eines jeden Rades, um das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  zu erhalten. Zum Zeitpunkt der Änderung des Bremsdruckes des Rades, wird jeder gegebene Wert  $\Delta P$  (z. B.  $\pm 5 \text{ kg/cm}^2$ ) in Übereinstimmung mit dieser Steuergeschwindigkeit, sowie der Antriebspuls für das Einlaßventil oder das Auslaßventil **13** – d.h. das Ventil-Steuersignal, das benötigt wird, um den Bremsdruck des Rades durch den gegebenen Druckwert  $\Delta P$  zu verändern – berechnet. Das Ventil-Steuersignal wird durch eine Pulsperiode  $T_{\text{PLS}}$  und eine Pulsbreite  $W_{\text{PLS}}(i)$  dargestellt. Um die Reaktion der Bremsdruck-Steuerung zu sichern, wird der Anfangs-Druckwert  $\Delta P$  auf  $\pm 10 \text{ kg/cm}^2$  gesetzt.

**[0205]** [Fig. 24](#) zeigt, wie der Wert des Bremsdruckes im Radzylinder durch den Druckwert  $\Delta P$  erhöht oder verringert wird.

**[0206]** Die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** erhalten das Ventil-Steuersignal aufgrund des Halte-Modus und werden in Übereinstimmung mit dem Ventil-Steuersignal betätigt. Wenn den Einlaß- und Auslaßventilen **12** und **13** eine Betätigungsanweisung mit jeder Steuerperiode T (8msec) der Haupt-Routine gegeben wird, wird der Betätigungs-Modus  $M_{\text{PLS}}(i)$  gesetzt, so daß die eigentliche Ventilbetätigung mit jeder Pulsperiode  $T_{\text{PLS}}$  ausgeführt wird.

**[0207]** Das Nachstehende beschreibt die Pulsperiode  $T_{\text{PLS}}$ , die Pulsbreite  $W_{\text{PLS}}(i)$  und den Betätigungs-Modus  $M_{\text{PLS}}(i)$  im Detail. Zunächst kann, wenn der Bremsdruck auf das Vorderrad (in den Bremszylindern) durch  $\Delta P_{\text{WC}}$  geändert wird, eine Änderung im Giermoment  $\Delta M_z$ , die auf den Fahrzeugrumpf einwirkt, durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden, wenn die Querkraft des Fahrzeugsrumpfes vernachlässigt wird.

$$\Delta M_z = \Delta P_{\text{WC}} \times B_F \times T_F / 2 \quad (37)$$

wobei  $B_F$  der Vorderbrems-Koeffizient ( $\text{kg/cm}^2 \rightarrow \text{kg}$ ) des Fahrzeugs ist und  $T_F$  die vordere Spur des Fahrzeugs anzeigt.

**[0208]** So kann, wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  gegeben ist, die Brems-Druck-Steuer-Geschwindigkeit  $R_{\text{PWC}}$  ( $\text{kg/cm}^2/\text{s}$ ) durch die nachstehende Gleichung ausgedrückt werden:

$$R_{\text{PWC}} = 2 \times \gamma_d / B_F / T_F \quad (38)$$

**[0209]** Wenn der Druckwert  $\Delta P$  ( $5 \text{ kg/cm}^2$  oder  $10 \text{ kg/cm}^2$ ) festgelegt ist, wird die folgende Gleichung aus dem Verhältnis zwischen der Steuergeschwindigkeit  $R_{\text{PWC}}$  und der Pulsperiode  $T_{\text{PLS}}$  abgeleitet.

$$|R_{PWC}| = \Delta P / (T_{PLS} \times T (= 8 \text{ msec})) \quad (39)$$

**[0210]** Aus den Gleichungen (38) und (39) wird die folgende Gleichung für die Pulsbreite abgeleitet.

$$T_{PLS} = \Delta P \times B_F \times T_F / (2 \times T \times |\gamma d|) \quad (40)$$

$$2 \leq T_{PLS} \leq 12$$

**[0211]** Die Pulsperiode  $T_{ALS}$  wird ebenfalls den Einlaß- und Auslaßventilen **12** und **13** der Magnetventil-Einheiten für die Hinterräder zugeführt.

**[0212]** Die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  wird im voraus experimentell festgelegt. In diesem Experiment werden Bezugsdrucke jeweils für den Hauptzylinderdruck und Radbremsdruck (Bremsdruck) gegeben. Unter diesem Umstand wird die Zeit vom Betätigungs-Zeitpunkt des Einlaßventils oder des Auslaßventils bis zum Auftreten einer Veränderung im Druckwert  $\Delta P$  (5 kg/cm<sup>2</sup> oder 10 kg/cm<sup>2</sup>) im Radbremsdruck gemessen und die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  auf der Grundlage der gemessenen Zeit gesetzt. Während der Entladedruck der zuvor erwähnten Pumpe **16** (oder **17**) zur Verstärkung des Radbremsdruckes verwendet wird, wird die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  gesetzt, indem die Reaktions-Verzögerung der Pumpe **16** (oder **17**) berücksichtigt wird.

**[0213]** Der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  wird in Übereinstimmung mit der in [Fig. 25](#) veranschaulichten Routine gesetzt. In dieser Setz-Routine wird zunächst als erstes der Steuer-Modus  $M(i)$  bestimmt (Schritt S612). Wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Nicht-Steuer-Modus ist, werden der Wert eines Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  für die Druck-Inkrement-Steuerung und der Wert eines Inkrement-Zählers  $CNT_D(i)$  für die Druck-Abnahme-Steuerung beide auf „0“ zurückgesetzt und der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt (Schritt S613).

**[0214]** Wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Halte-Modus ist, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf den Halte-Modus gesetzt (Schritt S614). Wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist, wird nur die Betätigung vom Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  gestartet (Schritt S615). Es wird dann bestimmt, ob der Wert des Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  die Pulsperiode  $T_{PLS}$  erreicht hat (Schritt S616). Gleich nach dem Start der Betätigung des Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  wird die Entscheidung in Schritt S617 NEIN und eine Bestimmung im nächsten Schritt S617 getroffen, ob der Wert des Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  „0“ ist. Da die Entscheidung hier JA wird, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt (Schritt S618).

**[0215]** Wenn die Setz-Routine nachher wiederholt wird, wird der Wert des Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  um „1“ in Schritt S615 erhöht. Folglich wird, solange die Entscheidung im Schritt S616 auf NEIN gehalten wird, die Entscheidung im Schritt S617 NEIN und der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf den Druck-Halte-Modus gesetzt (Schritt S619).

**[0216]** Während die Zeit weiter voranschreitet und die Entscheidung in Schritt S616 JA wird, wird jedoch der Wert des Inkrement-Zählers  $CNT_I(i)$  auf „0“ zurückgesetzt (Schritt **620**). In diesem Fall wird die Entscheidung im Schritt S617 JA und der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt (Schritt S618). Als ein Ergebnis wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  bei jeder Pulsperiode  $T_{ALS}$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt, solange der Steuer-Modus auf dem Druck-Zunahme-Modus gesetzt gehalten wird.

**[0217]** Wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Druck-Abnahme-Modus ist, werden die Schritte S621 bis S626 im Flußdiagramm der [Fig. 25](#) durchgeführt, mit dem Ergebnis, daß der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  bei jeder Pulsperiode  $T_{ALS}$  auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt wird.

**[0218]** Dann korrigiert ein Sperr-Abschnitt **90** (s. [Fig. 20](#)) die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  in der nächsten Stufe, um die Bremsdruck-Steuerung zu sperren, wenn das Lenkrad gegengelenkt wird oder wenn das Rutschen der Räder zu stark ist, und ferner wenn das notwendige Giermoment zu einer Verringerung neigt. Die Details des Sperr-Abschnitts **90** sind im Blockdiagramm der [Fig. 26](#) dargestellt.

**[0219]** Wie in [Fig. 26](#) gezeigt, weist der Sperr-Abschnitt **90** drei Schalter **91**, **92** und **93** auf. Die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$ , die vom Berechnungs-Abschnitt **89** in der vorhergehenden Stufe ausgegeben wird, passiert die Schalter **91** bis **93** und wird dann vom Sperr-Abschnitt **90** ausgegeben. Die Schalter **91**, **92** und **93** werden auf der Grundlage der jeweils durch die Setz-Abschnitte **94**, **95** und **96** gesetzten Flagwerte geschaltet. Insbesondere wird, wenn die Schalter **91**, **92** und **93** wie dargestellt gesetzt sind, der Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$ , der vom Sperr-Abschnitt **91** ausgegeben wird, beibehalten, während der Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  auf „0“ zurückge-

setzt wird, wenn irgendeiner der Schalter **91** bis **93** aus der dargestellten Stellung verrückt wird. Der Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  kann, anstatt auf „0“ zurückgesetzt zu werden, kleiner gesetzt werden. Wie aus [Fig. 26](#) ersichtlich, passiert der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  den Sperr-Abschnitt **90** unverändert.

**[0220]** Der Setz-Abschnitt **94** setzt während des Gegenlenkens ein Sperr-Flag  $F_{K1}(i)$ . Insbesondere weist der Setz-Abschnitt **94** ein UND-Gatter **97** auf, dessen Ausgabe dem Schalter **91** als das Sperr-Flag  $FK1(i)$  zugeführt wird. Wenn die vier Eingabebedingungen alle erfüllt sind, d.h. wenn alle Eingaben freigegeben sind, setzt das UND-Gatter **97** den Wert des Sperr-Flags  $FK1(i)$  auf „0“. Die erste Eingabebedingung wird freigegeben, wenn das Brems-Flag  $F_b$  „1“ ist, und die zweite Eingabebedingung wird freigegeben, wenn das Ziel-Rad ein Hinterrad ist, d.h., wenn die Radnummer „i“ „3“ oder „4“ ist. Die dritte Eingabebedingung wird freigegeben, wenn ein Gegenlenk-Flag  $F_{CS}$  „1“ ist, und die vierte Eingabebedingung wird freigegeben, wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist.

**[0221]** Wenn das Sperr-Flag  $F_{K1}(i)$  0 ist, wird der Schalter **91** aus der dargestellten Stellung verrückt, um dabei den Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  auf 0 zu setzen.

**[0222]** Wenn das Rutschen des Rades zu stark ist, setzt der Setz-Abschnitt **95** „1“ auf ein Sperr-Flag  $F_{K2}(i)$ . Der Setz-Abschnitt **95** hat nämlich ein UND-Gatter **98**, dessen Ausgabe dem Schalter **92** als Sperr-Flag  $F_{K2}(i)$  zugeführt wird. Wenn die zwei Eingabebedingungen alle erfüllt sind, d.h. wenn alle Eingaben freigegeben sind, setzt das UND-Gatter **98** den Wert des Sperr-Flags  $F_{K2}(i)$  auf „1“. Wenn eine der Eingabebedingungen gesperrt ist, setzt das UND-Gatter **98** den Wert des Sperr-Flags  $F_{K2}(i)$  auf „0“ zurück. Eine der Eingabebedingungen wird freigegeben, wenn das Rutschverhältnis  $S_L(i)$  des Rades größer als ein zulässiges Rutschverhältnis  $S_{LMAX}(i)$  ist, und die andere Eingabebedingung wird freigegeben, wenn der Steuer-Modus  $M(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist. Das zulässige Rutschverhältnis  $S_{LMAX}(i)$  wird aus einer Abbildung der [Fig. 27](#) aufgrund des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  gelesen. Das zulässige Rutschverhältnis  $S_{LMAX}(i)$  steigt in einem gegebenen Verhältnis an, während das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  ansteigt, und sein Maximalwert wird auf 20% gesetzt. Unter Bezugnahme auf die Abbildung der [Fig. 27](#) kann, wenn die ABS-aufgerufene Bremsdruck-Steuerung auf das Ziel-Rad für die Giermomentsteuerung gestartet wird, die Charakteristik der Abbildung geändert werden, so daß dann der Maximalwert des zulässigen Rutschverhältnisses  $S_{LMAX}(i)$  auf das Rutschverhältnis des Ziel-Rades begrenzt wird.

**[0223]** Wenn der Schalter **92** das Sperr-Flag  $F_{K2}(i) = 1$  erhält, wird er von der dargestellten Stellung geschaltet, wobei in diesem Fall „0“ als Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  gesetzt wird.

**[0224]** Wenn der Absolutwert des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  in einem Verhältnis abnimmt, das gleich mit oder größer als ein vorbestimmtes Verhältnis ist, d.h. wenn die Bedingungen erfüllt sind, setzt ein Setz-Abschnitt **96** (s. [Fig. 26](#)) ein Sperr-Flag  $F_{K3}(i)$  auf „1“, um ein Hinausschießen der Giermomentsteuerung zu vermeiden. Wenn die Bedingungen nicht erfüllt sind, wird andererseits das Sperr-Flag  $F_{K3}(i)$  auf „0“ zurückgesetzt. Das Sperr-Flag  $F_{K3}(i)$  wird vom Setz-Abschnitt **96** dem Schalter **93** zugeführt, der in Übereinstimmung mit dem Wert des Sperr-Flags  $F_{K3}(i)$  geschaltet wird. Wenn das Sperr-Flag  $F_{K3}(i)$  auf „1“ gesetzt wird, wird der Schalter **93** von der dargestellten Stellung verrückt, um den Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(1)$  auf „0“ zurückzusetzen.

**[0225]** Unter erneuter Bezugnahme auf die [Fig. 20](#) umfaßt der Block für die Giermomentsteuerung einen Bestimmungs-Abschnitt **100** für die Vordruck-Beaufschlagungs-Steuerung. Dieser Bestimmungs-Abschnitt **100** setzt Vordruck-Beaufschlagungs-Flags  $F_{PRE1}$  und  $F_{PRE2}$ , um die Betätigung der einzelnen Magnetventil-Einheiten (Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13**) und der Abschlußventile **19** und **20** vor dem Start der Giermomentsteuerung zu steuern. Insbesondere wird, wenn der Absolutwert des notwendigen Giermoments auf oder über einen vorbestimmten Wert ansteigt oder wenn die maximale Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma_{MAX}$  auf oder über einen vorbestimmten Wert ansteigt, so daß die Giermomentsteuerung gestartet werden muß, das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  oder  $F_{PRE2}$  auf „1“ gesetzt, und dieser Zustand währt über eine gegebene Zeitspanne (z.B. 96 msec). Wenn die Giermomentsteuerung während dieser Zeitspanne gestartet wird, wird das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  oder  $F_{PRE2}$  zum Zeitpunkt des Startes auf „0“ zurückgesetzt. Das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  wird für die rechte Fahrzeugdrehung vorbereitet, wohingegen das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE2}$  auf die linke Fahrzeugdrehung vorbereitet wird.

**[0226]** Wie in [Fig. 20](#) gezeigt, umfaßt der Block für die Giermomentsteuerung einen Zwangs-Änderungs-Abschnitt **111** für die Zwangs-Änderung der Ventil-Steuersignale [Fig. 28](#) veranschaulicht die Details des Zwangs-Änderungs-Abschnitts **111**. Dieser Abschnitt **111** verändert zwangsweise die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  und den Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  in Übereinstimmung mit verschiedenen Bedingungen. Diese Pulsbreite  $M_{PLS}(i)$  und der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  werden vom Zwangs-Änderungs-Abschnitt **111** als Pulsbreite  $Wy(1)$  und

Betätigungs-Modus  $M_{y(i)}$  ausgegeben.

**[0227]** Insbesondere wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  – wie in [Fig. 28](#) klar ersichtlich – nach dem Passieren der Schalter **112** bis **117** als der Betätigungs-Modus  $M_{y(i)}$  ausgegeben. Jene Schalter **112-117** werden gemäß der jeweils dahin zugeführten F1ag-Werte geschaltet.

**[0228]** Der Schalter **112** wird in Übereinstimmung mit dem Wert eines Halte-Flags  $F_{HLD(i)}$ , das von einem Halte-Bestimmungs-Abschnitt **118** ausgegeben wird, geschaltet. Der Bestimmungs-Abschnitt **118** setzt „1“ auf das Halte-Flag  $F_{HLD(i)}$  für die Räder im Nicht-Steuer-Modus, wenn das Fahrzeug nicht gebremst wird ( $F_b = 0$ ) und die Pumpen **16** und **17** funktionieren (wenn ein Betätigungs-Flag  $F_{MTR}$  auf „1“ gesetzt ist). In diesem Fall wird der Schalter **112** aus der veranschaulichten Stellung geschaltet, so daß nur der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$ , der den Nicht-Steuer-Modus aufweist, zwangsweise auf den Halte-Modus verändert wird. Wenn alle Halte-Flags  $F_{HLD(i)}$  auf „0“ zurückgesetzt sind, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  direkt vom Schalter **112** ausgegeben. Sogar wenn die Pumpen **16** und **17** betätigt werden, wenn das Fahrzeug nicht gebremst ist, wird daher der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$ , der den Nicht-Steuer-Modus ausweist, zwangsweise auf den Halte-Modus verändert, so daß der Entladedruck von den Pumpen **16** und **17** den Radbremsen der Räder nicht zugeführt werden wird.

**[0229]** Der Schalter **113** wird in Übereinstimmung mit dem Wert eines End-Flags  $F_{FIN(i)}$ , das von einem Bestimmungs-Abschnitt **119** zur Beendigungs-Steuerung ausgegeben wird, geschaltet. Wenn die Giermomentsteuerung beendet ist und das Freigabe/Sperr-Flag  $F_{ymc}$  auf „0“ zurückgesetzt wird, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **119** das End-Flag  $F_{FIN(i)}$  für eine gegebene Zeitdauer (z.B. 340 msec) periodisch auf „1“. Das heißt, daß das End-Flag  $F_{FIN(i)}$  bei jeder gegebenen Periode (z.B. 40 msec) nur für eine vorbestimmte Zeitdauer (z.B. 16 msec) auf „1“ gesetzt wird. Das End-Flag  $F_{FIN(i)}$  wird auch für die Öffnen/Schließen-Ssteuerung der Abschlußventile **19** und **20** verwendet, wie später erläutert werden wird.

**[0230]** Wenn „1“ auf das End-Flag  $F_{FIN(i)}$  gesetzt wird, wird der Schalter **113** aus der veranschaulichten Stellung verrückt. In den Betätigungs-Modi  $M_{PLS(i)}$  wird daher der Betätigungs-Modus für das Ziel-Rad zur Giermomentsteuerung zwangsweise auf den Halte-Modus verändert. Wenn alle End-Flags  $F_{FIN(i)}$  auf „0“ zurückgesetzt werden, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  direkt vom Schalter **113** ausgegeben. Nach Beendigung der Giermomentsteuerung verändert sich der Bremsdruck des Ziel-Rads nicht schnell und das Verhalten des Fahrzeugs wird stabil, sobald der Betätigungs-Modus des zu steuernden Ziel-Rades periodisch auf den Halte-Modus verändert wird.

**[0231]** Der Schalter **114** wird in Übereinstimmung mit dem Wert des Vordruck-Beaufschlagungs-Flags  $F_{PRE1}$  oder  $F_{PRE2}$ , die zur Vordruck-Beaufschlagungs-Steuerung vom Bestimmungs-Abschnitt **100** ausgegeben werden, verrückt. Wenn das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  oder  $F_{PRE2}$  auf „1“ gesetzt wird, wird der Schalter **114** aus der veranschaulichten Stellung verrückt. In diesem Fall wird, wie beim Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$ , der Betätigungs-Modus für das Ziel-Rad für die Giermomentsteuerung zwangsweise auf den Halte-Modus verändert. Wenn die Vordruck-Beaufschlagungs-Flags  $F_{PRE1}$  und  $F_{PRE2}$  beide auf „0“ zurückgesetzt werden, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  direkt vom Schalter **114** ausgegeben.

**[0232]** [Fig. 20](#) veranschaulicht, daß der Bestimmungs-Abschnitt **88** den Steuer-Modus  $M(i)$  und den Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  beim Erhalten des Freigabe/Sperr-Flags  $F_{ymc}$  setzt. Wie in den [Fig. 23](#) und [Fig. 25](#) ersichtlich, werden jedoch jener Steuer-Modus  $M(i)$  und jener Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  ohne Rücksicht auf den Wert des Freigabe/Sperr-Flags  $F_{ymc}$  gesetzt. Selbst wenn die Vordruck-Beaufschlagungs-Steuerung (die später erörtert wird) vor der Giermomentsteuerung gestartet wird, wird daher der Bremsdruck des zu steuernden Ziel-Rades nicht nachteilig beeinflusst.

**[0233]** Der Schalter **115** wird auf der Grundlage eines Freigabe-Flags  $F_{RP}$ , das durch einen Bestimmungs-Abschnitt **120** zur Bestimmung der Freigabe des Bremspedals gesetzt wird, geschaltet. Wenn der Druck (d.h. die Kraft) auf das Bremspedal **3** freigegeben wird, während die Giermomentsteuerung durchgeführt wird, wobei die Bremskraft am Fahrzeug angelegt ist, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **120** das Freigabe-Flag  $F_{RP}$  für eine vorbestimmte Zeitdauer (z.B. 64 msec) auf „1“. In diesem Fall wird der Schalter **115** aus der veranschaulichten Stellung verrückt und – wie beim Betätigungs-Modus  $M_{PLS(i)}$  – der Betätigungs-Modus für das zu steuernde Ziel-Rad wird zwangsweise auf den Druck-Abnahme-Modus verändert. Wenn das Freigabe-Flag  $F_{RP}$  auf „0“ zurückgesetzt wird, gibt der Schalter **115** direkt den Betätigungs-Modus  $M_{PLS(1)}$  aus.

**[0234]** Wie in [Fig. 28](#) ersichtlich, wird das Freigabe-Flag  $F_{RP}$  auch einem Schalter **121** zugeführt. Wenn das Freigabe-Flag  $F_{RP}$  auf „1“ gesetzt wird, wird der Schalter **121** aus der veranschaulichten Stellung geschaltet,

um den Wert der Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  oder den Wert der Pulsbreite  $Wy(i)$  zwangsweise auf die Steuerperiode  $T$  (= 8 msec) zu ändern. Wenn das Freigabe-Flag  $F_{RP}$  auf „0“ zurückgesetzt wird, gibt der Schalter **113** die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  direkt als Pulsbreite  $Wy(i)$  aus.

**[0235]** Der Schalter **116** wird in Übereinstimmung mit dem Wert des zuvor erwähnten Betätigungs-Inkrement-Flags  $F_{PP}$  vom Bestimmungs-Abschnitt **122** geschaltet, der das Betätigungs-Inkrement des Bremspedals bestimmt. Wenn das Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP}$  auf „1“ gesetzt wird, wird der Schalter **116** aus der dargestellten Stellung verrückt und alle Betätigungs-Modi  $M_{PLS}(i)$  zwangsweise auf den Nicht-Steuer-Modus verändert. Wenn das Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP}$  auf „0“ zurückgesetzt wird, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  direkt vom Schalter **116** ausgegeben. Wenn die Betätigungs-Modi für alle Räder zwangsweise auf den Nicht-Steuer-Modus geändert werden, wird die Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer durch den Bremsdruck aller Räder wiedergegeben.

**[0236]** Der Schalter **117** wird in Übereinstimmung mit dem Wert eines Rückwärts-Flags  $F_{REV}$ , das von einem Rückwärts-Bestimmungs-Abschnitt **123** ausgegeben wird. Wenn der Rückwärtsgang im Getriebe ausgewählt wird, setzt der Rückwärts-Bestimmungs-Abschnitt **123** das Rückwärts-Flag  $F_{REV}$  auf „1“. Wenn ein Vorwärtsgang ausgewählt ist, setzt der Rückwärts-Bestimmungs-Abschnitt **113** das Rückwärts-Flag  $F_{REV}$  auf „0“ zurück. Wenn das Rückwärts-Flag  $F_{REV}$  auf „1“ gesetzt wird, wird der Schalter **117** aus der dargestellten Stellung verrückt und die Betätigungs-Modi  $M_{PLS}(i)$  werden zwangsweise auf den Nicht-Steuer-Modus geändert. Wenn das Rückwärts-Flag  $F_{REV}$  auf „0“ zurückgesetzt wird, wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  vom Schalter **117** direkt als Betätigungs-Modus  $My(i)$  ausgegeben.

**[0237]** Wie aus [Fig. 20](#) ersichtlich, wird die Ausgabe des Abschnitts **111** zur Zwang-Veränderung des Ventil-Steuersignals – d.h. der Betätigungs-Modus  $My(i)$  – oder die Ausgabe des Vordruck-Beaufschlagungs-Steuers-Bestimmungs-Abschnitts **100** – d.h. das Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  oder  $F_{PRE2}$  – auch einem Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** zugeführt. Die Einzelheiten des Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitts **124** sind in den [Fig. 29](#) bis [Fig. 32](#) veranschaulicht.

**[0238]** Dieser Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** weist einen Bestimmungs-Schaltkreis **125** in [Fig. 29](#) auf, der ein Aufforderungs-Flag für jeden der Radzylinder der einzelnen Räder setzt, um die Betätigung der Abschlußventile **19** und **20** und des Motors **18** anzufordern. Der Bestimmungs-Schaltkreis **125** weist zwei UND-Gatter **126** und **127** auf. Wenn das Brems-Flag  $F_b$  auf „1“ gesetzt wird und der Betätigungs-Modus  $My(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist, werden alle Eingaben des UND-Gatters **126** freigegeben. In diesem Fall gibt das UND-Gatter **126** die Radnummer  $i$  des im Druck-Zunahme-Modus befindlichen Rades an ein ODER-Gatter **128** aus.

**[0239]** Wenn das Brems-Flag  $F_b$  auf „0“ gesetzt wird und der Betätigungs-Modus  $My(i)$  nicht der Nicht-Steuer-Modus ist, werden alle Eingaben des anderen UND-Gatter **127** freigegeben. In diesem Fall gibt das UND-Gatter **127** die Radnummer  $i$  des Rades, das sich nicht im Nicht-Steuer-Modus befindet, an das ODER-Gatter **128** aus. Mit anderen Worten wird, wie aus [Fig. 29](#) ersichtlich, eine Eingabebedingung an das UND-Gatter **127** durch ein NICHT-Gatter **129** invertiert.

**[0240]** Beim Erhalten der Ausgaben der UND-Gatter **126** und **127**, gibt das ODER-Gatter **128** ein Aufforderungs-Flag  $F_{MON}(i)$  aus, um die Betätigung des Motors **18** anzufordern. In diesem Fall wird – entsprechend der dem ODER-Gatter **128** zugeführten Radnummer  $i$  – „1“ auf das Aufforderungs-Flag  $F_{MON}(i)$  gesetzt.

**[0241]** Die Ausgabe des ODER-Gatters **128** wird auch der Setz-Klemme eines Flip-Flops **130** zugeführt, dessen Rücksetz-Klemme mit einem Rücksetzsignal versorgt wird, entsprechend der Radnummer  $i$  des Rades, das das Nicht-Steuer-Modus als Betätigungs-Modus  $My(i)$  hat.

**[0242]** Wenn das Aufforderungs-Flag  $F_{MON}(i)$  der Setz-Klemme des Flip-Flops **130** zugeführt wird, sendet das Flip-Flop **130** Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(i)$  aus, um die Betätigung der Abschlußventile **19** und **20** anzufordern. In diesem Fall wird „1“ auf dasjenige der Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(i)$  gesetzt, das mit der Radnummer  $i$  verknüpft ist, die dem Aufforderungs-Flag  $F_{MON}(i)$  entspricht, dessen Wert auf „1“ gesetzt wird. Wenn das Flip-Flop **130** das Rücksetzsignal empfängt, werden alle Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(i)$  auf „0“ zurückgesetzt.

**[0243]** Der Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** umfaßt weiterhin einen in [Fig. 30](#) gezeigten Bestimmungs-Schaltkreis **131**. Dieser Bestimmungs-Schaltkreis **131** weist ein ODER-Gatter **132** auf. Wenn „1“ auf eines der Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(1)$  und  $F_{COV}(4)$  für das Abschlußventil **19** an der Seite des linken Vorderads  $FW_L$  und an der rechten Hinterrad  $RW_R$  Seite, oder auf eines der End-Flags  $F_{FIN}(1)$  und  $F_{FIN}(4)$ , oder auf

dem Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE1}$  gesetzt wird, setzt das ODER-Gatter **132** „1“ auf ein Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  zur Betätigung des Abschlußventils **19** und gibt das Flag aus.

**[0244]** Die Schalter **133** und **134** sind mit der Ausgabeleitung vom ODER-Gatter **132** verbunden. Der Schalter **133** wird in Übereinstimmung mit dem Wert des Betätigungs-Inkrement-Flags  $F_{PP}$  geschaltet und der Schalter **134** in Übereinstimmung mit dem Wert des Rückwärts-Flags  $F_{REV}$  geschaltet. Daraus folgt, daß der Schalter **133** oder der Schalter **134** von der dargestellten Stellung geschaltet wird, sobald das Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP}$  oder das Rückwärts-Flag  $F_{REV}$  auf „1“ gesetzt wird. In diesem Fall wird, selbst wenn „1“ durch das ODER-Gatter **132** auf das Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  gesetzt wird, das Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  auf „0“ zurückgesetzt (Nicht-Steuer-Modus).

**[0245]** Der Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** umfaßt auch einen Bestimmungs-Schaltkreis **135** in [Fig. 31](#), der mit Ausnahme der folgenden Punkte dieselbe Struktur und Funktion wie der Bestimmungs-Abschnitt **131** in [Fig. 30](#) hat. Wenn „1“ auf eines der Aufforderungs-Flags  $F_{COV(2)}$  und  $F_{COV(3)}$ , oder auf eines der End-Flags  $F_{FIN(2)}$  und  $F_{FIN(3)}$ , oder auf dem Vordruck-Beaufschlagungs-Flag  $F_{PRE2}$  für die Abschlußventile **20** für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und linke Hinterrad  $RW_L$  gesetzt wird, setzt ein ODER-Gatter **136** im Bestimmungs-Abschnitt **135** „1“ auf ein Betätigungs-Flag  $F_{VD2}$  zur Betätigung des Abschlußventils **20** und gibt das Flag aus.

**[0246]** Der Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** umfaßt weiterhin einen in [Fig. 32](#) gezeigten Bestimmungs-Schaltkreis. Dieser Bestimmungs-Schaltkreis weist ein ODER-Gatter **139** auf. Wenn irgendeines der Aufforderungs-Flags  $F_{COV(i)}$  auf „1“ gesetzt gehalten oder mindestens eines der Vordruck-Beaufschlagungs-Flags  $F_{PRE1}$  und  $F_{PRE2}$  auf „1“ gesetzt gehalten wird, setzt das ODER-Gatter **139** „1“ auf ein Betätigungs-Flag  $F_{MTR}$  zur Betätigung des Motors und gibt das Betätigungs-Flag aus.

**[0247]** Zusammenwirkungs-Steuerung für das ABS Wenn der Betätigungs-Modus  $My(i)$ , die Pulsbreite  $Wy(i)$  und die Flags  $F_{VD1}$ ,  $F_{VD2}$  und  $F_{MTR}$  für die Giermomentsteuerung auf die oben beschriebene Art und Weise gesetzt werden, wird als nächstes eine Zusammenwirkungs-Steuerung mit der Bremsdruck-Steuerung durch das ABS ausgeführt (s. einen Block **200** in [Fig. 3](#) und Schritt S7 in [Fig. 4](#)). [Fig. 33](#) veranschaulicht die Details des Zusammenwirkungs-Steuerblocks **200**.

**[0248]** Um damit zu beginnen, wird jetzt kurz die ABS-aufgerufene Bremsdruck-Steuerung beschrieben.

**[0249]** Wenn die Fahrzeuggrupp-Geschwindigkeit  $V_B$  und die Radgeschwindigkeit  $V_W(i)$  einem Rutsch-Verhältnis-Berechnungs-Abschnitt **201** zugeführt werden, berechnet dieser Berechnungs-Abschnitt **201** das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  der Räder nach der folgenden Gleichung:

$$S_X(i) = (V_B - V_W(i)) / V_B \times 100 \quad (41)$$

**[0250]** Beim Berechnen des Rutschverhältnisses  $S_X(i)$  wird die Korrektur unter Rücksichtnahme auf die Giermomentsteuerung zusätzlich zur Korrektur bezüglich der Rutschgröße und zur Korrektur bezüglich des Rutschverhältnisses vollzogen. Die Korrektur bezüglich der Rutschgröße berücksichtigt den Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche, auf der der Wagen fährt, und berücksichtigt weiterhin, ob die ABS-eingeleitete Bremsdruck-Steuerung schon gestartet ist oder nicht, das Rückstell-Gier des Fahrzeuggruppens, usw. Die Korrektur bezüglich des Rutschverhältnisses berücksichtigt die Fahrzeuggeschwindigkeit, berücksichtigt, ob das Ziel-Rad ein Hinterrad ist oder nicht, ob sich das Fahrzeug dreht, die Störungen etc. Des weiteren wird das berechnete Rutschverhältnis  $S_X(i)$  einer Korrektur hinsichtlich der Rauheit der Straßenoberfläche unterzogen.

**[0251]** Danach wird das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  den Arithmetik-Operations-Abschnitten **202** und **203** zugeführt. Der Arithmetik-Operations-Abschnitt **203** integriert das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  und führt dem Arithmetik-Operations-Abschnitt **202** das Integrations-Ergebnis oder den Integralwert  $IS_X(i)$  zu. Der Arithmetik-Operations-Abschnitt **202** wird auch mit einer Radbeschleunigung  $dV_W(i)$  und einer abgeleiteten Radbeschleunigung oder Rad-Doppel-Beschleunigung (die Doppel-Ableitung der Radgeschwindigkeit)  $J_X(i)$  versorgt. Die Radbeschleunigung  $dV_W(i)$  wird einer Korrektur unterzogen, die damit zusammenhängt, ob die Straße rau ist und ob die Räder blockieren. Die Radbeschleunigung  $dV_W(i)$  wird auch einer auf Störung basierenden Korrektur unterzogen.

**[0252]** Der Arithmetik-Operations-Abschnitt **202** berechnet den Rutschindex  $II_X(i)$  auf der Grundlage des Rutschverhältnisses  $S_X(i)$ , des Integralwerts  $IS_X(i)$ , der Radbeschleunigung  $dV_W(i)$  und der Rad-Doppel-Beschleunigung  $J_X(i)$ .

**[0253]** Der Rutschindex  $II_x(i)$  stellt die Rutschinformation der Räder dar. Insbesondere wenn der Rutschindex  $II_x(i)$  vom maximalen Rutschverhältnis (das sich abhängig vom Reibungskoeffizienten  $\mu$  der Straßenoberfläche verändert) verrückt wird, oder wenn die Radbeschleunigung  $dV_w(i)$  vom Soll-Wert verrückt wird, nimmt der Rutschindex  $II_x(i)$  zu oder ab. Wenn das  $S_x(i)$  größer als das maximale Rutschverhältnis wird, nimmt beispielsweise der Rutschindex  $II_x(i)$  in die negative Richtung zu.

**[0254]** Die Radbeschleunigung  $dV_w(i)$  stellt die Tendenz der Wiederherstellung der Radgeschwindigkeit dar. Wenn die Radbeschleunigung  $dV_w(i)$  vom Soll-Wert in die positive Richtung verrückt wird, nimmt der Rutschindex  $II_x(i)$  in die positive Richtung zu. Im entgegengesetzten Fall nimmt der Rutschindex  $II_x(i)$  in die negative Richtung zu.

**[0255]** Wenn die Rad-Doppel-Beschleunigung  $J_x(i)$  in Betracht gezogen wird, um den Rutschindex  $II_x(i)$  zu berechnen, wird die Tendenz der Wiederherstellung der Radbeschleunigung  $dV_w(i)$  früh erfaßt, und wenn der Integralwert  $IS_x(i)$  des Rutschverhältnisses berücksichtigt wird, ist es möglich, den Übergang der Straßenoberfläche von einer Niedrig- $\mu$ -Fläche zu einer Hoch- $\mu$ -Fläche zu erfassen. Dies gestattet die genaue Berechnung des Rutschindex  $II_x(i)$ .

**[0256]** Insbesondere berechnet der Arithmetik-Operations-Abschnitt **202** den Rutschindex  $II_x(i)$  der Räder auf der Grundlage einer unscharfen Störung (Fuzzy-Interferenz), die das Rutschverhältnis  $S_x(i)$ , seinen Integralwert  $IS_x(i)$ , die Radbeschleunigung  $dV_w(i)$  und die Rad-Doppel-Beschleunigung  $J_x(i)$  als Eingabevariablen berücksichtigt. Da es verschiedene Wege zur Berechnung des Rutschindex  $II_x(i)$  auf der Grundlage einer Fuzzy-Interferenz gibt, werden Mitgliedschafts-Funktionen, die die Fuzzy-Regeln der Fuzzy-Interferenz und die Mitgliedschafts-Funktionen zur Ausgabe des Rutschindex  $II_x(i)$  bestimmen, weggelassen.

**[0257]** Wenn der berechnete Rutschindex  $II_x(i)$  dem nächsten Arithmetik-Operations-Abschnitt **203** zugeführt wird, berechnet dieser Abschnitt **203** einen Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$ , der an die Radbremsen angelegt werden muß, auf der Grundlage des Rutschindex  $II_x(i)$ . Der Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  wird erhalten, indem eine Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$  korrigiert wird, die durch den Rutschindex  $II_x(i)$  bestimmt wird. Die Korrekturgröße hier wird unter Berücksichtigung der Optimierung des Schaltbetriebs der zuvor erwähnten Magnetventil-Einheiten oder den Einlaß- und Auslaßventilen **12** und **13** bestimmt.

**[0258]** [Fig. 34](#) zeigt eine Umwandlungs-Abbildung für die Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$ . Aus dieser Umwandlungs-Abbildung geht hervor, daß die Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$  weiterhin gemäß dem in [Fig. 34](#) gezeigten Muster ansteigt, wenn der Rutschindex  $II_x(i)$  anfängt, von einem vorbestimmten positiven Wert in die positive Richtung anzusteigen. Wenn der Rutschindex  $II_x(i)$  weiter über einen vorbestimmten negativen Wert hinaus in die negative Richtung steigt, steigt die Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$  gemäß dem in [Fig. 34](#) gezeigten Muster in die negative Richtung.

**[0259]** Wenn der Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  einem folgenden Arithmetik-Operations-Abschnitt **204** zugeführt wird, setzt dieser Abschnitt **204** den Betätigungs-Modus für die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** und berechnet die Pulsbreiten in den gesetzten Betätigungs-Modi.

**[0260]** Die Betätigungs-Modi werden durch „ $M_{ABS1}(i)$ “ und die Pulsbreite durch „ $W_{ABS1}(i)$ “ angezeigt, wie später erörtert. Insbesondere wenn der Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  ein positiver Wert ist, wird der dazugehörige Betätigungs-Modus auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt, und wenn der Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  einen negativen Wert annimmt, wird der dazugehörige Betätigungs-Modus auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt. Wenn der Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  „0“ ist, wird der dazugehörige Betätigungs-Modus auf den Halte-Modus gesetzt.

**[0261]** Das Verhältnis zwischen dem Soll-Steuerdruck  $IDP_x(i)$  und der Pulsbreite erfüllt die folgende Gleichung:

$$IDP_x(i) = \text{Verstärkung} \times \text{Pulsbreite}$$

Somit kann die Pulsbreite durch die Verwendung der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\text{Pulsbreite} = IDP_x(i) / \text{Verstärkung}$$

wobei entweder eine Zunahme-Verstärkung  $G_{APL}$  oder eine Abnahme-Verstärkung  $G_{REL}$  als die Verstärkung angesichts der Berücksichtigung einer Veränderung in den Betätigungs-Charakteristika der Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** verwendet wird.

**[0262]** Die durch den Arithmetik-Operations-Abschnitt **204** berechnete Pulsbreite wird durch einen nachstehenden Arithmetik-Operations-Abschnitt **205** für den Druck-Zunahme-Modus oder Druck-Abnahme-Modus unter Berücksichtigung der Schalt-Verzögerungs-Zeiten  $T_{DA}$  und  $T_{DA}$  der Einlaß- und Auslaßventile **12** korrigiert.

**[0263]** Der (die) auf die oben beschriebene Art und Weise erhaltene Betätigungs-Modus und Pulsbreite werden durch Schalter **207** und **208** ausgegeben. Der Schalter **207** wird als Reaktion auf ein Bewertungssignal von einem Bestimmungs-Schaltkreis **209** verrückt. Der Bestimmungs-Schaltkreis **209** bestimmt, ob der Betrieb des ABS begonnen werden sollte und gibt ein Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  aus, das das Bestimmungs-Ergebnis anzeigt. Der Schalter **208** wird als Reaktion auf ein Bewertungssignal vom Bestimmungs-Schaltkreis **210** verändert. Der Bestimmungs-Schaltkreis **210** bestimmt, ob es kurz vor dem Betriebsstart des ABS ist und gibt ein Betätigungs-Flag  $F_{P\_ABS}(i)$  aus, das das Bestimmungs-Ergebnis anzeigt. Zur selben Zeit der Ausgabe des Betätigungs-Flags  $F_{P\_ABS}(i)$  setzt der Bestimmungs-Schaltkreis **210** „1“ auf ein Motor-Betätigungs-Flag  $F_{M\_ABS}$ , um den Motor **18** für die Pumpen **16** und **17** anzutreiben, und gibt das Flag aus.

**[0264]** Wenn der Bestimmungs-Schaltkreis **210** erfaßt, daß es kurz vor dem Betriebsstart des ABS ist, wird zunächst der Schalter **208** auf die Halte-Modus-Seite verrückt. Wenn der Bestimmungs-Schaltkreis **209** dann bestimmt, daß der Betrieb des ABS gestartet werden sollte, rücken die Bestimmungs-Schaltkreise **209** und **210** die Schalter **207** und **208** in die dargestellten Stellungen, wodurch gestattet wird, daß der erhaltene Betätigungs-Modus und die erhaltene Pulsbreite ausgegeben werden muß. Die Bestimmungen in den Bestimmungs-Schaltkreisen **209** und **210** werden auf der Basis von beispielsweise der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_B$  und des Rutschindex  $II_X(i)$  gemacht.

**[0265]** Der Zusammenwirkungs- Steuerblock **200** in [Fig. 33](#) umfaßt einen Aufbau, um die Giermomentsteuerung zusätzlich zum oben beschriebenen Grundaufbau für das ABS durchzuführen. Das Folgende erörtert den Aufbau zur Durchführung der Giermomentsteuerung. [Fig. 35](#) veranschaulicht eine schematische Steuer-Routine, die mit der ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung verbunden ist.

**[0266]** Wie in [Fig. 33](#) ersichtlich, umfaßt der Zusammenwirkungs-Block **200** einen Arithmetik-Operations-Abschnitt **211** zur Berechnung der Größe der Giermomentsteuerung, und die Einzelheiten dieses Abschnitts **211** werden in [Fig. 36](#) gezeigt. Ein Arithmetik-Operations-Abschnitt **212** in [Fig. 36](#) berechnet zunächst die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$ . Insbesondere wird aus der Abbildung der [Fig. 37](#) die Bezugs-Korrekturmenge  $C_{SB}$  auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  gelesen. Es ist aus der Abbildung in

**[0267]** [Fig. 37](#) ersichtlich, daß die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  in die negative Richtung zunimmt, sobald das Fahrzeug eine Untersteuerdrehung vollführt und das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  200 kgm/s überschreitet. Wenn das Fahrzeug eine Übersteuerdrehung vollführt und das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  -100 kgm/s überschreitet, steigt die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  in die positive Richtung.

**[0268]** Daraufhin wird die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens einem Bestimmungs-Abschnitt **213** zugeführt, der Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  zur Bestimmung der Zwangs-Steuer-Taktung aufgrund der Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  setzt. Insbesondere werden jene Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  auf der Grundlage des Wertes der Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  gemäß einer in [Fig. 38](#) gezeigten Abbildung gesetzt. Genauer gesagt wird, wie in [Fig. 38](#) ersichtlich, das Taktungs-Flag  $F_{OS}$  von „0“ auf „1“ gesetzt, wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  10% überschreitet, und auf „0“ zurückgesetzt, wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  -20% erreicht. Das Taktungs-Flag  $F_{US}$  wird von „0“ auf „1“ gesetzt, wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  in die negative Richtung von -10° ansteigt, und auf „0“ zurückgesetzt, wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  20% erreicht. Wenn die Bremsdruck-Steuerung durch das ABS nicht an alle Räder angelegt wird, werden die Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  beide auf „0“ zurückgesetzt.

**[0269]** Einem Bestimmungs-Abschnitt **214** in [Fig. 36](#) wird das notwendige Giermoment  $\gamma_d$ , der Längs- $G_X$  des Fahrzeugs und der Effektivwert  $\theta_{AE}$  der Lenkradwinkel-Geschwindigkeit zugeführt, und er setzt ein Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  zum Sperren der Umdreh-Steuerung der Fahrzeugfront auf der Grundlage jener Eingaben. Diese Setz-Routine wird im Schritt S701 in [Fig. 35](#) gezeigt und ihre Details in [Fig. 39](#) veranschaulicht.

**[0270]** Wie aus [Fig. 39](#) ersichtlich, wird zunächst im Schritt S710 bestimmt, ob das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  einen Positivwert aufweist, d.h. ob das Fahrzeug die Umdreh-Steuerung benötigt. Wenn die Entscheidung JA lautet, wird dann bestimmt, ob der Effektivwert  $\theta_{AE}$  der Lenkradwinkel-Geschwindigkeit kleiner als 200 Grad/s ist, beispielsweise (Schritt S711). Wenn diese Entscheidung ebenfalls JA lautet, wird dann bestimmt, ob die Längs- $G_X$  des Fahrzeugs kleiner als 0,5 g ist. Wenn die Entscheidung JA lautet, wird „1“ auf das Um-

dreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  gesetzt (Schritt S713). Wenn irgendeine der Entscheidungen in den Schritten S710, S711 und S712 NEIN lautet, wird das Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  auf „0“ zurückgesetzt (Schritt 5714).

**[0271]** Einem Bestimmungs-Abschnitt 215 in Fig. 36 werden das notwendige Giermoment  $\gamma_d$ , der Richtungs-Flag  $F_{ds}$ , der Richtungs-Flag  $F_{dy}$  und die Giergeschwindigkeit  $\gamma$  zugeführt; auf dieser Grundlage setzt der Bestimmungs-Abschnitt 215 ein Gegenlenk-Flag  $F_{CS\_ABS}$ , das anzeigt, ob sich die Betätigung des Lenkrads in einem Gegenlenk-Zustand unter der Bremsdruck-Steuerung des ABS befindet. Insbesondere wird das Gegenlenk-Flag  $F_{CS\_ABS}$  auf „1“ gesetzt, wenn alle in den nachstehenden Gleichungen gegebenen Bedingungen erfüllt sind.

$$F_{CS\_ABS} = 1, \text{ wenn } F_{dy} \neq F_{ds}, \text{ und } \gamma_d > 0, \text{ und } |\gamma| < 5 \text{ Grad/s } F_{CS\_ABS} = 0 \text{ anderenfalls.}$$

**[0272]** Einem Bestimmungs-Abschnitt 216 in Fig. 36 werden der Lenkradwinkel  $\theta$  und die Start/End-Flags  $F_{ABS}(3)$  und  $F_{ABS}(4)$  zugeführt; auf dieser Grundlage setzt der Bestimmungs-Abschnitt 216 ein Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  zum Sperren der Zwangs-Abnahme des Bremsdruckes durch die Giermomentsteuerung. Dieses Setzen wird in Schritt S702 in der in Fig. 35 gezeigten Routine gezeigt und ihre Details in Fig. 40 veranschaulicht. In Schritt S715 in Fig. 40 wird zunächst bestimmt, ob die Zeit innerhalb 500 msec nach dem Starten der Bremsdruck-Steuerung durch das ABS auf einem Hinterrad ist, d.h. nachdem eines der Start/End-Flags  $F_{ABS}(3)$  und  $F_{ABS}(4)$  auf „1“ gesetzt wurde. Wenn die Entscheidung „JA“ lautet, wird dann bestimmt, ob das Fahrzeug gerade fährt, d.h. ob der Absolutwert des Lenkradwinkels  $\theta$  kleiner als 15 Grad ist (Schritt S716). Wenn diese Entscheidung ebenfalls JA lautet, wird „1“ auf das Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  gesetzt (Schritt S717). Wenn die Entscheidung im Schritt S715 oder S716 NEIN lautet, wird das Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  auf „0“ zurückgesetzt (Schritt S718).

**[0273]** Des weiteren werden einem Berechnungs-Abschnitt 217 in Fig. 36 eine zuvor erwähnte Zunahme-Verstärkung  $G_{APL}$  und Abnahme-Verstärkung  $G_{REL}$  zugeführt. Gemäß der nachstehenden Gleichungen berechnet der Berechnungs-Abschnitt 217 die Ventil-Betätigungs-Zeiten für die Einlaß- und Auslaßventile 12 und 13 unter einer Zwangs-Steuerung in Verbindung mit den Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  zur Bestimmung der Zwangs-Steuer-Taktung.

**[0274]** Wenn der Bremsdruck der Vorderräder zunimmt, ist die Ventil-Betätigungszeit  $T_{APL\_F}$ :

$$T_{APL\_F} = T_{GA\_F} \times 1000/G_{APL} + T_{V\_APL}$$

**[0275]** Wenn der Bremsdruck der Hinterräder zunimmt, ist die Ventil-Betätigungszeit  $T_{APL\_R}$ :

$$T_{APL\_R} = T_{GA\_R} \times 1000/G_{APL} + T_{V\_APL}$$

**[0276]** Wenn der Bremsdruck der Vorderräder abnimmt, ist die Ventil-Betätigungszeit  $T_{REL\_F}$ :

$$T_{REL\_F} = T_{GR\_F} \times 1000/G_{REL} + T_{V\_REL}$$

**[0277]** Wenn der Bremsdruck der Hinterräder abnimmt, ist die Ventil-Betätigungszeit  $T_{REL\_R}$ :

$$T_{REL\_R} = T_{GR\_R} \times 1000/G_{REL} + T_{V\_REL}$$

**[0278]** In jenen Gleichungen ist  $T_{GA\_F} = 25 \text{ kg/cm}^2$ ,  $T_{GA\_R} = 25 \text{ kg/cm}^2$  und  $T_{GR\_F} = T_{GR\_R} = 15 \text{ kg/cm}^2$ .  $T_{V\_APL}$  zeigt eine Veränderungs-Verzögerungs-Zeit des Einlaßventils 12 an, wenn sich der Bremsdruck erhöht, und  $T_{V\_REL}$  zeigt eine Veränderungs-Verzögerungs-Zeit des Auslaßventils 13 an, wenn der Bremsdruck fällt.

**[0279]** Ein Berechnungs-Abschnitt 218 in Fig. 36 zur Berechnung der Rutsch-Korrekturgröße wird zusätzlich zur im Berechnungs-Abschnitt 212 berechneten Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$ , zum Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  und zum Gegensteuer-Flag  $F_{CS\_ABS}$  mit einem „Tief“-Flag  $F_{S\_L}$  (der später erörtert werden wird) versorgt. Das „Tief“-Flag  $F_{S\_L}$  wird verwendet, um ein zu wählendes Hinterrad – zum Zeitpunkt, da der „Tief“-Steuerung für die Hinterräder durchgeführt wird – zu bestimmen.

**[0280]** Der Berechnungs-Abschnitt 218 setzt die Korrekturgrößen der Rutschverhältnisse des äußeren Vorderrads, des inneren Hinterrads und des äußeren Hinterrads aus der Sicht der Fahrzeug-Drehrichtung wie folgt.

**[0281]** Wenn die Rutsch-Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB} > 0$  ist und sich das Fahrzeug im Übersteuer-Zustand befindet:

Korrekturgröße des äußeren Vorderrads:  $C_{SF\_OUT} = -C_{SB}$   
 Korrekturgröße des inneren Hinterrads:  $C_{SR\_IN} = C_{SB}/2$   
 Korrekturgröße des äußeren Hinterrads:  $C_{SR\_OUT} = C_{SB}/2$

**[0282]** Wenn die Rutsch-Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB} < 0$  ist und sich das Fahrzeug im Untersteuer-Zustand befindet:

Korrekturgröße des äußeren Vorderrads:  $C_{SF\_OUT} = -C_{SB}/2$   
 Korrekturgröße des inneren Hinterrads:  $C_{SR\_IN} = C_{SB}$   
 Korrekturgröße des äußeren Hinterrads:  $C_{SR\_OUT} = 0$

**[0283]** Beim Ausnahmevorgang, wenn das Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH} = 1$  und die Rutsch-Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB} < 0$  ist:

Korrekturgröße des äußeren Vorderrads:  $C_{SF\_OUT} = 0$

**[0284]** Wenn das Gegenlenk-Flag  $F_{CS\_ABS} = 1$  oder das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L} = 1$  ist:

Korrekturgröße des äußeren Vorderrads:  $C_{SF\_OUT} = 0$   
 Korrekturgröße des äußeren Hinterrads:  $C_{SR\_OUT} = 0$

**[0285]** Beim Erhalten der Korrekturgröße der Rutschverhältnisse, setzt ein Setz-Abschnitt **219** Korrektur-zugewiesene Werte  $Y_s(i)$  für das Rutschverhältnis auf der Grundlage der Rutsch-Verhältnis-Korrekturgröße und des Dreh-Flags  $F_d$  wie folgt:

Wenn  $F_d = 1$ ;  
 $Y_s(1) = C_{SF\_OUT}$ ,  $Y_s(2) = 0$ ,  $Y_s(3) = C_{SR\_OUT}$  und  $Y_s(4) = C_{SR\_IN}$ ;  
 Wenn  $F_d = 0$ ;  
 $Y_s(1) = 0$ ,  $Y_s(2) = C_{SF\_OUT}$ ,  $Y_s(3) = C_{SR\_IN}$  und  $Y_s(4) = C_{SR\_OUT}$ .

**[0286]** Wie in [Fig. 33](#) ersichtlich, werden die im Setz-Abschnitt **219** berechneten Korrektur-zugewiesenen Werte dem Rutschverhältnis-Berechnungs-Abschnitt **201** zugeführt, in dem die Korrektur-zugewiesenen Werte  $Y_s(i)$  zum Rutschverhältnis  $S_x(i)$  hinzuaddiert werden. So wird die Rutschverhältnis-Berechnungs-Gleichung auf die folgende Gleichung verändert.

$$S_x(i) = (V_B - V_w(i) - HFV)/V_B \times 100 - HSR + Y_s(i) \quad (42)$$

**[0287]** In Gleichung (42) zeigt HFV den zuvor erwähnten korrigierten Wert der Rutschgröße an und HSR den korrigierten Wert des Rutschverhältnisses an.

**[0288]** Die mit dem Rutschverhältnis verknüpfte Korrektur wird in Schritt S703 in der in [Fig. 35](#) gezeigten Routine durchgeführt und nur ihr grundlegender Teil in [Fig. 41](#) veranschaulicht. Im Flußdiagramm in [Fig. 41](#) werden zunächst die Korrektur-zugewiesenen Werte  $Y_s(i)$  im Schritt S719 berechnet, und es wird bestimmt, ob der Steuer-Modus des Ziel-Rades der Druck-Zunahme-Modus ist (Schritt S720). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des Rades, das sich im Druck-Zunahme-Modus befindet, auf der Grundlage des Korrektur-zugewiesenen Wertes  $Y_s(i)$  korrigiert (Schritt S721). Als Ergebnis nimmt das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  zu.

**[0289]** Wenn die Entscheidung im Schritt S720 NEIN lautet, wird andererseits bestimmt, ob der Steuer-Modus des Ziel-Rades der Druck-Abnahme-Modus ist (Schritt S722). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird bestimmt, ob das Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  auf „1“ gesetzt ist oder nicht (Schritt S723). Wenn die Entscheidung in diesem Schritt NEIN lautet, wird das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des Rades, das sich im Druck-Abnahme-Modus befindet, auf der Grundlage des Korrektur-zugewiesenen Wertes  $Y_s(i)$  korrigiert (Schritt S724). Als Ergebnis nimmt das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  ab.

**[0290]** Wenn die Entscheidung im Schritt S723 JA lautet, wird jedoch Schritt S724 umgangen und das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des Rades im Druck-Abnahme-Modus nicht korrigiert.

**[0291]** Im Zustand, daß das Fahrzeug beim Zeitpunkt der Drehung die Untersteuer-Neigung zeigt, wenn der Bremsdruck des äußeren Vorderrads im Druck-Abnahme-Modus unter der oben beschriebenen Giermomentsteuerung gesteuert wird, wird die Bremskraft des äußeren Vorderrads vermindert. Wenn das ABS arbeitet und „1“ zu diesem Zeitpunkt auf das Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  gesetzt wird, was heißt, daß der Fahrer nicht beabsichtigt, einen Notfallvermeidenden Vorgang durchzuführen, und der Effektivwert  $\theta_{AE}$  der Lenkrad-Winkel-Geschwindigkeit klein genug ist, daß das Lenkrad im gelenkten Zustand gehalten wird, wird das Rutsch-

verhältnis  $S_x(i)$  des äußeren Vorderrads nicht korrigiert. Somit wird die Abnahme des Rutschverhältnisses  $S_x(i)$  des äußeren Vorderrads gesperrt. Folglich wird die Verlangsamungs-Geschwindigkeit des Fahrzeugs ausreichend gesichert, ohne daß die Bremskraft auf das äußere Vorderrad vermindert wird.

**[0292]** Wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  – beim Berechnen der zuvor erwähnten Korrekturgröße des Rutschverhältnisses des Rades im Druck-Abnahme-Modus – größer als 0 ist und das Fahrzeug eine Übersteuer-Drehung vollzieht, wird  $C_{SB}/2$  als Korrekturgröße  $C_{SR\_OUT}$  des Rutschverhältnisses des äußeren Hinterrads gesetzt, wie aus der Drehrichtung des Fahrzeugs ersichtlich. Als Ergebnis wird das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des äußeren Hinterrads zur Zunahme korrigiert. Obwohl nur das äußere Vorderrad und das innere Hinterrad unter der oben beschriebenen Giermomentsteuerung gewählt werden (s. [Fig. 23](#)) wird daher, sobald das ABS arbeitet, das äußere Hinterrad auch als Steuer-Ziel-Rad gewählt. In diesem Fall wird das Rutschverhältnis des äußeren Hinterrads zur Zunahme korrigiert, mit dem Ergebnis, daß der Bremsdruck des äußeren Hinterrads im Druck-Abnahme-Modus gesteuert wird.

**[0293]** Wenn das ABS in Betrieb ist, wird nämlich das zu steuernde Ziel-Rad addiert, wie im Flußdiagramm auf [Fig. 42](#) ersichtlich. Im Flußdiagramm der [Fig. 42](#) wird zunächst bestimmt, ob das ABS in Betrieb ist (Schritt S725). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird bestimmt, ob die Fahrzeugfront beim Zeitpunkt der Drehung das Wiederherstellungsmoment braucht, d.h. „1“ wird auf das Steuer-Ausführungs-Flag  $F_{COS}$  oder  $F_{CUS}$  gesetzt (Schritt S726). Wenn die Entscheidung auch JA lautet, wird der Steuer-Modus  $M(i)$  des äußeren Hinterrads auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt (Schritt S727).

**[0294]** Auf die [Fig. 36](#) Bezug nehmend, weist der Arithmetik-Operations-Abschnitt **211** einen Berechnungs-Abschnitt **220** zur Berechnung einer Zwangs-Steuergröße auf. Der Arithmetik-Operations-Abschnitt **220** wird mit den zuvor erwähnten Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$ , dem Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$ , dem Gegenlenk-Flag  $F_{CS}$   $A_{BS}$ , dem Zwangs-Druck-Abnahme-Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$ , den Ventil-Betätigungszeiten  $T_{APL\_F}$ ,  $T_{APL\_R}$ ,  $T_{REL\_F}$  und  $T_{REL\_R}$  und dem „Tief“-Flag  $F_{S\_L}$  versorgt. Auf der Grundlage jener Eingaben, führt der Arithmetik-Operations-Abschnitt **220** den Außer-Kraft-Setz-Vorgang mit Rücksicht auf die Betätigungsmodi und den Pulsbreiten des äußeren Vorderrads, äußeren Hinterrads und des inneren Hinterrads durch, wie aus der Drehrichtung des Fahrzeugs gesehen.

**[0295]** Besonders wenn der Wert des Taktungs-Flags  $F_{OS}$  von „0“ auf „1“ verändert wird (d.h. in der Übersteuerungs-Steuerung):

Der Betätigungs-Modus  $M_{F\_OUT}$  und die Pulsbreite  $W_{F\_OUT}$  des äußeren Vorderrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{F\_OUT}$  = Druck-Zunahme-Modus und  $W_{F\_OUT} = T_{APL\_F}$

**[0296]** Der Betätigungs-Modus  $M_{R\_IN}$  und die Pulsbreite  $W_{R\_IN}$  des inneren Hinterrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{R\_IN}$  = Druck-Abnahme-Modus und  $W_{R\_IN} = T_{REL\_R}$

**[0297]** Der Betätigungs-Modus  $M_{R\_OUT}$  und die Pulsbreite  $W_{R\_OUT}$  des äußeren Hinterrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{R\_OUT}$  = Druck-Abnahme-Modus und  $W_{R\_OUT} = T_{REL\_R}$

**[0298]** Wenn der Wert des Taktungs-Flags  $F_{US}$  von „0“ auf „1“ verändert wird (d.h. in der Untersteuerungs-Steuerung):

Der Betätigungs-Modus  $M_{F\_OUT}$  und die Pulsbreite  $W_{F\_OUT}$  des äußeren Vorderrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{F\_OUT}$  = Druck-Abnahme-Modus und  $W_{F\_OUT} = T_{REL\_F}$

**[0299]** Der Betätigungs-Modus  $M_{R\_IN}$  und die Pulsbreite  $W_{R\_IN}$  des inneren Hinterrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{R\_IN}$  = Druck-Zunahme-Modus und  $W_{R\_IN} = T_{APL\_R}$

**[0300]** Der Betätigungs-Modus  $M_{R\_OUT}$  und die Pulsbreite  $W_{R\_OUT}$  des äußeren Hinterrads werden wie folgt gesetzt:

$M_{R\_OUT}$  = Nicht-Steuer-Modus und  $W_{R\_OUT} = 0$ .

**[0301]** In den anderen Fällen werden die Betätigungs-Modi  $M_{F\_OUT}$ ,  $M_{R\_IN}$  und  $M_{R\_OUT}$  alle auf den Nicht-Steuer-Modus und ihre Pulsbreiten  $W_{F\_OUT}$ ,  $W_{R\_IN}$  und  $W_{R\_OUT}$  alle auf „0“ gesetzt.

**[0302]** Als Ausnahmeverfahren jedoch werden, wenn das Gegenlenk-Flag  $F_{CS\_ABS}$  „0“ oder das „Tief“-Flag

$F_{S\_L}$  „0“ ist, die Pulsbreiten  $W_{R\_IN}$  und  $W_{R\_OUT}$  der inneren und äußeren Hinterräder beide auf „0“ gesetzt; wenn das Umdreh-Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  „1“ ist und die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens kleiner als „0“ ist, wird die Pulsbreite  $W_{F\_OUT}$  des äußeren Vorderrads auf „0“ gesetzt; und wenn das Zwangs-Druck-Abnahme-Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  „1“ ist, werden die Betätigungs-Modi der einzelnen Räder nicht auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt.

**[0303]** Der oben beschriebene Außer-Kraft-Setz-Vorgang des Betätigungsmodus und der Pulsbreite und ihre Ausnahme-Vorgänge werden in den Schritten S704 und S705 in der in [Fig. 35](#) gezeigten Routine gezeigt und nur ihre grundlegende Teile werden in den [Fig. 43](#) und [Fig. 44](#) veranschaulicht. Im Schritt S728 in [Fig. 43](#) wird bestimmt, ob die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens 10% überschritten hat. Wenn die Entscheidung JA lautet, ist der frühere Wert  $C_{SBM}$  der Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  größer als 10% (Schritt S729). Wenn diese Entscheidung auch JA lautet, was anzeigt, daß das Taktungs-Flag  $F_{OS}$  von „0“ auf „1“ verändert wurde, werden der Betätigungs-Modus und die Pulsbreite auf die oben beschriebene Art und Weise im nächsten Schritt S730 gesetzt.

**[0304]** Wenn die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  kleiner als -10% und der frühere Wert  $C_{SBM}$  der Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  auch kleiner als -10% ist, d.h. wenn die Entscheidungen in den Schritten S731 und S732 beide JA lauten, was anzeigt, daß das Taktungs-Flag  $F_{US}$  von „0“ auf „1“ verändert wurde, werden der Betätigungs-Modus und die Pulsbreite auf die oben beschriebene Art und Weise im nächsten Schritt S733 gesetzt.

**[0305]** Im Schritt S734 in [Fig. 44](#) wird bestimmt, ob das Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  „1“ und die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens kleiner als „0“ ist. Wenn die Entscheidung „JA“ lautet, wird die Druckabnahme des äußeren Vorderrads, aus der Drehrichtung des Fahrzeugs gesehen, gesperrt (Schritt S735). Es wird in Schritt S736 bestimmt, daß die Druckabnahme aller Räder gesperrt wird, wenn das Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  für die Zwangs-Druckverminderung „1“ ist und die Entscheidung JA lautet.

**[0306]** Wenn der Betätigungs-Modus und die Pulsbreite auf die oben beschriebene Art und Weise im Arithmetik-Operations-Abschnitt **220** gesetzt sind, werden sie dann einem Setz-Abschnitt **221** zugeführt (s. [Fig. 36](#)). Dieser Setz-Abschnitt **221** wird auch mit dem Dreh-Flag  $F_d$  und Start-Flag  $F_{ABS}(i)$  versorgt, woraufhin der Setz-Abschnitt **221** den Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  aller Räder, während das ABS in Betrieb ist, wie folgt setzt:

Wenn  $F_d = 1$   $M_{ABS}(1) = M_{F\_OUT}$ ,  $W_{ABS}(1) = W_{R\_OUT}$   $M_{ABS}(2) =$  Nicht-Steuer-Modus,  $W_{ABS}(2) = 0$   $M_{ABS}(3) = M_{R\_OUT}$ ,  $W_{ABS}(3) = W_{R\_OUT}$   $M_{ABS}(4) = M_{R\_IN}$ ,  $W_{ABS}(4) = W_{R\_IN}$

**[0307]** Wenn  $F_d = 0$   $M_{ABS}(1) =$  Nicht-Steuer-Modus,  $W_{ABS}(1) = 0$   $M_{ABS}(2) = M_{F\_OUT}$ ,  $W_{ABS}(2) = W_{F\_OUT}$   $M_{ABS}(3) = M_{R\_IN}$ ,  $W_{ABS}(3) = W_{R\_IN}$   $M_{ABS}(4) = M_{R\_OUT}$ ,  $W_{ABS}(4) = W_{R\_OUT}$ .

**[0308]** Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$ , die durch den Setz-Abschnitt **221** gesetzt werden, werden einem Antriebssignal-Außer-Kraft-Setz-Abschnitt **222** (siehe [Fig. 33](#)) zugeführt. Vor der Erklärung des Außer-Kraft-Setz-Abschnittes **222** wird der zuvor erwähnte Bestimmungs-Schaltkreis **209** zur Bestimmung des Beginns und Endes des ABS-Betriebs und ein „Tief“-Verarbeitungs-Abschnitt **223** beschrieben.

**[0309]** Der Bestimmungs-Schaltkreis **209**, dessen Details in [Fig. 45](#) veranschaulicht werden, weist ein UND-Gatter **224** auf. Eine Eingabe an das UND-Gatter **224** wird freigegeben, wenn die zuvor erwähnte Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$  kleiner als ein negativer vorbestimmter Wert in zwei Schritten wird. Dies bedeutet, daß das Start-Flag  $F_{START}(i) = 1$  einer Eingabeklemme des UND-Gatters **224** zugeführt wird. Die andere Eingabe an das UND-Gatter **224** wird freigegeben, wenn die Fahrzeuggrupp-Geschwindigkeit  $V_B$  gleich oder größer als z.B. 5 km/h ist. Die Ausgabe des UND-Gatters **224** wird einer Setz-Klemme eines Flip-Flops **225** und der Rücksetz-Klemme eines Flip-Flops **226** zugeführt.

**[0310]** Der Bestimmungs-Schaltkreis **209** weist ein ODER-Gatter **227** auf, dessen eine Eingabe freigegeben wird, wenn die Fahrzeuggrupp-Geschwindigkeit  $V_B$  gleich oder kleiner als z.B. 3 km/h ist. Die andere Eingabe des ODER-Gatters **227** wird freigegeben, wenn der an einem Positivwert gehaltenen Zustand der Bezugs-Veränderungsgröße  $Dp(i)$  für eine End-Bewertungs-Zeit fortfährt. Das heißt, daß ein Flag  $F_{E\_ING}(i) = 1$  (Freigabesignal), das den in Bearbeitung befindlichen Beendigungs-Vorgang anzeigt, der anderen Eingabeklemme des ODER-Gatters **227** zugeführt wird. Die Ausgabe des ODER-Gatters **227** wird der Setz-Klemme des Flip-Flops **226** zugeführt.

**[0311]** Das kontinuierliche Halten der Zustand der Bezugs-Veränderungsgröße  $DP(i)$  an einem Positivwert während der End-Bewertungszeit bedeutet, daß der Bremsdruck auf das Ziel-Rad schrittweise zunimmt, als

der Beendigungs-Vorgang nach der Betätigung des ABS (der Schrittweise-Druck-Zunahme-Vorgang schreitet fort).

**[0312]** Die Rücksetz-Klemme des Flip-Flops **225** ist mit der Ausgabeklemme des anderen ODER-Gatters **228** verbunden. Eine Eingabe an das ODER-Gatter **228** wird freigegeben, wenn der Bremsschalter  $SW_B$  (in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) nicht gezeigt), abgeschaltet wird. Die Ausgabe eines Bestimmungs-Abschnitts **229**, der den später zu erläuternden Schrittweise-Druck-Zunahme-Vorgang **229** bestimmt, wird der anderen Eingabe des ODER-Gatters **228** zugeführt.

**[0313]** Das zuvor erwähnte Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  wird von der Ausgabeklemme des Flip-Flops **225** ausgegeben und einer Eingabeklemme eines UND-Gatters **230** zugeführt. Die Ausgabe des Flip-Flops **226** wird der anderen Eingabeklemme des UND-Gatters **230** zugeführt.

**[0314]** Das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$ , das von den Flip-Flop-Ausgaben **225** ausgegeben wird, wird einer der Eingabeklemmen eines UND-Gatters **230** zugeführt. Die andere Eingabeklemme des UND-Gatters **230** wird mit der Ausgabe des Flip-Flops **226** versorgt.

**[0315]** Wenn beide Eingaben an das UND-Gatter **224** im Bestimmungs-Schaltkreis **209** freigegeben und die ABS-Betrieb-Start-Bedingungen erfüllt sind, wird „1“ auf die Start-Flags  $F_{START}(i)$  der dazugehörigen Räder gesetzt und jene Start-Flags  $F_{START}(i)$  werden der Setz-Klemme des Flip-Flops **225** zugeführt. Daher setzt das Flip-Flop **225** den Wert des Start/End-Flags  $F_{ABS}(i)$  entsprechend dem Start-Flag  $F_{START}(i) = 1$  auf „1“ und gibt das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  aus. Das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  wird auch dem UND-Gatter **230** zugeführt.

**[0316]** Unter Bezugnahme auf das Beendigungs-Flag  $F_{E\_ING}(i)$  wird die End-Bewertungszeit durch die Anzahl der Ziel-Räder für die Bremsdruck-Steuerung durch das ABS verändert. Z.B. wird die Bewertungszeit auf 1,5 sec gesetzt, wenn die Anzahl der Ziel-Räder des ABS-Betriebs **3** oder mehr beträgt, und sie wird auf 200 msec gesetzt, wenn die Anzahl der Ziel-Räder **2** oder weniger beträgt. Die Anzahl der Ziel-Räder für den ABS-Betrieb kann aus der Anzahl des Start/End-Flags  $F_{ABS}(i)$ , dessen Werte auf „1“ gesetzt werden, oder die Radanzahl  $N_{ABS}$ , die später erörtert wird, erhalten werden.

**[0317]** Das Start-Flag  $F_{START}(i) = 1$ , das vom UND-Gatter **224** ausgegeben wird, wird auch der Rücksetz-Klemme des Flip-Flops **226** zugeführt. In diesem Fall führt, nachdem der Wert eines Inversions-Flags  $F_{ABS}(i)$ , der dem Start-Flag  $F_{START}(i) = 1$  entspricht, auf „0“ zurückgesetzt wird, das Flip-Flop **226** dem UND-Gatter **230** das Inversions-Flag  $F_{ABS}(i)$  zu. Daher gibt es keine Start-Flags  $F_{START}(i)$  und Inversions-Flags  $F_{ABS}(i)$  von denen die entsprechenden Eingaben an das UND-Gatter **230** die Werte von „1“ haben, so daß das UND-Gatter **230** keine Ausgabe ausgibt.

**[0318]** Wenn der Fahrer den Druck auf das Bremspedal freigibt und der Bremsschalter  $SW_B$  in dieser Lage abgeschaltet ist, wird das Rücksetz-Signal vom ODER-Gatter **228** der Rücksetz-Klemme des Flip-Flops **225** zugeführt. Zu diesem Zeitpunkt werden die Werte der Start/End-Flags  $F_{ABS}(i)$ , die vom Flip-Flop **225** ausgegeben werden, alle auf „0“ zurückgesetzt. Das UND-Gatter **230** gibt in diesem Fall auch keine Ausgabe aus.

**[0319]** Wenn eine der Eingaben des ODER-Gatters **227** freigegeben ist ( $V_B \leq 3$  km/h), wobei irgendeines der Start/End-Flags  $F_{ABS}(i)$  auf „1“ gesetzt ist, werden die Bedingungen zur Beendigung des ABS-Betriebs erfüllt. In diesem Fall werden die Beendigungs-Flags  $F_{E\_ING}(i)$ , deren Werte alle auf „1“ gesetzt sind, vom ODER-Gatter **227** ausgegeben. Wenn irgendeines der Werte der Beendigungs-Flags  $F_{E\_ING}(i)$ , das dem ODER-Gatter **227** zugeführt wird, auf „1“ gesetzt ist, wird das auf „1“ gesetzte Beendigungs-Flag  $F_{E\_ING}(i)$  direkt vom ODER-Gatter **227** ausgegeben, und diese Ausgabe wird der Setz-Klemme des Flip-Flops **226** zugeführt.

**[0320]** Beim Erhalten des Beendigungs-Flags  $F_{E\_ING}(i) = 1$ , setzt das Flip-Flop **226** den Wert des entsprechenden Inversions-Flags  $F_{ABS}(i)$  auf „1“ und führt es dem UND-Gatter **230** zu. Da es einige der Start-Flags  $F_{START}(i)$  und der Inversions-Flags  $F_{ABS}(i)$  gibt, von denen die entsprechenden Eingaben zum UND-Gatter **230** Werte von „1“ haben, wird die Anzahl der Flags mit den Werten „1“ oder die Radanzahl  $N_{ABS}$ , die die Anzahl der Ziel-Räder für den ABS-Betrieb anzeigt, vom UND-Gatter **230** ausgegeben.

**[0321]** Die Räderanzahl  $N_{ABS}$  wird dem zuvor erwähnten Bestimmungs-Abschnitt **229** zugeführt, der ein Endsignal ausgibt, das ein Freigabesignal für das ODER-Gatter **228** anzeigt, wenn die Räderanzahl  $N_{ABS}$  **2** oder kleiner ist. In diesem Fall führt daher das ODER-Gatter **228** das Rücknetz-Signal zur Rücknetz-Klemme des Flip-Flops **225**, während gleichzeitig die Werte der Start/End-Flags  $F_{ABS}(i)$ , die vom Flip-Flop **225** ausgegeben werden, alle auf „0“ zurückgesetzt werden. Wenn die Räderanzahl  $N_{ABS}$  gleich oder größer als „3“ ist, gibt je-

doch der Bestimmungs-Abschnitt **229** das Endsignal nicht aus. Wenn der Bremsschalter  $SW_B$  ausgeschaltet ist, wird daher das Rücknetz-Signal zur Rücknetz-Klemme des Flip-Flops **225** vom ODER-Gatter **228** ausgegeben.

**[0322]** Daraus folgt, daß der vorher erwähnte Schrittweise-Druck-Zunahme-Vorgang nicht ausgeführt ist, wenn der ABS-Betrieb beendet wird, während die Bedingung: Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B \leq 3$  km/h oder  $N_{ABS} \leq 2$  erfüllt ist.

**[0323]** [Fig. 46](#) zeigt die Einzelheiten des zuvor erwähnten „Tief“-Auswahl-Verarbeitungs-Abschnitts **223**. Dieser Verarbeitungs-Abschnitt **223** weist drei Schalter **231**, **232** und **234** auf, die in Übereinstimmung mit den Werten der dazugehörigen Flags betätigt werden. Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(3)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(3)$  des linken Hinterrads werden, wenn der ABS-Betrieb durchgeführt wird, jeweils einer der Eingabeklemmen des Schalters **231** und **233** zugeführt. Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(4)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(4)$  des rechten Hinterrads werden, wenn der ABS-Betrieb durchgeführt wird, jeweils der anderen Eingabeklemme des Schalters **231** und einer Eingabeklemme des Schalters **232** zugeführt. Die Ausgabeklemme des Schalters **231** wird mit den anderen Eingabeklemmen der Schalter **232** und **233** verbunden. Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(3)$ , die Pulsbreite  $W_{ABS1}(3)$ , der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(4)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(4)$  werden auf die oben beschriebene Art und Weise gesetzt und berechnet. Wie aus der [Fig. 46](#) ersichtlich, passieren die Betätigungs-Modi und Pulsbreiten des linken und rechten Vorderrads, nämlich  $M_{ABS1}(1)$ ,  $W_{ABS1}(1)$ ,  $M_{ABS1}(2)$  und  $W_{ABS1}(2)$ , direkt den Verarbeitungs-Abschnitt **223**.

**[0324]** Der Verarbeitungs-Abschnitt **223** umfaßt einen Tiefseiten-Bestimmungs-Abschnitt **234**, der mit dem Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  versorgt wird, zusätzlich zum Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(3)$  und zur Pulsbreite  $W_{ABS1}(3)$  des linken Hinterrads und zum Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(4)$  und zur Pulsbreite  $W_{ABS1}(4)$  des rechten Hinterrads.

**[0325]** In Ausführung der „Tief“-Auswahl-Steuerung der Hinterräder während des ABS-Betriebs bestimmt der Bestimmungs-Abschnitt **234** zunächst das Tiefseiten-Hinterrad. Grundsätzlich wird, wie im Taktungs-Diagramm der [Fig. 47](#) gezeigt, jenes des rechten oder linken Hinterrads, das den Bremsdruck-Abnahme-Befehl erhält, als das Tiefseiten-Hinterrad bestimmt. Wenn z.B. das linke Hinterrad die Tiefseite ist, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **234** das Tiefseiten-Flag  $F_{LS}$  auf „0“ zurück und führt es zum Schalter **231**. Wenn das rechte Hinterrad die Tiefseite ist, setzt andererseits der Bestimmungs-Abschnitt **234** das Tiefseiten-Flag  $F_{LS}$  auf „1“ und führt es dann dem Schalter **231** zu.

**[0326]** Die Bestimmung, ob das linke und rechte Hinterrad den Bremsdruck-Abnahme-Befehl erhalten haben oder nicht, kann auf der Grundlage der Betätigungs-Modi  $M_{ABS1}(3)$  und  $M_{ABS1}(4)$  und der Pulsbreiten  $W_{ABS1}(3)$  und  $W_{ABS1}(4)$  durchgeführt werden. Wenn das rechte und linke Hinterrad gleichzeitig den Bremsdruck-Abnahme-Befehl erhalten, wird bestimmt, daß das Hinterrad, dessen Pulsbreite länger ist, die Tiefseite ist.

**[0327]** Der Schalter **231** wird in Übereinstimmung mit dem Wert des Tiefseiten-Flags  $F_{LS}$  verrückt. Wenn der Schalter **231** das Tiefseiten-Flag  $F_{LS} = 0$  erhält (das linke Hinterrad ist die Tiefseite), werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(3)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(3)$  des linken Hinterrads den anderen Eingabeklemmen der Schalter **232** und **233** von der Ausgabeklemme des Schalters **231** zugeführt. Wenn der Schalter **231** das Tiefseiten-Flag  $F_{LS} = 1$  erhält (das rechte Hinterrad ist die Tiefseite), werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(4)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(4)$  des rechten Hinterrads den anderen Eingabeklemmen der Schalter **232** und **233** jeweils von der Ausgabeklemme des Schalters **231** zugeführt.

**[0328]** Der Verarbeitungs-Abschnitt **223** weist weiterhin einen Bestimmungs-Abschnitt **235** zur Berechnung einer geschätzten Quer-Beschleunigung auf. Dieser Berechnungs-Abschnitt **235** berechnet die geschätzte Quer-Beschleunigung  $G_{YE}$  auf der Grundlage der Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  und der Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  gemäß der folgenden Gleichung:

$$G_{YE} = \gamma_t \times V_B$$

**[0329]** Der Verarbeitungs-Abschnitt **223** umfaßt weiterhin einen Bestimmungs-Abschnitt **236** zur Bestimmung der Schaltung der „Tief“-Auswahl. Der Bestimmungs-Abschnitt **236** wird mit der geschätzten Quer-Beschleunigung  $G_{YE}$ , der Giergeschwindigkeit  $\gamma$ , der Quer- $G_Y$  und der Start/End-Flags  $F_{ABS}(3)$  und  $F_{ABS}(4)$  für das linke und rechte Hinterrad versorgt. Auf der Grundlage jener Eingaben, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **236** den Wert des zuvor erwähnten „Tief“-Auswahl-Flags  $F_{S\_L}$ . Die Setz-Routine für das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  wird im Schritt S706 in der Routine der [Fig. 35](#) durchgeführt und ihre Details werden in [Fig. 48](#) veranschaulicht.

**[0330]** Im Flußdiagramm der [Fig. 48](#) wird als erstes das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  auf „0“ zurückgesetzt (Schritt S738), woraufhin bestimmt wird, ob der Absolutwert der geschätzten Quer-Beschleunigung  $G_{YE}$  z.B. kleiner als 0,2 g ist (Schritt S739). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird vorausgesagt, daß das Fahrzeug geradeaus fährt. Danach wird bestimmt, ob die seit dem Start des ABS-Betriebs auf einem Hinterrad abgelaufene Zeit innerhalb von 500 msec ist (Schritt S740). In bezug auf die Bestimmung in diesem Schritt S740 ist insbesondere die Zeit, die nach dem Setzen eines der Start/End-Flags  $F_{ABS}(3)$  und  $F_{ABS}(4)$  des linken und rechten Hinterrads auf „1“ abgelaufen ist, innerhalb von 500 msec.

**[0331]** Wenn die Entscheidung im Schritt S740 JA lautet, wird „1“ auf das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  gesetzt (Schritt S741). Selbst wenn die Entscheidung im Schritt S740 NEIN lautet, wird „1“ auf das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  gesetzt, wenn bestimmt wird, ob der Absolutwert der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  z.B. größer als 5 Grad/s ist (Schritt S742) und die Entscheidung hier (Schritt S742) JA wird, d.h. wenn die Drehbewegung des Fahrzeugs instabil ist. Wenn die Entscheidung im Schritt S379 oder S742 NEIN wird, wird das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  auf „0“ gehalten. Selbst wenn sich die Fahrzeugrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  im Hochgeschwindigkeitsbereich befindet, die Quer- $G_Y$  klein oder die Längs- $G_x$  groß ist, wird das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$  auf „1“ gesetzt.

**[0332]** Wie aus [Fig. 46](#) ersichtlich, wird das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L}$ , das im Bestimmungs-Abschnitt **236** gesetzt wurde, den Schaltern **232** und **233** zugeführt. Wenn das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L} = 1$  jenen Schaltern **232** und **233** zugeführt wird, werden die Schalter **232** und **233** in die dargestellten Lagen verrückt, so daß der Betätigungs-Modus und die Pulsbreite des Tiefseiten-Hinterrads, die in Übereinstimmung mit dem Wert des Tiefseiten-Flags  $F_{LS}$  bestimmt werden, von den Ausgabeklemmen der Schalter **232** und **233** ausgegeben werden. Wenn das „Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L} = 0$  jenen Schaltern **232** und **233** zugeführt wird, werden jedoch die Schalter **232** und **233** aus den dargestellten Lagen verrückt. Folglich werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(3)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(3)$  des linken Hinterrads und der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(4)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(4)$  des rechten Hinterrads jeweils von den Ausgabeklemmen der Schalter **232** und **233** ausgegeben, so daß der Bremsdruck auf das rechte und linke Hinterrad unabhängig gesteuert wird.

**[0333]** Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(1)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(1)$ , die vom „Tief“-Auswahl-Verarbeitungs-Abschnitt **223** ausgegeben werden, werden dem zuvor erwähnten Antriebssignal-Außer-Kraft-Setz-Abschnitt **222** zugeführt (s. [Fig. 33](#)). Der Außer-Kraft-Setz-Abschnitt **222** wird ebenfalls mit dem Betätigungs-Modus  $M_{ABS0}(i)$  und der Pulsbreite  $W_{ABS0}(i)$  versorgt, die vom Giermoment-Berechnungs-Abschnitt **211** ausgegeben werden. Der Außer-Kraft-Setz-Abschnitt **222** wählt ein Paar der Betätigungs-Modi und Pulsbreiten auf der Grundlage der zuvor erwähnten Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  und des Bremsschalters  $SW_B$  und gibt den ausgewählten Betätigungs-Modus und die ausgewählte Pulsbreite als Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  aus.

**[0334]** Insbesondere wenn eines dieser Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  auf von „0“ auf „1“ geändert und der Bremsschalter  $SW_B$  freigegeben wird (wenn das Bremspedal gedrückt wird), werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS0}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS0}(i)$  als Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  ausgewählt.

**[0335]** Das heißt,

$$M_{ABS}(i) = M_{ABS0}(i)$$

$$W_{ABS}(i) = W_{ABS0}(i)$$

**[0336]** Bei anderen Bedingungen als die zuvor Erwähnten werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(i)$  als Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  gewählt.

**[0337]** Das heißt

$$M_{ABS}(i) = M_{ABS1}(i)$$

$$W_{ABS}(i) = W_{ABS1}(i)$$

#### Auswahl des Steuersignals

**[0338]** Unter erneuter Bezugnahme auf die [Fig. 3](#) ist es ersichtlich, daß der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$ , die vom zuvor erwähnten Zusammenwirkungs-Steuerblock **200** ausgegeben werden, und der Betätigungs-Modus  $M_Y(i)$  und die Pulsbreite  $W_Y(i)$ , die vom Giermoment-Steuerblock **78** ausgegeben

werden, einem Steuersignal-Auswahlblock **140** zugeführt werden. [Fig. 49](#) zeigt die Einzelheiten dieses Auswahlblocks **140**. Der Auswahlblock **140** ist ein Äquivalent zum Schritt S8 in der Haupt-Routine der [Fig. 4](#).

**[0339]** Der Auswahlblock **140** weist fünf Schalter **142-146** auf. Der Schalter **142** hat zwei Eingabeklemmen, von denen eine mit dem Betätigungs-Modus  $My(i)$  für die Giermomentsteuerung und die andere mit dem Betätigungs-Modus  $M_{DB}(i)$  versorgt wird, der in Verbindung mit den Vorder- und Hinterrädern in die Bremskraft-Zuordnungs-Steuerung gesetzt wird. Die Bremskraft-Zuordnungs-Steuerung wird im weiteren kurz jedoch nicht ausführlich erläutert. In der Bremskraft-Zuordnungs-Steuerung wird als erstes auf der Grundlage der relativen Rutschgrößen der Hinterräder in bezug auf die Vorderräder und der Radgeschwindigkeiten  $V_w(3)$  und  $V_w(4)$  der Hinterräder bestimmt, ob das Rutschen der Hinterräder Überhand nimmt. Wenn die Entscheidung JA lautet, d.h. wenn das Rutschen der Hinterräder Überhand nimmt, wird der Halte-Modus als Betätigungs-Modus  $M_{DB}(3)$  und  $M_{DB}(4)$  für die Hinterräder gesetzt. In diesem Fall werden der Betätigungs-Modus  $M_{DB}(1)$  und  $M_{DB}(2)$  für die Vorderräder im Nicht-Steuer-Modus gehalten.

**[0340]** Der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$ , der in der ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung gesetzt ist, wird einer Eingabeklemme des Schalters **143** zugeführt, dessen andere Eingabeklemme mit der Ausgabeklemme des Schalters **142** verbunden ist. In Übereinstimmung mit der geschalteten Stellung des Schalters **142** wird daher einer der Betätigungs-Modi  $My(i)$  und  $M_{DB}(i)$  der anderen Eingabeklemme des Schalters **143** zugeführt. Die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$ , die in der ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung gesetzt ist, wird einer Eingabeklemme des Schalters **144** zugeführt, dessen andere Eingabeklemme mit der Pulsbreite  $Wy(i)$ , die in der Giermomentsteuerung gesetzt ist, versorgt wird. Ein Wert „1“ wird einer Eingabeklemme des Schalters **145** zugeführt, dessen andere Eingabe mit dem Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  und  $F_{VD2}$ , die in Übereinstimmung mit der Giermomentsteuerung gesetzt sind, versorgt wird. Wenn der Schalter **145** aus der dargestellten Stellung verrückt wird, werden die Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  und  $F_{VD2}$  zwangsweise auf „1“ gesetzt. Das Betätigungs-Flag  $F_{M_{ABS}}$  (s. den Bestimmungs-Abschnitt **210** in [Fig. 33](#)) für die ABS-Bremsdrucksteuerung wird einer Eingabeklemme des Schalters **146** zugeführt. Mit der anderen Eingabeklemme des Schalters **146** verbunden ist die Ausgabeklemme eines ODER-Gatters **147**, dessen zwei Eingabeklemmen jeweils mit dem Betätigungs-Flag  $F_{M_{ABS}}$  und dem Betätigungs-Flag  $F_{MTR}$ , die in der Giermomentsteuerung gesetzt sind, versorgt werden.

**[0341]** Der Schalter **142** wird durch den Wert eines Flags geschaltet, das vom Bestimmungs-Abschnitt **141** ausgegeben wird, und die Schalter **143-146** werden durch Flag-Werte geschaltet, die von einem Bestimmungs-Abschnitt **148** ausgegeben werden. Genauer gesagt, setzt der Bestimmungs-Abschnitt **141** ein Schalter-Flag  $F_{YD}$  auf „1“ und führt es dem Schalter **142** zu, wenn der Betätigungs-Modus  $My(i)$  nicht der Nicht-Steuer-Modus ist. Beim Empfang des Schalter-Flags  $F_{YD} = 1$ , wird der Schalter **142** aus der dargestellten Stellung geschaltet, um den Betätigungs-Modus  $My(i)$  auszugeben.

**[0342]** Der Bestimmungs-Abschnitt **148** hat ein ODER-Gatter **149**, dessen eine Eingabeklemme mit einem Bestimmungs-Abschnitt **151** verbunden ist. Wenn die ABS-Bremsdrucksteuerung an drei oder mehr Rädern stattfindet, setzt dieser Bestimmungs-Abschnitt **151** ein Schalter-Flag  $F_{ABS\_ON}(i)$ , das dem unter Bremsdrucksteuerung befindlichen Rad entspricht, auf „1“ und führt das Flag einer Eingabeklemme des ODER-Gatters **149** zu. Das Schalter-Flag  $F_{ABS\_ON}(i)$  wird auch den Schaltern **145** und **146** zugeführt. Die andere Eingabeklemme des ODER-Gatters **149** ist mit einem Bestimmungs-Abschnitt **152** verbunden, der ein Schalter-Flag  $F_{YND}(i)$  für das Rad, dessen Betätigungs-Modus  $My(i)$  nicht der Druck-Abnahme-Modus ist, auf „1“ und gibt dieses Flag an die andere Eingabeklemme des ODER-Gatters **149** aus. Wenn das Schalter-Flag  $F_{ABS\_ON}(i)$  oder  $F_{YND}(i)$  durch den Bestimmungs-Abschnitt **151** oder **152** auf „1“ gesetzt wird, setzt daher das ODER-Gatter **149** ein Schalter-Flag  $F_{ABS\_Y}(i)$  für das dazu gehörige Rad auf „1“ und gibt es aus. Die Ausgabeklemme des ODER-Gatters **149** ist mit einer Eingabeklemme eines UND-Gatters **150** verbunden, dessen andere Eingabeklemme mit einem Bestimmungs-Abschnitt **153** verbunden ist. Der Bestimmungs-Abschnitt **153** setzt ein Schalter-Flag  $F_{ABS\_E}(i)$  für das Rad, dessen Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  nicht der Nicht-Steuer-Modus ist, auf „1“ und gibt das Flag an die andere Eingabeklemme des UND-Gatters **150** aus. Das UND-Gatter **150** setzt ein Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i)$  für das Rad, dessen dazu gehörige Schalter-Flags  $F_{ABS\_Y}(i)$  und  $F_{ABS\_E}(i)$  beide auf „1“ gesetzt sind, auf „1“ und führt es den Schaltern **143** und **144** zu.

**[0343]** Wenn die ABS-Bremsdrucksteuerung auf drei oder mehr Räder stattfindet, versorgt der Bestimmungs-Abschnitt **151** im Bestimmungs-Abschnitt **148** die Schalter **145** und **146** sofort mit dem Schalter-Flag  $F_{ABS\_ON} = 1$ . Wenn der Schalter **145** von der dargestellten Stellung geschaltet wird, wird das Betätigungs-Flag  $F_{V1} = F_{V2} = 1$  von der Ausgabeklemme des Schalters **145** ausgegeben. Wenn der Schalter **146** in ähnlicher Weise von der dargestellten Stellung geschaltet ist, wird das Betätigungs-Flag  $F_{M_{ABS}}$  als Betätigungs-Flag  $F_M$  von der Ausgabeklemme des Schalters **146** ausgegeben. Wenn das Schalter-Flag  $F_{ABS\_ON} = 0$  den Schaltern **145** und **146** zugeführt wird, gibt andererseits der Schalter **145** die Betätigungs-Flags  $F_{VD1}$  und  $F_{VD2}$  als Betäti-

gungs-Flags  $F_{V1}$  und  $F_{V2}$  aus und der Schalter **146** gibt die Betätigungs-Flags  $F_{MTR}$  oder  $F_{M\_ABS}$  als Betätigungs-Flag  $F_M$  aus.

**[0344]** Wenn die Eingabebedingungen des UND-Gatters **150** erfüllt sind, wird das Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i) = 1$  den Schaltern **143** und **144** vom UND-Gatter **150** zugeführt. In diesem Fall gibt der Schalter **143** den Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  des Rades, das dem Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i) = 1$  entspricht, und den Betätigungs-Modus  $My(i)$  oder  $M_{DB}(i)$  des Rades, das dem Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i) = 0$  entspricht, als Betätigungs-Modi  $MM(i)$  aus. Der Schalter **144** gibt die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  des Rades, das dem Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i) = 1$  entspricht, und die Pulsbreite  $Wy(i)$  des Rades, das dem Schalter-Flag  $F_{A\_Y}(i) = 0$  entspricht, als Pulsbreiten  $WW(i)$  aus.

**[0345]** Wie aus den obigen Erklärungen ersichtlich, werden die Ausgaben der Schalter **143** und **144** in Übereinstimmung mit dem Status des ABS-Betriebs und dem Status der Giermomentsteuerung gewählt. Eine solche Ausgabe-Auswahl-Routine wird im Schritt S8 in der Haupt-Routine der [Fig. 4](#) durchgeführt. Der grundlegende Teil von Schritt S8 oder der funktionelle Teil des Bestimmungs-Abschnittes **148** wird im Flußdiagramm der [Fig. 50](#) veranschaulicht. Wie aus [Fig. 50](#) ersichtlich, wird als erstes bestimmt, ob der Betätigungs-Modus  $My(i)$  unter der Giermomentsteuerung ein Nicht-Steuer-Modus ist (Schritt S801). Wenn die Entscheidung JA lautet und die Giermomentsteuerung auszuführen ist, wird dann bestimmt, ob das ABS an drei oder mehr Rädern arbeitet oder ob der Betätigungs-Modus  $My(i)$  nicht der Druck-Abnahme-Modus ist und ob der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  unter der ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung nicht der Nicht-Steuer-Modus ist (Schritt S802). Wenn die Entscheidung in diesem Schritt JA lautet, werden jeweils der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  für die Zusammenwirkungs-Steuerung als Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und als Pulsbreite  $WW(i)$  gesetzt (Schritt S803).

**[0346]** Wenn andererseits die Entscheidung im Schritt S802 NEIN lautet, werden der Betätigungs-Modus  $My(i)$  und die Pulsbreite  $Wy(i)$  für die Giermomentsteuerung jeweils als Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und Pulsbreite  $WW(i)$  gesetzt (Schritt S804).

#### Anfangs-Setzen der Antriebssignale

**[0347]** Wenn der Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und die Pulsbreite  $WW(i)$  vom Ventil-Steuersignal-Auswahl-Block **140** ausgegeben werden, werden sie einem Anfangs-Setz-Abschnitt **302** (Schritt S9 in [Fig. 4](#)) für die Antriebssignale in [Fig. 3](#) zugeführt. Dieser Abschnitt **302** setzt den Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und die Pulsbreite  $WW(i)$  als einen eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und eine eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  und gibt einen Anfangswert an die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$ .

**[0348]** Schritt S9 ist detailliert in [Fig. 51](#) dargestellt. Wie in [Fig. 51](#) ersichtlich, ist der Betätigungs-Modus  $MM(i)$  erkannt (Schritt S902), nachdem als erstes ein Unterbrechungs-Sperr-Vorgang ausgeführt wird (Schritt S901).

**[0349]** Wenn das Erkennungsergebnis in Schritt S902 der Nicht-Steuer-Modus ist, wird der Druck-Zunahme-Modus als eigentlicher Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  gesetzt, und die Steuerperiode  $T$  (= 8 msec) in der Haupt-Routine als eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt (Schritt S903). Nachdem ein Unterbrechungs-Zulassungs-Vorgang durchgeführt ist (Schritt S904), wird diese Routine beendet.

**[0350]** Wenn das Erkennungsergebnis in Schritt S902 der Druck-Zunahme-Modus ist, wird bestimmt, ob der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist (Schritt S905). Da der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesetzt wurde, wird die Entscheidung NEIN. In diesem Fall wird der Betätigungs-Modus  $MM(i)$  oder der Druck-Zunahme-Modus als eigentlicher Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  gesetzt und die Pulsbreite  $WW(i)$  als eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt (Schritt S906). Danach wird diese Routine beendet, nachdem der Schritt S904 durchlaufen wurde.

**[0351]** Wenn die Entscheidung im Schritt S902 den Betätigungs-Modus  $MM(i)$  zeigt, der als Druck-Zunahme-Modus gehalten wird, wenn die Routine das nächste Mal wiederholt durchgeführt wird, wird die Entscheidung im Schritt S905 JA. In diesem Fall wird bestimmt, ob die Pulsbreite  $WW(i)$  größer als die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  ist (Schritt S907). Da die Haupt-Routine mit jeder Steuerperiode  $T$  ausgeführt wird, wird die Pulsbreite  $WW(i)$  mit jeder Steuerperiode  $T$  erneut gesetzt. Wenn das Einlaß- oder Auslaßventil **12** oder **13** eigentlich betätigt wird, nimmt jedoch die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  in Übereinstimmung mit der Betätigung jenes Ventils ab, wie später erörtert werden wird. Wenn die Entscheidung im Schritt S907 zeigt, daß die neuerlich gesetzte Pulsbreite  $WW(i)$  gegenwärtig länger als die verbleibende eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  ist, wird daher die neuerlich gesetzte Pulsbreite  $WW(i)$  als eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt (Schritt S908). Wenn die Ent-

scheidung im Schritt S907 NEIN lautet, wird andererseits die verbleibende eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  beibehalten, ohne daß die neuerlich gesetzte Pulsbreite  $WW(i)$  als eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt wird.

**[0352]** Wenn die Entscheidung im Schritt S902 den Druck-Abnahme-Modus anzeigt, wird die Folge der Schritte S909 bis S912 ausgeführt, um den eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  auf dieselbe Art und Weise, wie im zuvor erwähnten Fall des Druck-Zunahme-Modus getan, durchgeführt.

**[0353]** Wenn die Entscheidung im Schritt S902 den Halte-Modus anzeigt, wird der Halte-Modus als eigentlicher Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  gesetzt (Schritt S913).

#### Ausgabe der Antriebssignale

**[0354]** Wenn der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  auf die oben beschriebene Art und Weise gesetzt werden, werden sie vom Anfangs-Setz-Abschnitt **302** an einen Ventil-Betätigungs-Abschnitt **304** ausgegeben, um die Antriebssignale in [Fig. 3](#) zu erzeugen, und Schritt S10 ([Fig. 4](#)) wird ausgeführt.

**[0355]** In Schritt S10 werden die Antriebssignale für die Abschlußventile **19** und **20** und den Motor **18** auch ausgegeben, und zwar auf der Grundlage der Betätigungs-Flags  $F_{V1}$  und  $F_{V2}$  und des Flags  $F_M$ , die in der zuvor erwähnten Steuersignal-Auswzusätzlich zum eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und zur eigentlichen Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt sind.

**[0356]** Wenn das Betätigungs-Flag  $F_{V1}$  auf „1“ gesetzt ist, wird das Antriebssignal zum Schließen des Abschlußventils **19** ausgegeben, und das Antriebssignal zum Schließen des Abschlußventils **20** ausgegeben, wenn das Betätigungs-Flag  $F_{V2}$  auf „1“ gesetzt ist. Wenn die Betätigungs-Flags  $F_{V1}$  und  $F_{V2}$  auf „0“ zurückgesetzt werden, werden die Abschlußventile **19** und **20** offen gehalten. Wenn das Betätigungs-Flag  $F_M$  auf „1“ gesetzt wird, wird das Antriebssignal zur Betätigungs des Motors **18** ausgegeben, und der Motor **18** nicht angetrieben, wenn das Betätigungs-Flag  $F_M$  auf „0“ zurückgesetzt wird.

#### Betätigung der Einlaß- und Auslaßventile

**[0357]** Wenn der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  dem Ventil-Betätigungs-Abschnitt **304** zugeführt werden, betätigt dieser Betätigungs-Abschnitt **304** die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** in Übereinstimmung mit einer Betätigungs-Routine, die in [Fig. 52](#) dargestellt ist. Die Betätigungs-Routine der [Fig. 52](#) wird mit dem Zyklus von 1 msec unabhängig von der Haupt-Routine der [Fig. 4](#) ausgeführt.

**[0358]** In der Betätigungs-Routine wird als erstes der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  erkannt (Schritt S1001). Wenn dieses Erkennungsergebnis anzeigt, daß der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  der Druck-Zunahme-Modus ist, wird bestimmt, ob die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  größer als „0“ ist (Schritt S1002). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird das Einlaßventil **12** des dazu gehörigen Rades geöffnet und das Auslaßventil **13** des dazu gehörigen Rades geschlossen, und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  wird durch den Ausführungszyklus der Betätigungs-Routine verringert (Schritt S1003). Wenn Schritt S1003 ausgeführt wird, vergrößert sich daher der Bremsdruck des dazu gehörigen Rades, wenn der Motor **18** bereits betätigt wurde und die dazu gehörigen Abschlußventile **19** oder **20** geschlossen sind.

**[0359]** Wenn die Entscheidung im Schritt S1002 NEIN wird, während die Betätigungs-Routine wiederholt ausgeführt wird, wobei der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  auf dem Druck-Zunahme-Modus gehalten wird, werden die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** des dazu gehörigen Rades beide geschlossen und der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  auf den Halte-Modus gesetzt (Schritt S1004).

**[0360]** Wenn die Erkennung in Schritt S1001 zeigt, daß der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  der Druck-Abnahme-Modus ist, wird bestimmt, ob die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  größer als „0“ ist (Schritt S1005). Wenn die Entscheidung JA lautet, wird das Einlaßventil **12** des dazu gehörigen Rades geschlossen und das Auslaßventil **13** des dazu gehörigen Rades geöffnet, und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  wird durch den Ausführungszyklus der Betätigungs-Routine verringert (Schritt S1006). Während Schritt S1006 ausgeführt wird, verringert sich daher der Bremsdruck des dazu gehörigen Rades.

**[0361]** Wenn die Entscheidung im Schritt S1005 NEIN wird, während die Betätigungs-Routine wiederholt aus-

geführt wird, wobei der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  auf dem Druck-Abnahme-Modus gehalten wird, werden die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** des dazu gehörigen Rades beide geschlossen und der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  auf den Halte-Modus gesetzt (Schritt S1007).

**[0362]** Wenn diese Erkennung im Schritt S1001 zeigt, daß der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  der Halte-Modus ist, werden die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** des dazu gehörigen Rades beide geschlossen (Schritt S1008).

**[0363]** [Fig. 53](#) zeigt das Verhältnis zwischen dem Betätigungs-Modus  $MM(i)$ , der Pulsbreite  $WW(i)$ , dem eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und der eigentlichen Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  in Form eines Zeitdiagramms.

**[0364]** Die Giermomentsteuerung und die ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung werden nun der Reihe nach beschrieben.

#### Effektivität der Giermomentsteuerung

**[0365]** Wenn diese Steuerung an die Räder angelegt wird, die sich auf der Diagonallinie des Fahrzeugs befinden:

Es wird angenommen, daß das Fahrzeug gegenwärtig fährt und die Haupt-Routine der [Fig. 4](#) wiederholt ausgeführt wird. In dieser Situation macht das Fahrzeug eine Rechtsdrehung, wenn das Umdreh-Flag  $F_d$  auf „1“ auf der Grundlage des Lenkradwinkels  $\theta$  und der Giergeschwindigkeit  $\dot{\gamma}$  in der Drehbestimmungs-Routine der [Fig. 6](#) gesetzt ist.

#### (a) Während der Rechtsdrehung des Fahrzeugs

**[0366]** Wenn das notwendige Giermoment  $\dot{\gamma}_d$  daraufhin in Schritt S5 der Haupt-Routine erhalten und die Giermomentsteuerung in Schritt S6 ausgeführt wird, wird die Steuer-Modus-Auswahl-Routine unter der Bedingung, daß das Freigabe-/Sperrflag Freigabe-/Sperrflag  $F_{ymc}$  auf „1“ gesetzt ist (s. Bestimmungsschaltkreis der [Fig. 25](#)) in dieser Giermomentsteuerung durchgeführt. Mit anderen Worten wird der Steuer-Modus  $M(i)$  für jedes Rad in Übereinstimmung der Auswahl-Routine der [Fig. 23](#) gesetzt.

**[0367]** Da angenommen wird, daß sich das Fahrzeug nach rechts dreht, wird die Entscheidung in Schritt S601 in der Auswahl-Routine der [Fig. 23](#) JA und die den Schritt S602 folgenden Schritte werden ausgeführt.

#### (b) Rechtsdrehung des Fahrzeugs mit Untersteuer-Neigung

**[0368]** Wenn die Entscheidung in Schritt S602 JA lautet, d.h. wenn das Steuer-Ausführungs-Flag  $F_{cus}$  auf „1“ gesetzt ist und das Fahrzeug eine starke Untersteuer-Neigung zeigt, wird der Steuer-Modus  $M(1)$  des linken Vorderrads (äußeres Vorderrad)  $FW_L$  auf den Druck-Abnahme-Modus und der Steuer-Modus  $M(4)$  des rechten Hinterrads (inneres Hinterrad)  $RW_R$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt. Die Steuer-Modi  $M(2)$  und  $M(3)$  der anderen Räder werden auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt (s. Tabelle 1 und Schritt S603).

**[0369]** Danach wird der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  auf der Grundlage des Steuer-Modus  $M(i)$  und des notwendigen Giermoment  $\dot{\gamma}_d$  eines jeden Rades (s. die Setz-Routine in [Fig. 25](#)) gesetzt, und die Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  für jedes Rad wird gesetzt. Jener Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  und jene Pulsbreite  $W_{PLS}(i)$  werden durch die Wirkung des Sperr-Abschnitts **90** und des Zwangs-Änderungs-Abschnitts **111** der [Fig. 20](#) der Betätigungs-Modus  $My(i)$  und die Pulsbreite  $Wy(i)$ .

**[0370]** Im Betätigungs-Bestimmungs-Abschnitt **124** in [Fig. 20](#) ([Fig. 29-Fig. 32](#)) oder im in [Fig. 29](#) gezeigten Bestimmungsschaltkreis **125** wird das Brems-Flag  $F_b$  auf „1“ gesetzt (das Fahrzeug ist gebremst) und der Betätigungs-Modus  $My(i)$  ist der Druck-Zunahme-Modus, wobei jene Aufforderungs-Flags  $F_{MON}(i)$ , die über das UND-Gatter **126** und ODER-Gatter **128** ausgegeben werden, und die Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(i)$ , die über das Flip-Flop **130** ausgegeben werden, auf „1“ gesetzt werden, die mit dem zu steuernden Rad verbunden sind.

**[0371]** Insbesondere, wenn das Bremspedal **3** heruntergedrückt wird, während sich das Fahrzeug, das eine starke Untersteuer-Neigung zeigt, nach rechts dreht, werden das  $F_{MON}(4)$  und  $F_{COV}(4)$  unter den Ausgaben des Bestimmungsschaltkreises **125** (s. [Fig. 29](#)) auf „1“ gesetzt. Dann wird „1“ vom Bestimmungsschaltkreis **131** (ODER-Gatter **132**) in [Fig. 30](#) als das Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  gesetzt. Weiterhin wird „1“ vom Bestimmungsschaltkreis in [Fig. 32](#) oder dem ODER-Gatter **139** als Betätigungs-Flag  $F_{MTR}$  gesetzt. Während die Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(2)$  und  $F_{COV}(3)$  beide auf „0“ zurückgesetzt werden, wird das vom Bestimmungsschalt-

kreis **135** (ODER-Gatter **136**) in [Fig. 31](#) ausgegebene Betätigungs-Flag  $F_{VD2}$  auf „0“ zurückgesetzt. Zum Zeitpunkt, da das Fahrzeug bremst, wird daher eines der Betätigungs-Flags,  $F_{VD1}$ , alleine auf „1“ gesetzt.

**[0372]** Daraufhin werden die Betätigungs-Flags  $F_{V1} = 1$ ,  $F_{V2} =$  und  $F_M = 1$  vom Steuersignal-Auswahl-Abschnitt **140** in [Fig. 3](#) (die Schalter **145** und **146** in [Fig. 49](#)) ausgegeben, und jene Betätigungs-Flags werden jeweils den Abschlußventilen **19** und **20** und dem Motor **18** als Antriebssignale zugeführt. Daraus folgt, daß die Abschlußventile **19**, das mit den Radbremsen am linken Vorderrad  $FW_L$  und rechten Hinterrad  $RW_R$  verbunden sind, geschlossen werden, und daß die Abschlußventile **20**, die mit den Radbremsen am rechten Vorderrad  $FW_R$  und linken Hinterrad  $RW_L$  verbunden sind, offen gehalten werden, und der Motor wird angetrieben. Die Betätigung des Motors **18** verursacht, das die Druck-beaufschlagten Flüssigkeiten von den Pumpen **16** und **17** abgelassen werden.

**[0373]** Wenn das Fahrzeug, dessen Bremspedal **3** nicht heruntergedrückt wird, nicht bremst, sind der Steuer-Modus  $M(1)$  für das linke Vorderrad  $F_{WL}$  und der Steuer-Modus  $M(4)$  für das rechte Hinterrad  $R_{WR}$  nicht im Nicht-Steuer-Modus. Daher werden die Aufforderungs-Flags  $F_{MON}(1)$  und  $F_{MON}(4)$ , die vom ODER-Gatter **128** im Bestimmungs-Schaltkreis **125** ausgegeben werden, auf „1“ gesetzt und die Aufforderungs-Flags  $F_{COV}(1)$  und  $F_{COV}(4)$ , die vom Flip-Flop **130** ausgegeben werden, auf „1“ gesetzt. In diesem Fall wird daher das Betätigungs-Flag  $F_{MTR}$  auf „1“ gesetzt, so daß der Motor **18**, d.h. die Pumpen **16** und **17**, betrieben werden. Da nur das Betätigungs-Flag  $F_{VD1}$  auf „1“ gesetzt wird, ist nur das Abschlußventil **19** geschlossen.

**[0374]** Wenn kein Bremsen angelegt ist, wird „1“ auf das Flag  $F_{HLD}(i)$ , das vom Halte-Bestimmungs-Abschnitt **118** ([Fig. 28](#)) ausgegeben wird, gesetzt, wenn der zuvor erwähnte Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  im Zwangs-Veränderungs-Abschnitt **111** ([Fig. 20](#)) verarbeitet wird. In diesem Fall wird der Schalter **112** verrückt und der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  im Nicht-Steuer-Modus zwangsweise auf den Halte-Modus verändert.

**[0375]** Wenn kein Bremsen angelegt ist ( $F_b = 0$ ), wird, da der Korrekturwert  $C_{pi}$  zum Zeitpunkt der Berechnung des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  (s. [Fig. 8](#)) auf 1,5 gesetzt ist (größer als 1,0), das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  erhöht. Diese Zunahme verkürzt die Pulsperiode  $T_{PLS}$ , in der der Betätigungs-Modus  $M_{PLS}(i)$  oder  $My(i)$  ausgeführt wird. Folglich wird der Bremsdruck stark vergrößert oder verringert, wenn der Betätigungs-Modus  $My(i)$  der Druck-Zunahme-Modus oder der Druck-Abnahme-Modus ist.

**[0376]** Danach werden der Betätigungs-Modus  $My(i)$  und die Pulsbreite  $Wy(i)$  durch den zuvor erwähnten Steuersignal-Auswahl-Abschnitt **140** als der Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und die Pulsbreite  $WW(i)$  gesetzt, woraufhin der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und die eigentliche Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  gesetzt werden. Als Ergebnis werden die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** in Übereinstimmung mit dem eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(i)$  und der eigentlichen Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$  betätigt (s. Betätigungs-Routine in [Fig. 52](#)).

**[0377]** Insbesondere ist, wenn das Fahrzeug, das eine starke Untersteuer-Neigung zeigt, in der Rechtsdrehung gebremst wird, der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(1)$  für das linke Vorderrad  $FW_L$  der Druck-Abnahme-Modus, so daß das Einlaßventil **12** und das Auslaßventil **13** für das linke Vorderrad  $FW_L$  jeweils geschlossen und geöffnet werden (Schritt S1006 in [Fig. 52](#)). Als Ergebnis wird der Bremsdruck auf das linke Vorderrad  $FW_L$  verringert. Wenn der eigentliche Betätigungs-Modus  $M_{EXE}(4)$  für das rechte Hinterrad  $RW_R$  der Druck-Zunahme-Modus ist, werden das Einlaßventil **12** und Auslaßventil **13** für das rechte Hinterrad  $RW_R$  jeweils geöffnet und geschlossen (Schritt S1003 in [Fig. 52](#)). Zu diesem Zeitpunkt wurde, da das Abschlußventil **19** geschlossen ist und die Pumpen **16** und **17** durch den Motor **18** angetrieben werden – wie zuvor beschrieben – der Druck in der Abzweigungs-Bremsleitung **8** (s. [Fig. 1](#)), die sich zur Radbremse des rechten Hinterrads  $RW_R$  erstreckt, bereits unabhängig vom Hauptzylinderdruck aufgebaut. Dementsprechend wird die Radbremse des rechten Hinterrads  $RW_R$  mit der Druck-beaufschlagten Flüssigkeit von der Abzweigungs-Bremsleitung **8** durch das Einlaßventil **12** versorgt, mit dem Ergebnis, daß der Bremsdruck auf das rechte Hinterrad  $RW_R$  zunimmt.

**[0378]** [Fig. 54](#) veranschaulicht die Eigenschaften der Bremskraft und Seitenführungskraft in Bezug auf die Rutschverhältnisse der Räder. Wie aus [Fig. 54](#) ersichtlich, nimmt – wenn der Bremsdruck auf das Ziel-Rad oder die Bremskraft  $F_x$  im Rutschverhältnis-Bereich der Räder, für die das Fahrzeug normal fährt, abnimmt – das Rutschverhältnis ebenfalls ab, wohingegen das Rutschverhältnis auch zunimmt, wenn die Seitenführungskraft  $F_y$  zunimmt. Die Abnahme im Rutschverhältnis vergrößert die Seitenführungskraft und die Zunahme im Rutschverhältnis vermindert die Seitenführungskraft. In [Fig. 54](#) zeigt ein Bereich  $R_y$  den Steuerbereich des Rad-Rutsch-Verhältnisses unter der Giermomentsteuerung an und ein Bereich  $R_{ABS}$  zeigt den Steuerbereich des Rad-Rutsch-Verhältnisses unter der ABS-aufgerufenen Bremsdrucksteuerung an.

**[0379]** Wenn das Fahrzeug eine Untersteuer-Rechtsdrehung vollzieht und wie in [Fig. 55](#) gezeigt gebremst

wird, nimmt daher, wenn die Bremskraft  $F_x$  auf das linke Vorderrad  $FW_L$  vom Pegel des weißen Pfeils zu dem des schwarzen Pfeils abnimmt, die Seitenführungskraft  $F_y$  des linken Vorderrads  $FW_L$  vom Pegel des weißen Pfeils zu dem des schwarzen Pfeils zu, wohingegen die Seitenführungskraft  $F_y$  des rechten Hinterrads  $RW_R$  vom Pegel des weißen Pfeils zu dem des schwarzen Pfeils abnimmt, wenn die Bremskraft  $F_x$  des rechten Hinterrads  $RW_R$  vom Pegel des weißen Pfeils zu dem des schwarzen Pfeils zunimmt. Unter Bezugnahme auf das linke Vorderrad  $FW_L$  wirkt daher die Seitenführungskraft  $F_y$  stark, während die Bremskraft  $F_x$  abnimmt. Unter Bezugnahme auf das rechte Hinterrad  $RW_R$  nimmt andererseits die Bremskraft  $F_x$  zu, während die Seitenführungskraft  $F_y$  abnimmt. Als Ergebnis tritt das Drehmoment  $M(+)$  in die Drehrichtung der Fahrzeugfront auf.

**[0380]** Die schraffierten Pfeile der [Fig. 55](#) zeigen die Änderungen  $\pm\Delta F_x$  und  $\pm\Delta F_y$  der Bremskraft  $F_x$  und der Seitenführungskraft  $F_y$ .

**[0381]** Da die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$ , die diagonal am Fahrzeug angebracht sind, in Übereinstimmung mit dem eigentlichen Betätigungs-Modus  $M_{E_{XE}(i)}$  und der eigentlichen Pulsbreite  $W_{EXE}(i)$ , die auf dem notwendigen Giermoment  $\gamma_d$  basierend gesetzt werden, geöffnet und geschlossen werden, ist es möglich, das Drehmoment  $M(+)$  richtig auf die Fahrzeugfront zu beaufschlagen. Als Ergebnis wird die Untersteuer-Neigung des Fahrzeugs beseitigt, womit das Abdriften des Fahrzeugs verhindert wird.

**[0382]** Da die Zunahmegröße und die Abnahmegröße der Bremsdrucke des linken Vorderrads  $FW_L$  und rechten Hinterrads  $RW_R$  auf der Grundlage desselben notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  berechnet werden, ist der Absolutwert der Zunahmegröße derselbe wie der Absolutwert der Abnahmegröße. Selbst wenn die Bremsdrucke für das linke Vorderrad  $FW_L$  und rechte Hinterrad  $RW_R$  jeweils verringert oder vergrößert werden, verändert sich die Gesamt-Bremskraft des Fahrzeugs nicht, so daß das Bremsgefühl auf das Fahrzeug nicht beeinträchtigt wird.

**[0383]** Weiterhin wird das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  unter Berücksichtigung der Antriebsbedingungen des Fahrzeugs und der Antriebsbetätigung berechnet, wie zuvor erwähnt (s. Schritte S504 und S505 in der Berechnungs-Routine der [Fig. 9](#)). Wenn die Bremskräfte der diagonal angebrachten Räder des Fahrzeugs auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  vermindert oder vergrößert werden, kann daher die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs in Übereinstimmung mit dem Umdreh-Zustand des Fahrzeugs fein ausgeführt werden.

**[0384]** Da das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  auf der Grundlage der Giergeschwindigkeits-Abweichung  $\Delta\gamma$  und der Ableitung  $\Delta\dot{\gamma}$  der Giermoment-Abweichung berechnet wird, zeigt das berechnete notwendige Giermoment  $\gamma_d$  genau das Verhalten des Fahrzeugs zu jenem Zeitpunkt. Wenn die Bremskräfte der diagonal angebrachten Räder des Fahrzeugs auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  vergrößert oder vermindert werden, wird daher ein unstabiles Drehverhalten des Fahrzeugs sofort ausgeschaltet, so daß das Fahrzeug eine sehr stabile Drehung vollführen kann.

**[0385]** Beim Berechnen des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  (offene Steuerung gemäß der Quer-Gy), kann die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und der Lenkwinkel  $\delta$  anstatt der oben beschriebenen Giergeschwindigkeits-Rückkopplungs-Steuerung verwendet werden.

**[0386]** Wenn die Fahrzeug-Drehrichtung auf der Grundlage der Ausgabe des Giergeschwindigkeits-Sensors **30** bestimmt wird, kann die Fahrzeug-Drehrichtung mit großer Genauigkeit bestimmt werden, so daß die Giermomentsteuerung genau durchgeführt werden kann.

**[0387]** Wenn die Giermomentsteuerung stattfindet und das Fahrzeug gebremst wird, werden die eigentlichen Betätigungs-Modi  $M_{EXE}(i)$  der Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und das linke Hinterrad  $RW_L$  auf den Nicht-Steuer-Modus gesetzt. Daher werden die Abschlußventile **20**, die mit den Radbremsen für das rechte Vorderrad  $FW_R$  und das linke Hinterrad  $RW_L$  verbunden sind, offengehalten. Dementsprechend können die Radbremsen des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$  den Hauptzylinderdruck erhalten, so daß die Bremsdrucke des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$  durch die Betätigung des Bremspedals **3** durch den Fahrer gesteuert werden. Als Ergebnis werden die Bremsdrucke des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$ , wie durch den Fahrer beabsichtigt, gesteuert, und eine ausreichend Fehler-reduzante Funktion wird während der Giermomentsteuerung sichergestellt.

**[0388]** Wenn das Fahrzeug in der Giermomentsteuerung nicht gebremst ist, werden die eigentlichen Betätigungs-Modi  $M_{EXE}(i)$  der Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads

$RW_L$  zwangsweise auf den Halte-Modus geändert, und werden jene Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** beide geschlossen (s. Schritt S1008 in der Betätigungs-Routine der [Fig. 52](#)).

**[0389]** Selbst wenn die Pumpe **16** durch den Motor **18** angetrieben wird, wird der Entladedruck der Pumpe **16** nicht über die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** zu den Radbremsen des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$  geführt, und die Bremsdrucke des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$  steigen nicht unerwünschtermaßen an.

**[0390]** Wenn das Fahrzeug nicht gebremst wird, wird der Bremsdruck des linken Vorderrads  $FW_L$  nicht aufgebaut. In diesem Fall ist es im wesentlichen unmöglich, die Abnahme im Bremsdruck des linken Vorderrads  $FW_L$  zu steuern, was zu einem ungenügenden Drehmoment  $M(+)$ , das auf die Fahrzeugfront zu beaufschlagen ist, führt. Wenn das Fahrzeug nicht gebremst wird, wird jedoch das notwendige Giermoment  $\gamma d$  bei seiner Berechnung erhöht, wie zuvor erwähnt. In diesem Fall wird der Bremsdruck des rechten Hinterrads  $RW_R$  stärker als derjenige, wenn das Fahrzeug gebremst wird, erhöht. Wenn das Rutschverhältnis des rechten Hinterrads  $RW_R$  zunimmt, nimmt daher die Seitenführungskraft  $F_y$  des rechten Hinterrads  $RW_R$  weiterhin ab. Folglich wirkt die Seitenführungskraft des linken Vorderrads  $FW_L$  relativ stark, so daß in etwa dasselbe Drehmoment  $M(+)$  wie dasjenige, wenn das Fahrzeug gebremst wird, auf das Fahrzeug beaufschlagt wird.

**[0391]** Wenn der Fahrer in der Giermomentsteuerung bei einer größeren Geschwindigkeit als eine vorher bestimmte Pedalhub-Geschwindigkeit (50 mm/s) auf das Bremspedal tritt, wird „1“ als Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP}$  des Bremspedals gesetzt, wie zuvor erwähnt. In diesem Fall wird der Schalter **116** (s. [Fig. 28](#)) im Zwangs-Änderungs-Abschnitt **111** (s. [Fig. 20](#)) aus der dargestellten Stellung geschaltet, so daß die Betätigungs-Modi  $My(i)$  für alle Räder zwangsweise auf den Nicht-Steuer-Modus geändert werden.

**[0392]** Als Ergebnis werden alle Aufforderungs-Flags  $F_{MON}(i)$  und  $F_{COV}(i)$  auf „0“ zurückgesetzt (s. [Fig. 29](#)), und die Betätigungs-Flags  $F_{VD1}(F_{V1})$  und  $F_{MTR}(F_M)$  werden ebenfalls durch das Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP} = 1$  auf „0“ zurückgesetzt (s. [Fig. 30](#) und [Fig. 31](#)). Folglich wird der Motor **18** angehalten, während das Abschlußventil **19** offen ist. Die Einlaßventile **12** für die einzelnen Räder sind offen und die Auslaßventile **13** geschlossen. In diesem Fall wird Schritt S1003 in der Betätigungs-Routine der [Fig. 52](#) auf der Druck-Zunahme-Modus-Seite ausgeführt, so daß die Radbremsen der einzelnen Räder den Hauptzylinderdruck erhalten können. Entsprechend wird der Bremsdruck in Übereinstimmung mit der Betätigung des Bremspedals **3** durch den Fahrer in der Radbremse eines jeden Rades aufgebaut, wodurch eine ausreichende Bremskraft für das Fahrzeug sichergestellt wird.

#### Rechtsdrehung des Fahrzeugs mit Übersteuer-Neigung:

**[0393]** Wenn die Entscheidung im Schritt S602 NEIN lautet und die Entscheidung im Schritt S604 JA wird, d.h.  $F_{cos} = 1$  in der Auswahl-Routine der [Fig. 23](#), vollzieht das Fahrzeug eine starke Übersteuer-Drehung. In dieser Situation wird, im Gegensatz zu der oben beschriebenen Untersteuer-Neigung, der Steuer-Modus  $M(1)$  des linken Vorderrads  $FW_L$  auf den Druck-Zunahme-Modus gesetzt und der Steuer-Modus  $M(4)$  des rechten Hinterrads  $RW_R$  auf den Druck-Abnahme-Modus gesetzt (s. Tabelle 1 und Schritt S605).

**[0394]** Wenn das Fahrzeug gebremst wird, nimmt die Seitenführungskraft  $F_y$  des linken Vorderrads  $FW_L$  ab, während die Bremskraft  $F_x$  zunimmt, wie in [Fig. 56](#) gezeigt. Die Bremskraft  $F_x$  des rechten Hinterrads  $RW_R$  nimmt ab und die Seitenführungskraft  $F_y$  nimmt zu. In diesem Fall wird das Wiederherstellungsmoment  $M(-)$  auf die Fahrzeugfront beaufschlagt. Dieses Wiederherstellungsmoment  $M(-)$  beseitigt die Übersteuer-Neigung des Fahrzeugs, wodurch dem Fahrzeug gestattet wird, das Drehen um die eigene Achse als Folge seines „Tack-ins“ sicher zu vermeiden.

**[0395]** Wenn am Fahrzeug keine Bremskraft anliegt oder „1“ als Betätigungs-Inkrement-Flag  $F_{PP}$  gesetzt ist, während das Fahrzeug eine Übersteuer-Rechtsdrehung vollzieht, wird dieselbe Funktion, wie in der vorherigen Beschreibung des Untersteuerfalles erörtert, durchgeführt.

Wenn das Fahrzeug eine Nicht-Untersteuer- und Nicht-Übersteuer-Rechtsdrehung vollzieht:

**[0396]** Wenn die Entscheidungen in den Schritten S602 und S604 in der Auswahl-Routine der [Fig. 23](#) beide NEIN lauten und das Fahrzeug eine Nicht-Untersteuer- und Nicht-Übersteuer-Drehung vollzieht, werden die Steuer-Modi  $M(1)$  und  $M(4)$  des linken Vorderrads  $FW_L$  und rechten Hinterrads  $RW_R$  beide auf den Halte-Modus gesetzt (s. Tabelle 1 und Schritt S606).

**[0397]** In diesem Fall werden die Einlaß- und Auslaßventile **12** und **13** für das linke Vorderrad  $FW_L$  und das rechte Hinterrad  $RW_R$  beide geschlossen. Somit werden die Bremsdrücke des linken Vorderrads  $FW_L$  und rechten Hinterrads  $RW_R$  gehalten und weder das Drehmoment  $M(+)$  noch das Wiederherstellungs-Moment  $M(+)$  in diesem Fall auf die Fahrzeugfront beaufschlagt.

Linksdrehung des Fahrzeugs:

**[0398]** Wenn das zuvor erwähnte Umdreh-Flag  $F_d$  und Freigabe/Sperrflag  $F_{ymc}$  auf „1“ gesetzt werden, wird die Giermomentsteuerung durchgeführt, wenn das Fahrzeug eine Linksdrehung vollzieht. In diesem Fall werden, wie im zuvor erörterten Fall der Rechtsdrehung des Fahrzeugs, die Bremsdrücke des rechten Vorderrads  $FW_R$  und linken Hinterrads  $RW_L$  auf solche Art und Weise gesteuert, daß das Drehmoment  $M(+)$  auf die Fahrzeugfront, die eine starke Untersteuer-Neigung zeigt, beaufschlagt wird, und das Wiederherstellungsmoment  $M(-)$  auf die Fahrzeugfront, die eine starke Übersteuer-Neigung zeigt, beaufschlagt wird. Folglich können, selbst wenn das Fahrzeug eine Linksdrehung vollzieht, dieselben Vorteile wie die im Fall der Rechtsdrehung erhalten werden (s. Tabelle 1 und die Schritte S607-S611 in [Fig. 23](#) und die Betätigungs-Routine in [Fig. 52](#)).

**[0399]** Das Obere hat die Grundfunktion der Giermomentsteuerung beschrieben und das Folgende erörtert die ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung.

Die Funktion der ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung:

**[0400]** Wenn die ABS-aufgerufene Bremsdruck-Steuerung am Rad, dessen Betätigungs-Modus nicht der Druck-Abnahme-Modus ist, gestartet wird oder der ABS-Betrieb an drei oder mehr Räder während der zuvor beschriebenen Giermomentsteuerung gestartet wird, setzt der Auswahl-Block **140** in [Fig. 49](#), d.h. das UND-Gatter **150** im Bestimmungs-Abschnitt **148**, „1“ auf das Schalter-Flag  $F_{Y(i)}$  für das durch den ABS-Betrieb zu steuernde Ziel-Rad und gibt das Flag aus. Folglich werden der Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und die Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$  für die ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung als Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und Pulsbreite  $WW(i)$  gewählt.

**[0401]** Beim Berechnen des Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und der Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$ , d.h.  $M_{ABS1(i)}$  und  $W_{ABS1(i)}$  (s. [Fig. 33](#)), korrigiert der Berechnungs-Abschnitt **201** das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  auf der Grundlage des Korrektur-zugeordneten Wertes  $Y_S(i)$ , der vom Arithmetik-Operations-Abschnitt **211** ausgegeben wird. Da der Korrektur-zugeordnete Wert  $Y_S(i)$  auf der Grundlage des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  und der Drehneigung des Fahrzeugs berechnet wird (s. [Fig. 37](#) und [Fig. 41](#)), wird das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  für die Bremsdrucksteuerung durch das ABS effektiv korrigiert. Es ist daher möglich, die Giermomentsteuerung in Zusammenarbeit mit der ABS-Steuerung richtig auszuführen. Selbst wenn die ABS-Bremsdrucksteuerung gestartet wird, wird daher das Drehverhalten des Fahrzeugs effektiv gesteuert, um die Gierantwort des Fahrzeugumpfes zu verbessern.

**[0402]** Insbesondere unter Bezugnahme auf das Ziel-Rad, das die Bremskraft benötigt, die durch die Giermomentsteuerung gesteigert wird, wird das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  des Ziel-Rades zur Zunahme korrigiert (s. Schritt S721 in [Fig. 41](#)), so daß die ABS-aufgerufene Bremsdrucksteuerung auf das Ziel-Rad wahrscheinlich nicht gestartet wird. In diesem Fall wird die Bremskraft des Ziel-Rades auf der Grundlage der Giermomentsteuerung gesteigert, so daß das Gieren des Fahrzeugs effektiv gesteuert wird.

**[0403]** Mit Rücksicht auf das Ziel-Rad, das die Bremskraft benötigt, die durch die Giermomentsteuerung vermindert wird, wird andererseits das Rutschverhältnis  $S_X(i)$  des Ziel-Rades zur Abnahme korrigiert (s. Schritt S724 in [Fig. 41](#)), was es wahrscheinlich macht, daß die ABS-aufgerufenen Bremsdrucksteuerung auf das Ziel-Rad gestartet wird. Da die Bremskraft des Ziel-Rades weiterhin mithilfe des ABS vermindert wird, wird das Gieren des Fahrzeugs effektiv gesteuert.

**[0404]** Was die Berechnung des Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und der Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$  anbelangt, wählt zum Zeitpunkt, da eines der Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  auf „1“ gesetzt wird (s. [Fig. 43](#)), – insbesondere wenn der Absolutwert des notwendigen Giermoments  $\gamma_d$  gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert wird – der Antriebssignal-Außer-Kraft-Setz-Abschnitt **222** in [Fig. 33](#) jeweils den Betätigungs-Modus  $M_{ABS0(i)}$  und die Pulsbreite  $W_{ABS0(i)}$ , die durch den Arithmetik-Operations-Abschnitt **211**, der die Giermomentsteuerungs-Größe erhält, als Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$ . Jenes Betätigungs-Modus  $M_{ABS0(i)}$  und jene Pulsbreite  $W_{ABS0(i)}$  werden ohne Rücksicht auf das Rad-Rutschverhältnis  $S_X(i)$  gesetzt, wobei die Bremskraft des Ziel-Rades zwangsweise gesteuert wird, wodurch der Start des ABS-Betriebs erleichtert wird. Danach werden die zuvor erwähnten  $M_{ABS1(i)}$  und  $W_{ABS1(i)}$  jeweils als Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$  des Ziel-Rades gewählt, so daß die Bremskraft des Zielrades auf der Grundlage des korrigierten Rutschverhältnis-

ses  $S_x(i)$  gesteuert wird. Folglich arbeitet der ABS-Betrieb auf geeignete Weise mit der Giermomentsteuerung, wodurch die Antwort der ABS-Bremsdrucksteuerung verbessert wird.

**[0405]** Wie aus dem Vergleich der [Fig. 37](#) mit der [Fig. 38](#) ersichtlich, wurden zum Zeitpunkt, da eines der Taktungs-Flags  $F_{OS}$  und  $F_{US}$  auf „1“ gesetzt wird, – d.h. der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(i)$  werden durch den Betätigungs-Modus  $M_{ABS0}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS0}(i)$  außer Kraft gesetzt – die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens bereits ausgegeben und das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  bereits korrigiert. Selbst wenn der Betätigungs-Modus  $M_{ABS1}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS1}(i)$  danach jeweils als Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  gewählt werden und die ABS-Bremsdrucksteuerung startet, ändert sich daher das Verhalten des Fahrzeugs nicht plötzlich. Entsprechend arbeiten die ABS-Bremsdrucksteuerung und die Giermomentsteuerung in Zusammenarbeit miteinander, um das Gieren der Fahrzeuge effektiv zu stabilisieren.

**[0406]** Unter Bezugnahme auf die Korrektur des Rutschverhältnisses  $S_x(i)$  oder die Berechnung der Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens, wird, wenn das Fahrzeug eine Untersteuer-Drehung vollzieht, das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des äußeren Vorderrads – aus der Sicht der Drehrichtung des Fahrzeugs gesehen – zur Abnahme korrigiert, wohingegen das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des inneren Hinterrads zur Zunahme korrigiert wird. So ist es wahrscheinlich, daß das ABS in bezug auf das äußere Vorderrad arbeitet, so daß die Abnahme der Bremskraft auf das äußere Vorderrad angefordert wird. Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß das ABS in bezug auf das innere Hinterrad arbeitet, so daß eine Zunahme in der Bremskraft des inneren Hinterrads benötigt wird. Insbesondere wenn das ABS funktioniert, während das Fahrzeug eine wie in [Fig. 57](#) gezeigte Untersteuer-Rechtsdrehung vollzieht, ist es wahrscheinlich, daß die Bremskraft des rechten Hinterrads gesteigert wird, während die Bremskraft des linken Vorderrads vermindert wird. Als Ergebnis kann das Drehmoment  $M(+)$  an der Fahrzeugfront angelegt sein, womit ermöglicht wird, daß das Drehverhalten des Fahrzeugs sogar während des ABS-Betriebs stabilisiert wird.

**[0407]** Wenn das Fahrzeug eine Übersteuer-Drehung vollzieht, wird andererseits das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des äußeren Vorderrads zur Zunahme korrigiert, wohingegen das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des inneren Hinterrads zur Abnahme korrigiert wird. Dies macht die Schwierigkeit des ABS-Systems aus, in bezug auf das äußere Vorderrad zu arbeiten, so daß die Zunahme in der Bremskraft auf das äußere Vorderrad benötigt wird. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß das ABS in bezug auf das innere Hinterrad arbeitet, so daß eine Abnahme in der Bremskraft auf das innere Hinterrad benötigt wird. Insbesondere wenn das ABS funktioniert, während das Fahrzeug eine wie in [Fig. 58](#) gezeigte Übersteuer-Rechtsdrehung vollzieht, wird wahrscheinlich die Bremskraft des rechten Hinterrads vermindert, während die Bremskraft des linken Vorderrads gesteigert wird. Als Ergebnis kann das Wiederherstellungsmoment  $M(-)$  an der Fahrzeugfront angelegt werden, womit gestattet wird, daß das Drehverhalten des Fahrzeugs sogar während des ABS-Betriebs stabilisiert wird.

**[0408]** Wie in den [Fig. 57](#) und [Fig. 58](#) ersichtlich, wird, wenn das ABS in Betrieb ist, die Bremskraft des äußeren Hinterrads – der Sicht der Rechtsdrehung des Fahrzeugs gesehen – ebenfalls vermindert (s. Flußdiagramm in [Fig. 42](#)). Wenn das ABS in Betrieb ist, wird daher zusätzlich zu den durch die Giermomentsteuerung zu steuernden zwei Rädern ein weiteres Rad als Ziel-Rad hinzugefügt. Somit wird die Unzulänglichkeit der Drehung oder des Wiederherstellungsmoments als Folge des ABS-Betriebs kompensiert, indem die Bremskraft des hinzugefügten Ziel-Rades vermindert wird.

**[0409]** Was den Betätigungs-Modus  $M_{ABS0}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS0}(i)$  für die ABS-Zusammenwirkungs-Steuerung anbelangt, wird, wenn der Fahrer das Lenkrad gelenkt hält – d.h. wenn der Fahrer das Lenkrad betätigt hält – „1“ auf das Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  für die Umdreh-Steuerung gesetzt, wie aus [Fig. 40](#) ersichtlich.

**[0410]** Wenn das Sperr-Flag  $F_{US\_INH}$  „1“ ist und die Bezugs-Korrekturgröße  $C_{SB}$  des Rutschens einen negativen Wert annimmt (Untersteuer-Neigung), werden die Bezugs-Korrekturgröße und die Pulsbreite  $W_{F\_OUT}$  auf „0“ gesetzt, wie in der vorangegangenen Beschreibung des Ausnahmeverganges erörtert wurde. In diesem Fall wird das Rutschverhältnis  $S_x(i)$  des äußeren Vorderrads nicht korrigiert und seine Pulsbreite  $W_{ABS0}(i)$  ebenfalls auf „0“ gesetzt, wodurch verhindert wird, daß die Bremskraft die Steuerung in Verbindung mit dem äußeren Vorderrad vermindert, wie im Schritt S735 aus [Fig. 44](#) zu sehen. Wenn der Fahrer keine Notfall-Vermeidung eines Hindernisses macht, wird nämlich die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs gesperrt, wodurch gestattet wird, daß genügend Bremskraft auf das äußere Vorderrad beaufschlagt wird.

**[0411]** Mit Rücksicht auf das Setzen des Sperr-Flags  $F_{US\_INH}$ , wird die Verlangsamung des Fahrzeugs berücksichtigt. Wenn das Fahrzeug eine ausreichend große Verlangsamung aufweist, wird daher die Abnahme-Steuerung der Bremskraft auf das äußere Vorderrad gesperrt, so daß man genügend Bremskraft des Fahrzeugs

erhält.

**[0412]** Da die Bestimmung davon, ob der Fahrer das Lenkrad gelenkt hält auf der Grundlage des Pegels des Effektivwertes  $\theta_{AE}$  des Lenkradwinkels gemacht wird, ist es möglich, die Notfall-Vermeidung des Fahrzeugs durch den Fahrer genau und sofort zu erfassen.

**[0413]** Nachdem das Bremsen des Fahrzeugs gestartet wird, arbeitet das ABS insbesondere beispielsweise in bezug auf ein Hinterrad, und wenn die Zeit, die seit dem Starten des ABS-Betriebs verstrichen ist, innerhalb einer vorbestimmten Zeitspanne (z.B. 500 msec) liegt und das Fahrzeug gerade fährt, wird „1“ als Sperr-Flag  $F_{REL\_INH}$  für die Zwangs-Druck-Abnahme gesetzt, wie im Flußdiagramm der [Fig. 40](#) veranschaulicht. In diesem Fall wird die Zwangs-Druck-Abnahme aller Räder gesperrt, wie in der vorangegangenen Beschreibung des Ausnahmeverganges erörtert wurde (s. Schritt S737 in [Fig. 44](#)). Selbst wenn das Fahrzeug auf der Straßenoberfläche – bzw. einer Straße mit sogenannten unterschiedlichen  $\mu_s$  – fährt, die verschiedene Reibungskoeffizienten auf den rechten und linken Oberflächenbereichen aufweist, wird die Zwangs-Abnahme der Bremsdrücke auf die gesamten Räder auf der Grundlage eines Befehls der Giermomentsteuerung für die vorbestimmte Zeitdauer nach dem Starten des ABS-Betriebs gesperrt. Mit anderen Worten wird die Pulsbreite  $W_{ABS0(i)}$  auf „0“ gesetzt, selbst wenn der Betätigungs-Modus  $M_{ABS0(i)}$  der Druck-Abnahme-Modus ist. Wenn der Fahrer nicht beabsichtigt, das Fahrzeug zu drehen, wird die Giermomentsteuerung für eine Zeitdauer unmittelbar nach dem Starten des Bremsens des Fahrzeugs gesperrt; und zwar insbesondere für eine Zeitspanne unmittelbar nach dem Starten des ABS-Betriebs. Somit arbeitet die Bremsdrucksteuerung des ABS effektiv, um die Bremskraft des Fahrzeugs genügend zu beeinflussen.

**[0414]** Nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit wird die Zwangs-Zunahme oder -abnahme des Bremsdrucks durch die Giermomentsteuerung nur ausgeführt, wenn das notwendige Giermoment  $\gamma_d$  gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert wird – d.h. wenn das Taktungs-Flag  $F_{OS}$  oder  $F_{US}$  auf „1“ gesetzt wird. Folglich kann die Bremskraft des Fahrzeugs direkt nach dem Bremsen ausreichend sichergestellt werden, wenn das Zusammenwirken des ABS mit der Giermomentsteuerung vollzogen ist und der Fahrer nicht beabsichtigt, das Fahrzeug zu drehen.

**[0415]** Wenn das Fahrzeug gerade fährt und die Zeit, die nach dem Starten des ABS-Betriebs innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer (z.B. 500 msec) liegt, werden die Bremskräfte des rechten und linken Hinterrads in Übereinstimmung mit der „Tief“-Auswahl-Steuerung (‐Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L} = 1$ ) gesteuert, wie in [Fig. 48](#) ersichtlich. Danach werden die Bremskräfte des rechten und linken Hinterrads nur unabhängig (‐Tief“-Auswahl-Flag  $F_{S\_L} = 0$ ) gesteuert, wenn das Verhalten des Fahrzeugs stabil ist. Mit anderen Worten kann, wenn das Fahrzeug gerade fährt und sich der ABS-Betrieb in der Startphase befindet, die Bremsstabilität des Fahrzeugs sichergestellt werden, indem die Bremskräfte des rechten und linken Hinterrads, eher als durch die Ausführung der Giermomentsteuerung, durch das Prinzip der „Tief“-Auswahl gesteuert wird. Wenn das Fahrzeug nicht gerade fährt, werden die Bremskräfte des rechten und linken Hinterrads unabhängig gesteuert, so daß die Giermomentsteuerung des Fahrzeugs mit der ABS-aufgerufenen Steuerung zusammenwirken kann.

**[0416]** Da die Bestimmung, ob das Fahrzeug gerade fährt, auf der Grundlage der Fahrzeuggrumpf-Geschwindigkeit  $V_B$  und des Absolutwertes der geschätzten Quer-Beschleunigung  $G_{YE}$ , die von der Ziel-Radgeschwindigkeit  $\gamma_t$  erhalten wird, gemacht wird, ist es möglich, das lineare Fahren des Fahrzeugs zu bestimmen. Mit anderen Worten wird bestimmt, daß das Fahrzeug nicht gerade fährt, wenn die Fahrzeuggrumpf-Geschwindigkeit  $V_s$ , selbst wenn die Soll-Giergeschwindigkeit  $\gamma_t$  klein ist, groß ist (der Absolutwert des Lenkradwinkels  $\theta$  ist klein). In diesem Fall werden die Bremskräfte des rechten und linken Hinterrads unabhängig gesteuert.

**[0417]** Da die Bestimmung, ob das Fahrverhalten des Fahrzeugs stabil ist, auf der Grundlage des Absolutwertes des Giermoments  $\gamma$  gemacht wird, wird diese Bestimmung genau.

**[0418]** Mit Rücksicht auf die Auswahl des Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und der Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$ , die in der Zusammenwirkungs-Steuerung gesetzt sind, und auf den Betätigungs-Modus  $My(i)$  und die Pulsbreite  $Wy(i)$ , die in der Giermomentsteuerung gesetzt sind (s. [Fig. 50](#)), werden, wenn der Betätigungs-Modus  $My(i)$  unter der Zusammenwirkungs-Steuerung nicht der Druck-Abnahme-Modus ist, der Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und die Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$  als der Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und die Pulsbreite  $WW(i)$  gewählt, und die Bremskraft des Fahrzeugs wird auf der Grundlage jenes Betätigungs-Modus  $M_{ABS(i)}$  und jener Pulsbreite  $W_{ABS(i)}$  gesteuert. In diesem Fall nehmen daher die Bremskräfte der Räder in der Giermomentsteuerung nicht ab, so daß der ABS-Betrieb nicht nachteilig beeinflußt wird und die Bremskraft des Fahrzeugs ausreichend sichergestellt werden kann.

**[0419]** Wenn der Betätigungs-Modus  $My(i)$  des Ziel-Rades in der Zusammenwirkungs-Steuerung der Druck-Abnahme-Modus und das ABS zum Arbeiten in bezug auf das Ziel-Rad betriebsbereit ist, werden der Betätigungs-Modus  $My(i)$  und die Pulsbreite  $Wy(i)$  als Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und Pulsbreite  $WW(i)$  gewählt, und die Bremskraft des Fahrzeugs wird auf der Grundlage jenes Betätigungs-Modus  $My(i)$  und jener Pulsbreite  $Wy(i)$  gesteuert. In diesem Fall wird die Abnahme der Bremskraft von jenem Rad durch die Giermomentsteuerung gestattet, wenn das ABS in bezug auf das Ziel-Rad arbeitet, während die Giermomentsteuerung durchgeführt wird. Daher kann die Giermomentsteuerung selbst das Rad-Rutschverhältnis wiederherstellen, das durch die Ausführung der Giermomentsteuerung gesteigert wird, womit einer Zunahme im Rad-Rutschverhältnis Einhalt geboten wird.

**[0420]** In einer Situation, in der das ABS in bezug auf drei oder mehr Räder arbeitet, werden jedoch der Betätigungs-Modus  $M_{ABS}(i)$  und die Pulsbreite  $W_{ABS}(i)$  als Betätigungs-Modus  $MM(i)$  und Pulsbreite  $WW(i)$  gewählt, so daß die Abnahme der Bremskraft des Fahrzeugs in der Giermomentsteuerung verhindert werden kann. Als Ergebnis ist es möglich zu verhindern, daß die Bremskraft des Fahrzeugs während des ABS-Betriebs vermindert wird.

**[0421]** Mit Rücksicht auf das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  (s. [Fig. 45](#)), wird, wenn der oben beschriebene graduelle Druck-Zunahme-Vorgang auf dem Rad durchgeführt wird, an dem das ABS gearbeitet hat – d.h. wenn das Rutschen jenes Rades vermindert wird und das Endflag  $F_{E\_ING}(i) = 1$ , das den Start für den graduellen Druck-Zunahme-Vorgang anzeigt, vom ODER-Gatter **227** ausgegeben wird – die Radanzahl  $N_{ABS}$  dem Bestimmungs-Abschnitt **229** vom UND-Gatter **230** zugeführt. Wenn die Radanzahl  $N_{ABS}$  zu diesem Zeitpunkt gleich oder kleiner als „2“ ist, gibt der Bestimmungs-Abschnitt **229** ein Signal an das ODER-Gatter **228** aus, das die Beendigung der graduellen Druckzunahme anzeigt. Zu diesem Zeitpunkt wird das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  für das ABS auf „0“ zurückgesetzt.

**[0422]** Die wahrscheinliche Situation, worin die Radanzahl  $N_{ABS}$  gleich oder kleiner als „2“ ist, ist derart, daß die Bremskraft am Ziel-Rad zunimmt, wenn die Giermomentsteuerung durchgeführt wird, so daß das ABS in bezug auf jenes Ziel-Rad arbeitet. In diesem Fall wird daher, wenn der ABS-Betrieb beendet wird, der graduelle Druck-Zunahme-Vorgang nicht ausgeführt und das Start/End-Flag  $F_{ABS}(i)$  sofort auf „0“ zurückgesetzt. Dies gestattet die sofortige Rückkehr an die Giermomentsteuerung von der ABS-aufgerufenen Bremsdrucksteuerung.

### Patentansprüche

1. Fahrdynamikregler für ein Krafffahrzeug, das mit einem Antiblockier-Bremssystem ausgestattet ist, der folgendes umfaßt: Erfassungsmittel (**34, 36**) zur Erfassung eines Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs; und Berechnungsmittel (**41**) zur Berechnung einer erforderlichen Bremskraft, die auf ein zu regelndes Rad anzuwenden ist, um auf der Grundlage des erfaßten Kurvenfahrtzustandes des Fahrzeugs ein Ist-Giermoment des Fahrzeugs auf ein Soll-Giermoment desselben einzuregulieren, wobei der Fahrdynamikregler des weiteren folgendes umfaßt:

Korrekturmittel (**201**) zum Korrigieren des Soll-Schlupfverhältnisses des zu regelnden Rades, wobei das Soll-Schlupfverhältnis für eine Antiblockier-Bremsregelung des zu regelnden Rades verwendet wird, basierend auf der durch das Berechnungsmittel (**41**) berechneten erforderlichen Bremskraft, in einer Lage, in der die Antiblockier-Bremsregelung auf das zu regelnde Rad unter einer Giermomentregelung des Fahrzeugs stattfindet; und

Regelungsdurchführungsmittel (**12, 13, 304**) zur Betätigung des Antiblockier-Bremssystems auf der Grundlage des korrigierten Soll-Schlupfverhältnisses, wobei die Regelungsdurchführungsmittel (**12, 13, 304**) eine Stellvorrichtung zum Einstellen des Bremsdruckes einschließen, der auf das zu regelnde Rad ausgeübt wird.

2. Fahrdynamikregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsmittel (**34, 36**) mindestens eine Lenkbetätigung des Fahrzeugs und kinematische Kenngrößen des Fahrzeugs erfassen.

3. Fahrdynamikregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (**201**) die Korrektur zur Erhöhung des Soll-Schlupfverhältnisses des zu regelnden Rades, wenn dessen Bremsdruck erhöht werden soll, in Übereinstimmung mit der Giermomentregelung des Fahrzeugs durchführen.

4. Fahrdynamikregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (**201**) die Korrektur zur Erniedrigung des Soll-Schlupfverhältnisses des zu regelnden Rades, wenn dessen Bremsdruck erniedrigt werden soll, in Übereinstimmung mit der Giermomentregelung des Fahrzeugs durchführen.

5. Fahrdynamikregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (**201**) eine Kor-

rekturgröße für das Soll-Schlupfverhältnis des zu regelnden Rades auf Null setzen, sobald die erforderliche Bremskraft kleiner als ein vorbestimmter Wert wird.

6. Fahrdynamikregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn die Berechnungsmittel **(41)** die erforderliche Bremskraft berechnet haben, um dem Fahrzeug ein Kurvenfahrmoment zu erteilen, die Korrekturmittel **(201)** die jeweiligen Soll-Schlupfverhältnisse auf eine solche Weise korrigieren, daß der Bremsdruck an einem äußeren Vorderrad, in der Kurvenfahrtrichtung des Fahrzeugs betrachtet, erniedrigt wird und der Bremsdruck an einem inneren Hinterrad erhöht wird; und daß wenn die Berechnungsmittel **(41)** die erforderliche Bremskraft berechnet haben, um dem Fahrzeug ein Rückstellmoment zu erteilen, die Korrekturmittel **(201)** die jeweiligen Soll-Schlupfverhältnisse auf eine solche Weise korrigieren, daß der Bremsdruck an einem inneren Vorderrad, in der Kurvenfahrtrichtung des Fahrzeugs betrachtet, erhöht wird und die Bremsdrücke am inneren und äußeren Hinterrad erniedrigt werden.

7. Fahrdynamikregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnungsmittel **(41)** die erforderliche Bremskraft auf der Grundlage von mindestens der Differenz zwischen einer Soll-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs und der Ist-Giergeschwindigkeit des Fahrzeugs oder der zeitlichen Ableitung der Differenz berechnet.

Es folgen 49 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

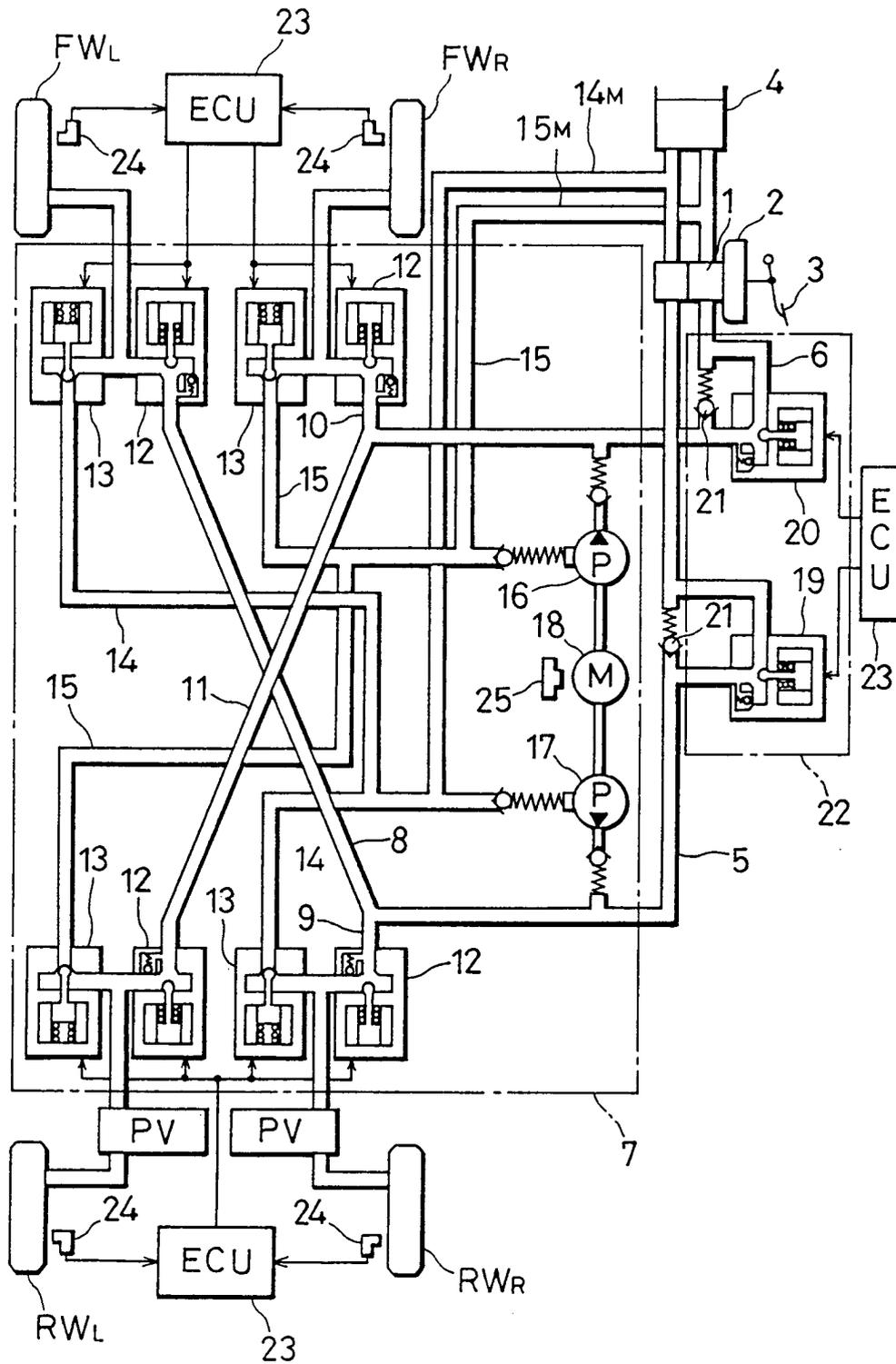


FIG. 2

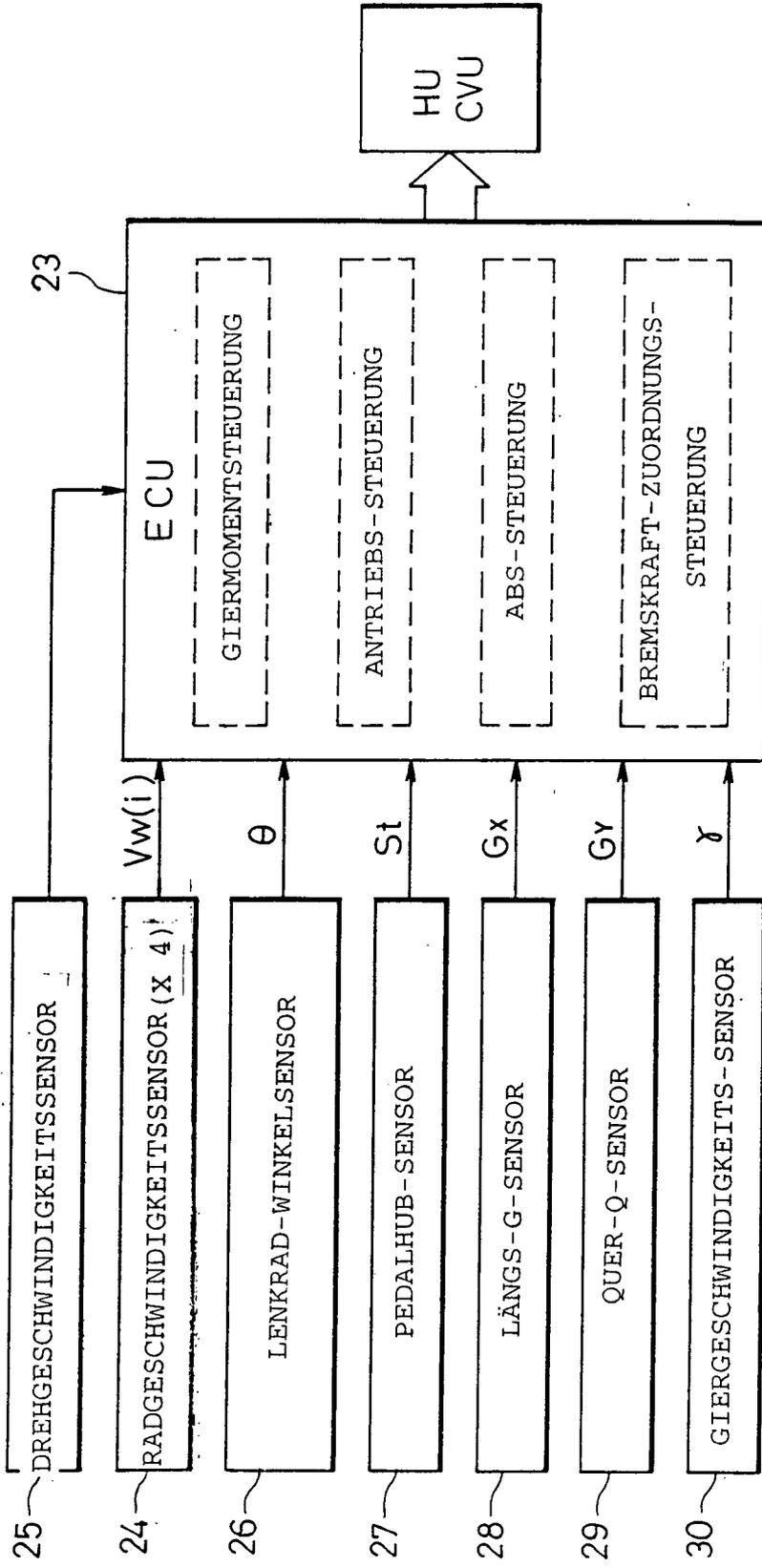


Fig. 3

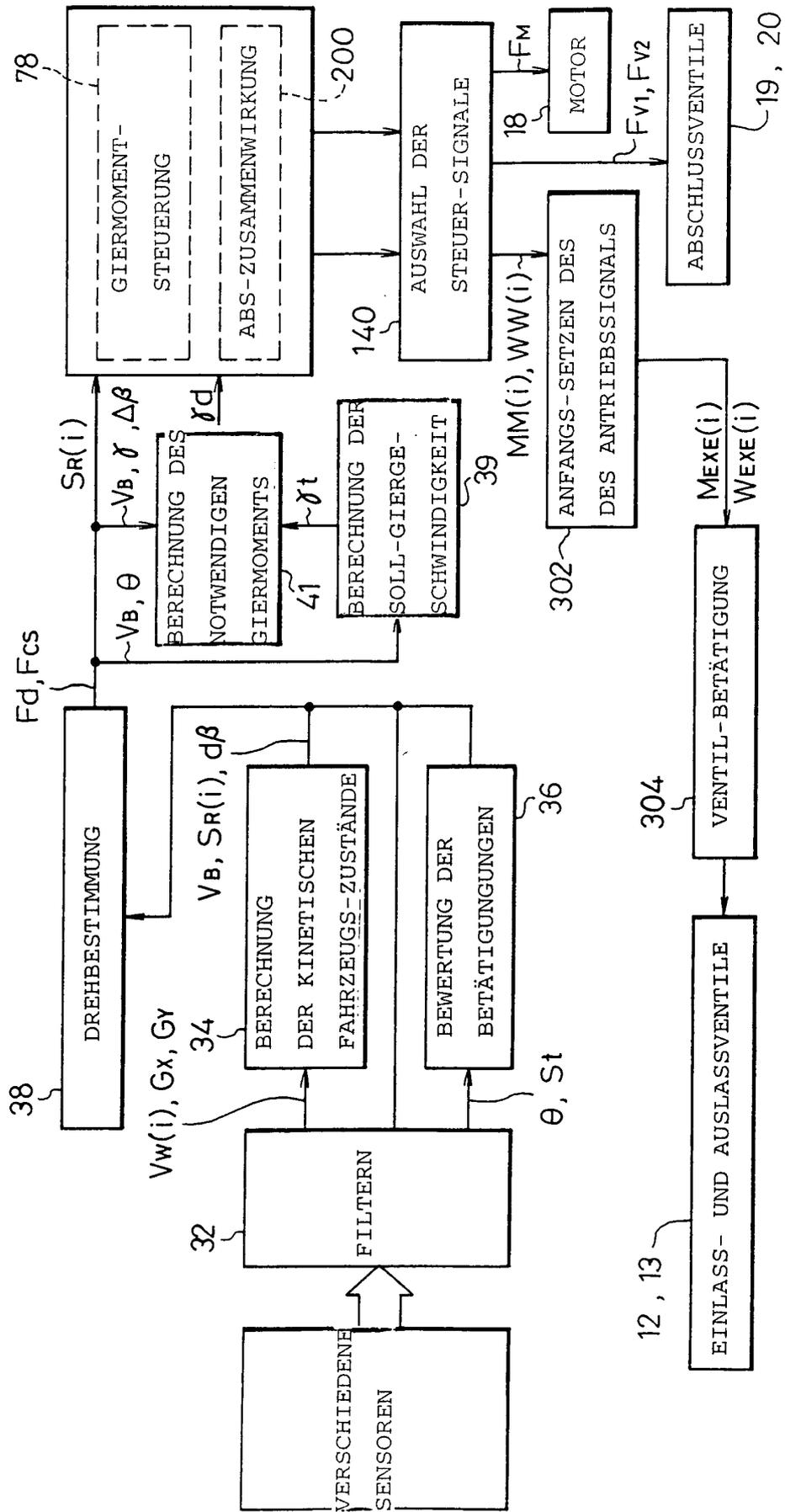


Fig. 4

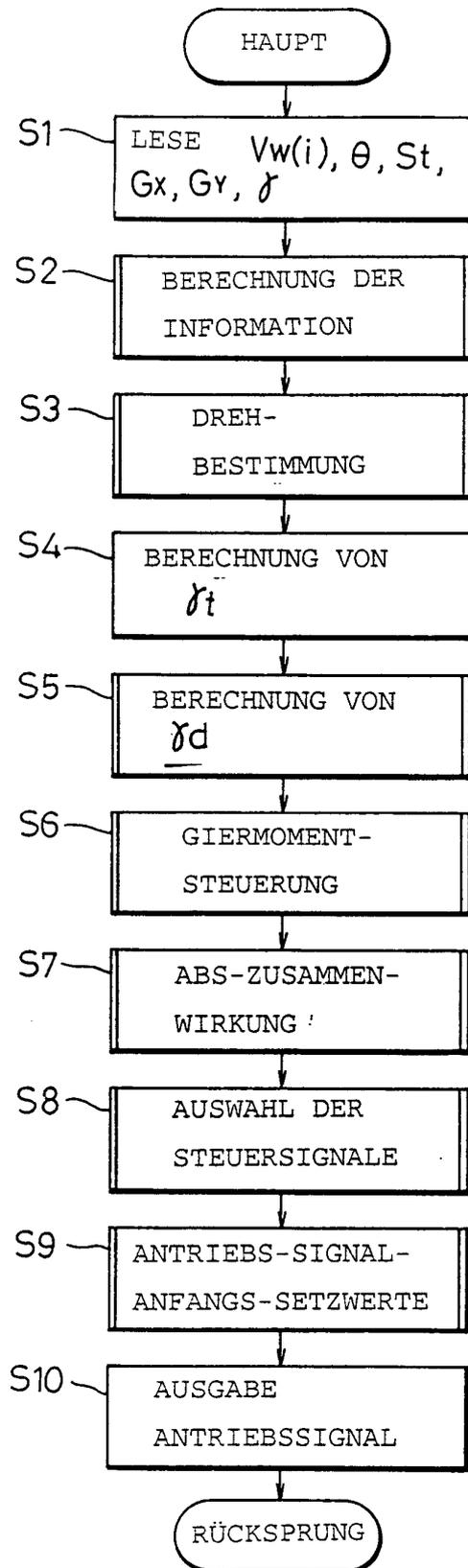


Fig. 5

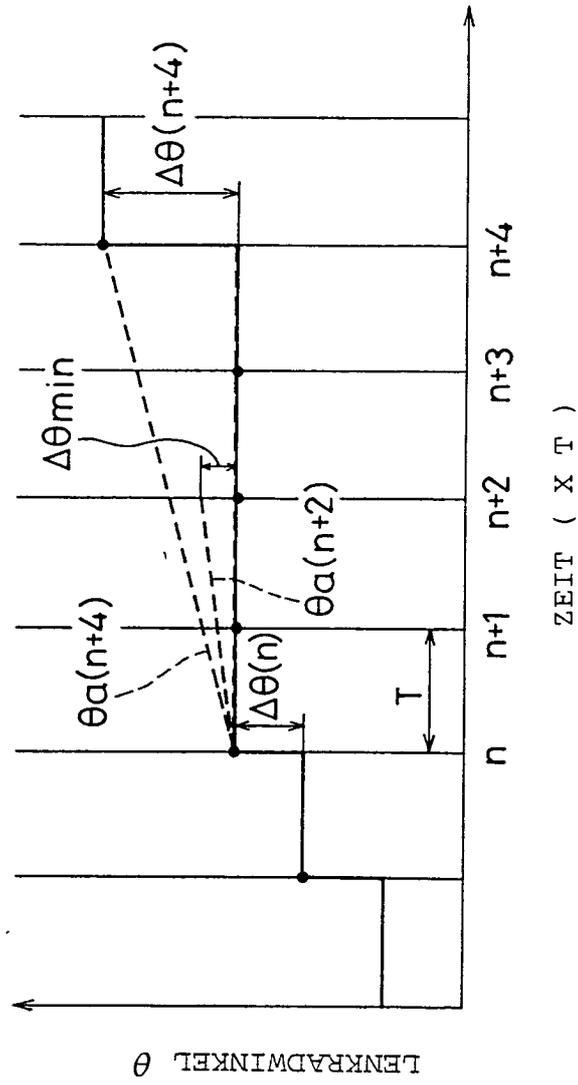


Fig. 8

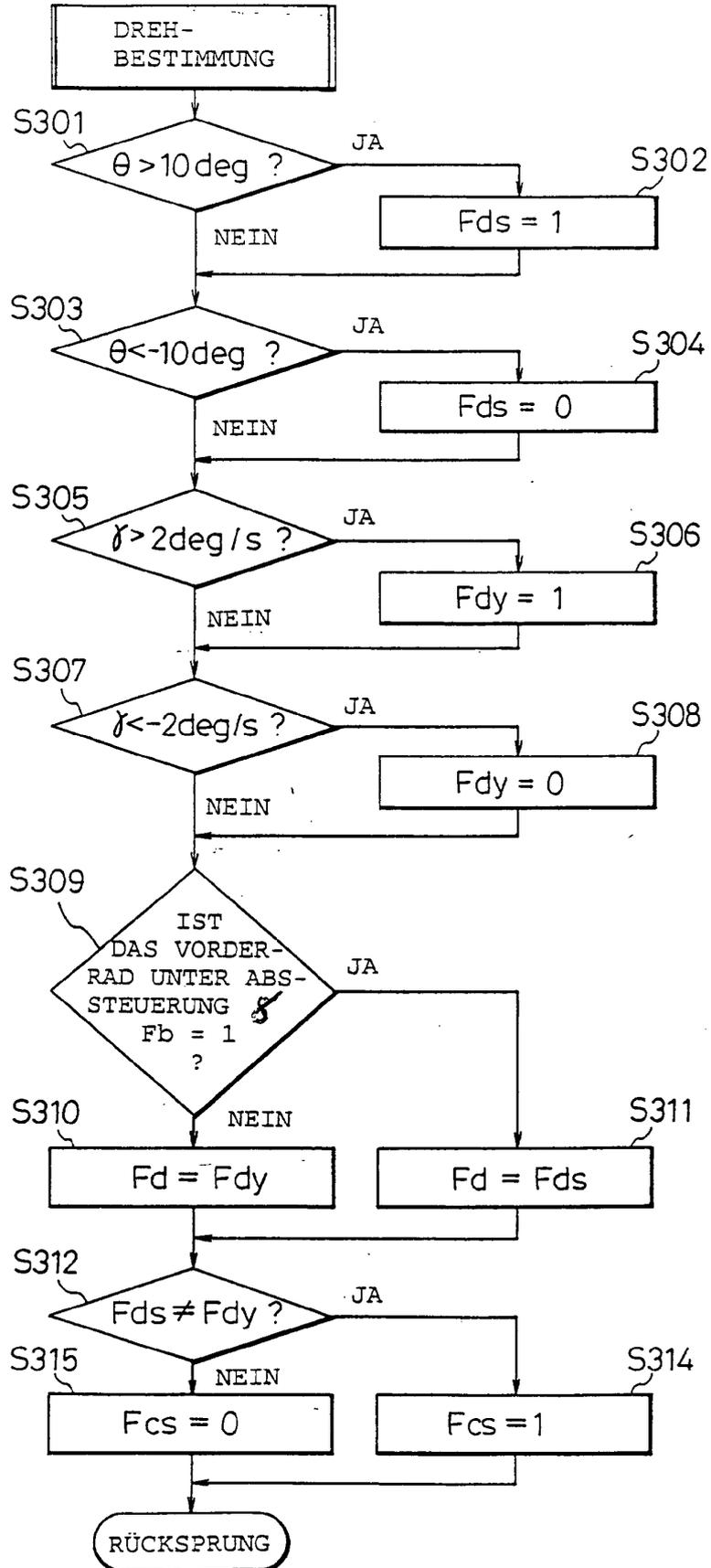


Fig. 7

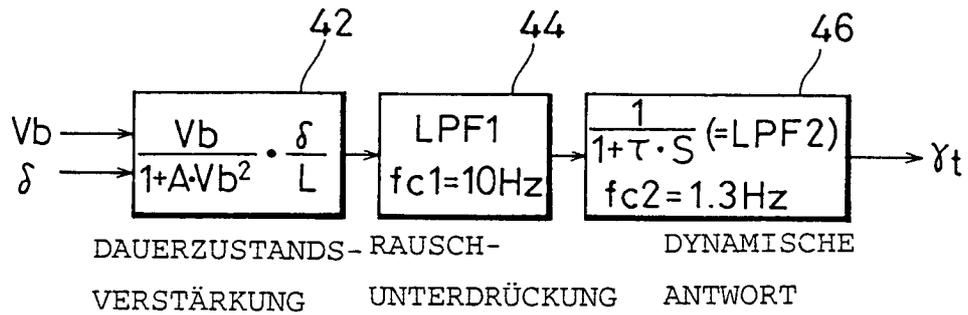


Fig. 8

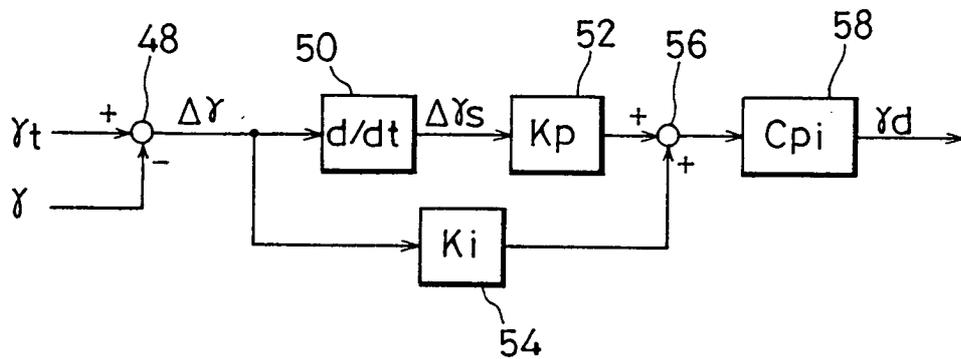


Fig. 9

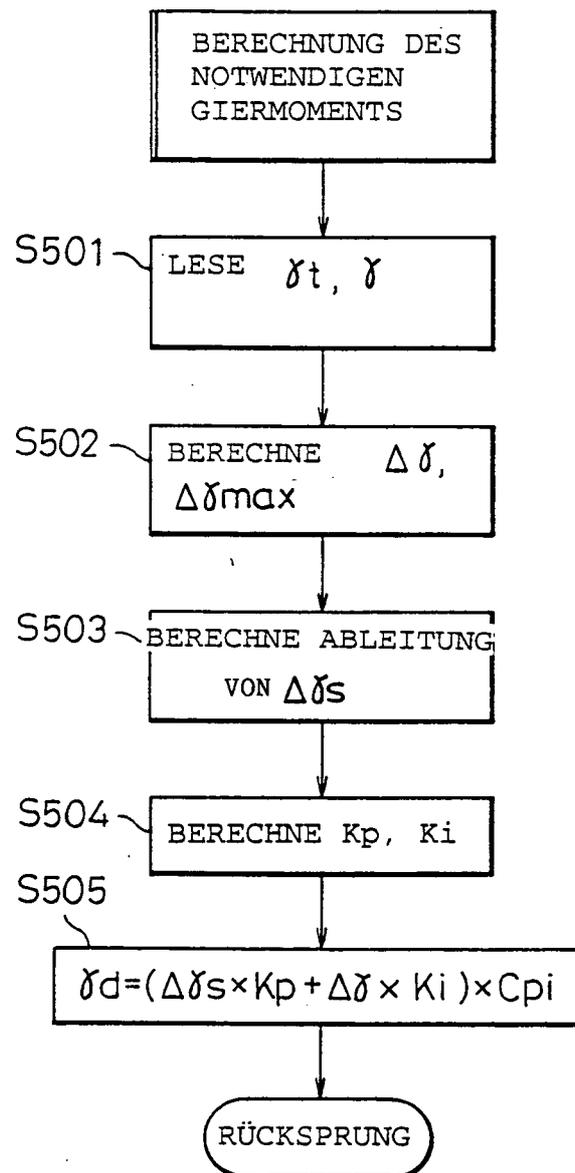


Fig. 10

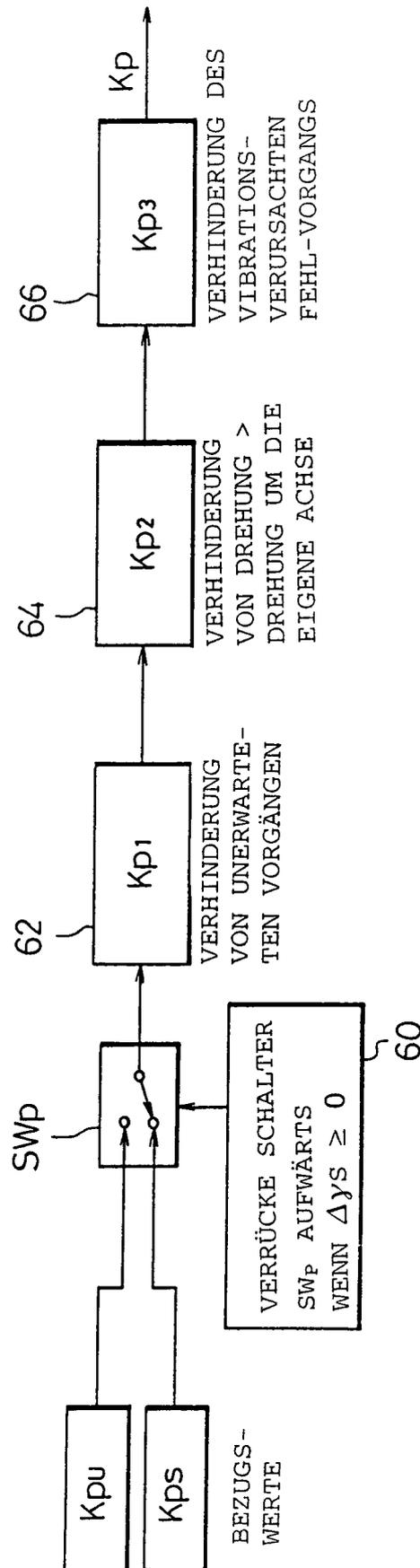


Fig. 11

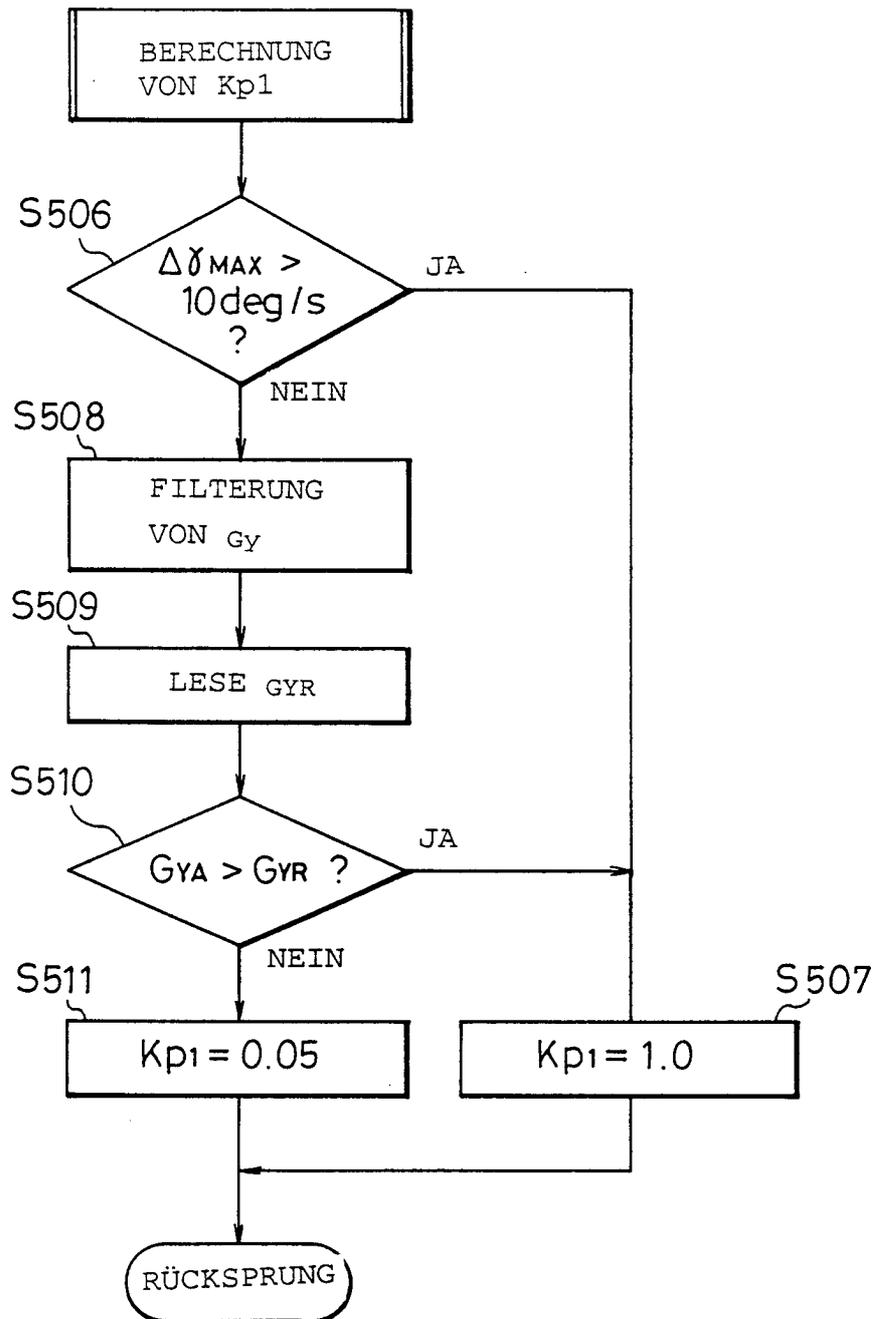


Fig. 12

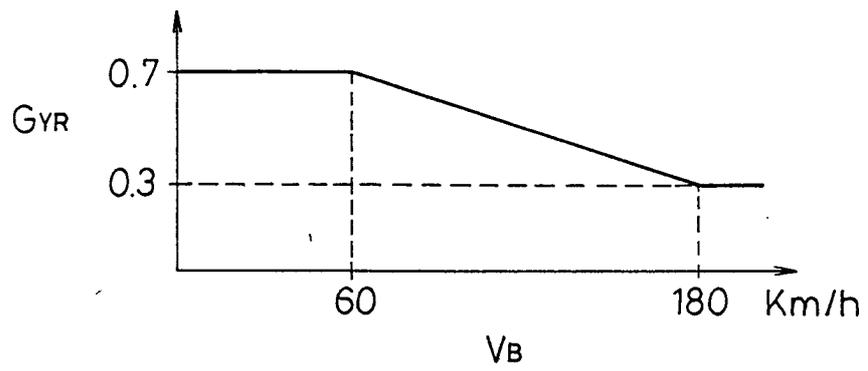
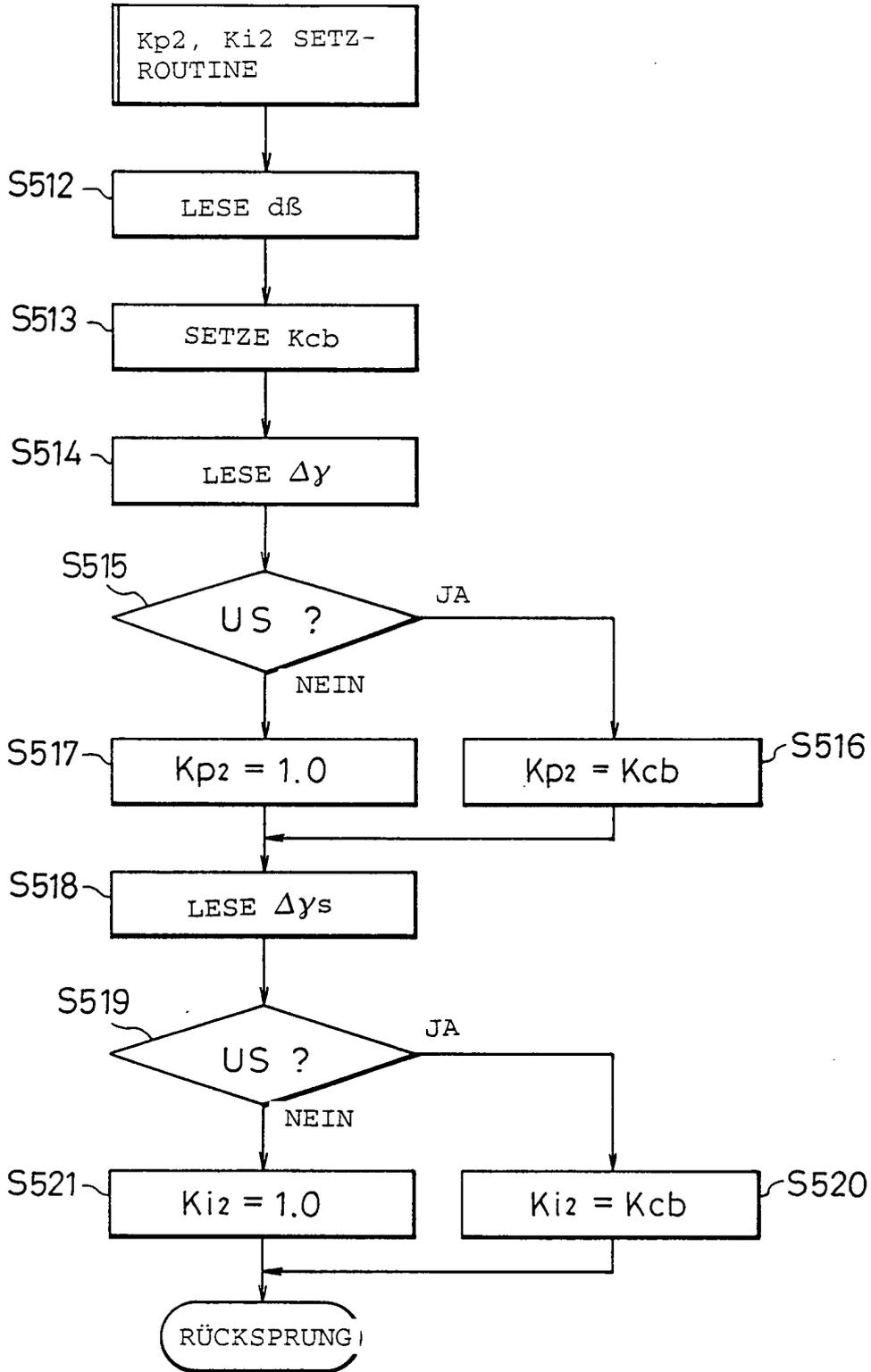


Fig. 13



US = UNTERSTEUERUNG

Fig. 14

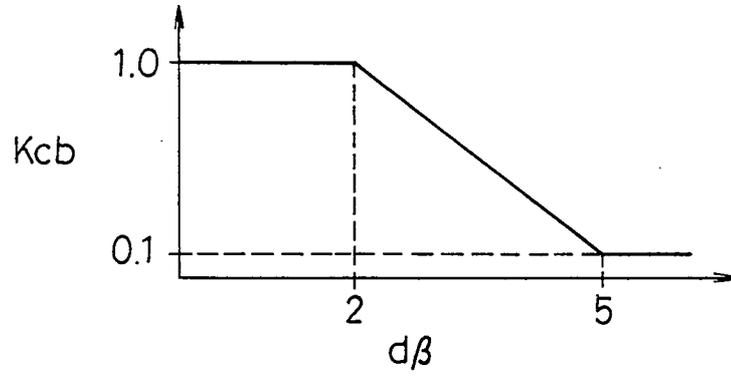


Fig. 15

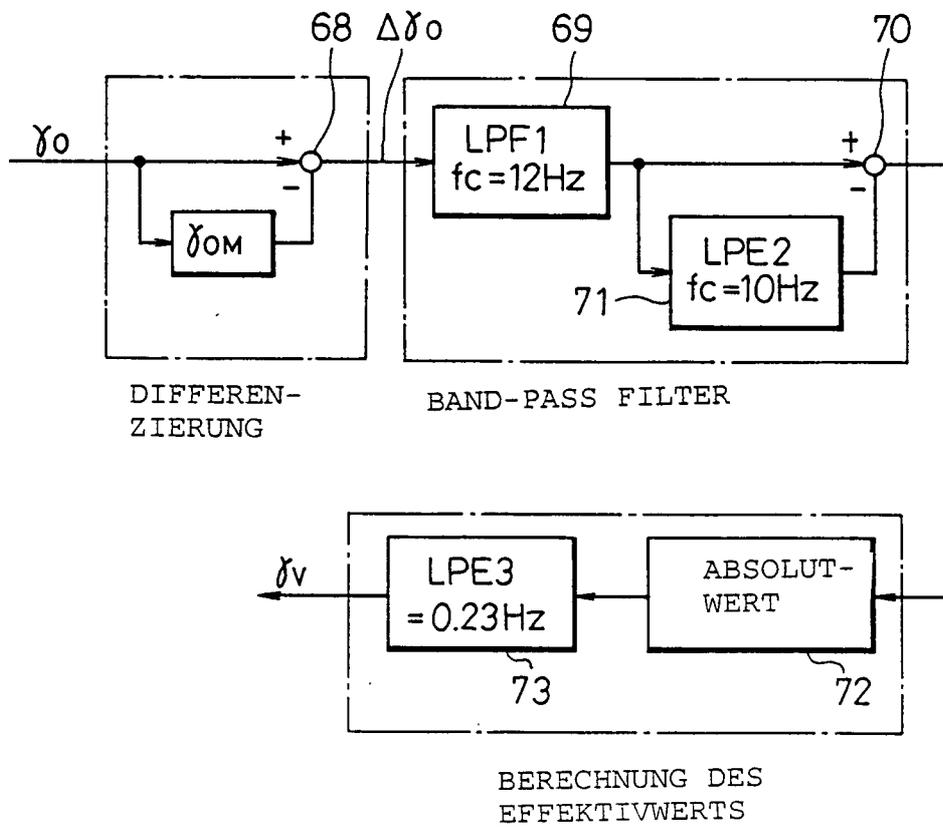


Fig. 16

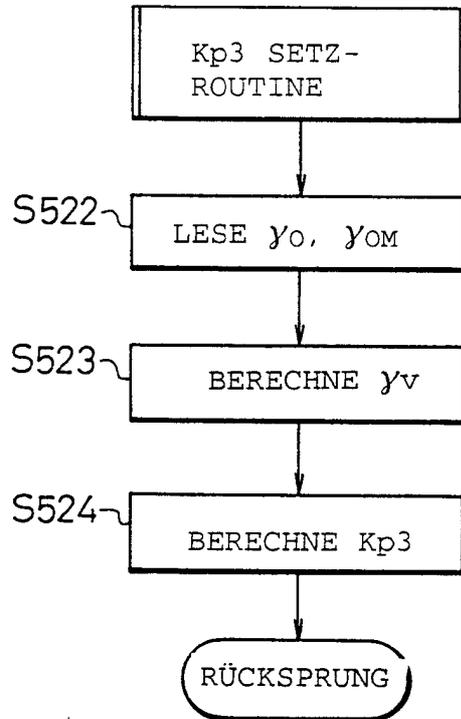


Fig. 17

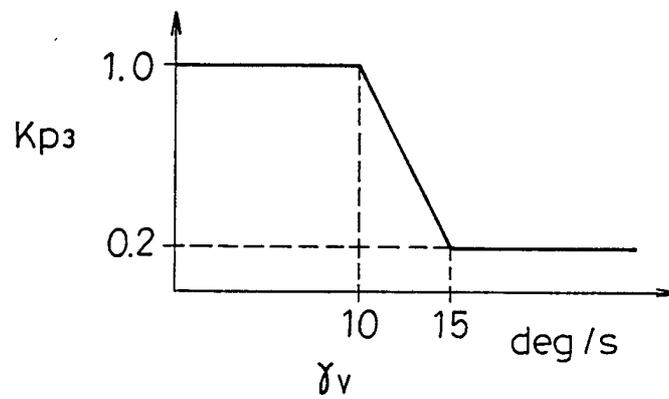


Fig. 18

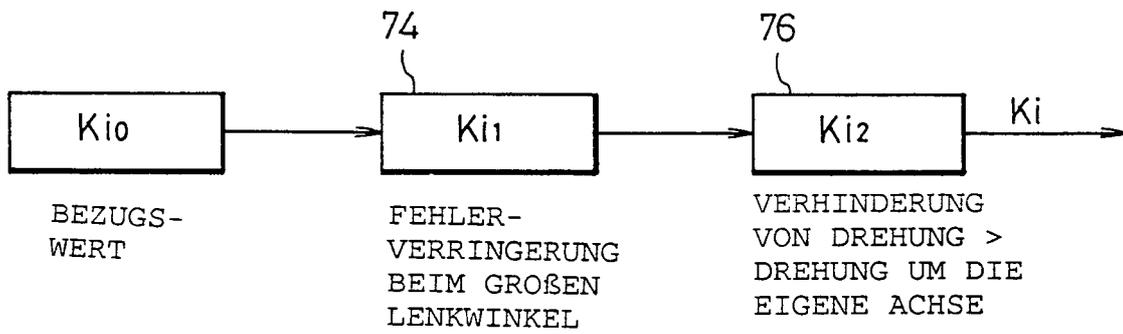


Fig. 19

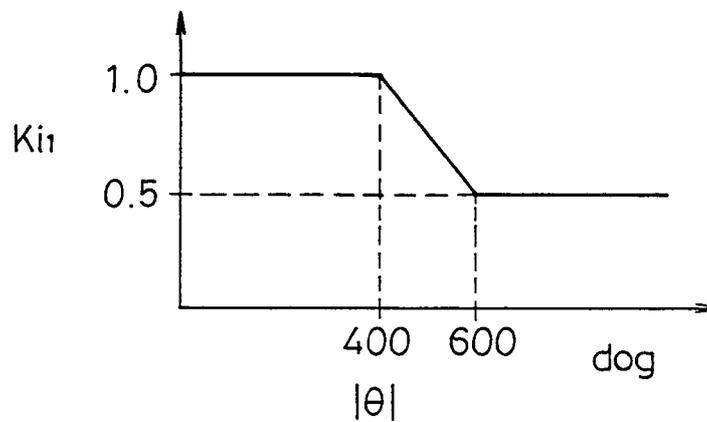


Fig. 20

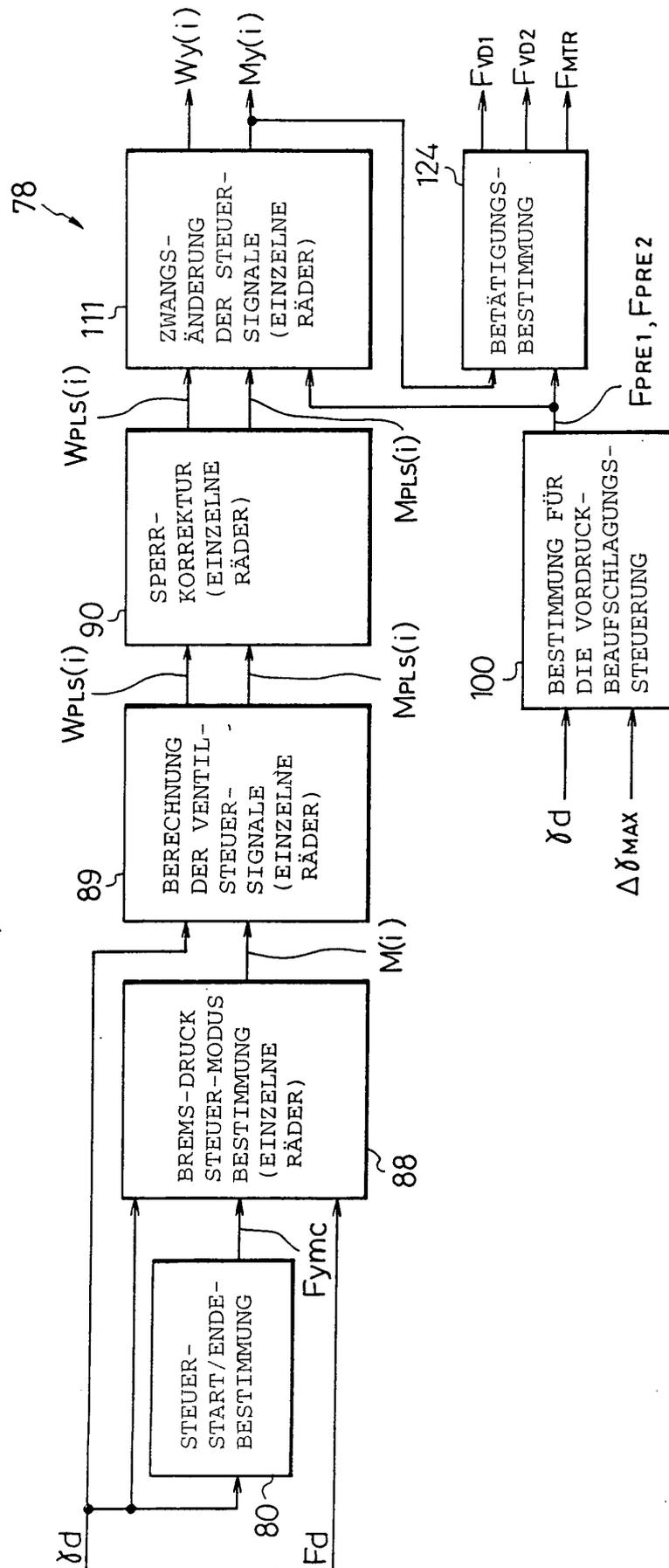


Fig. 21

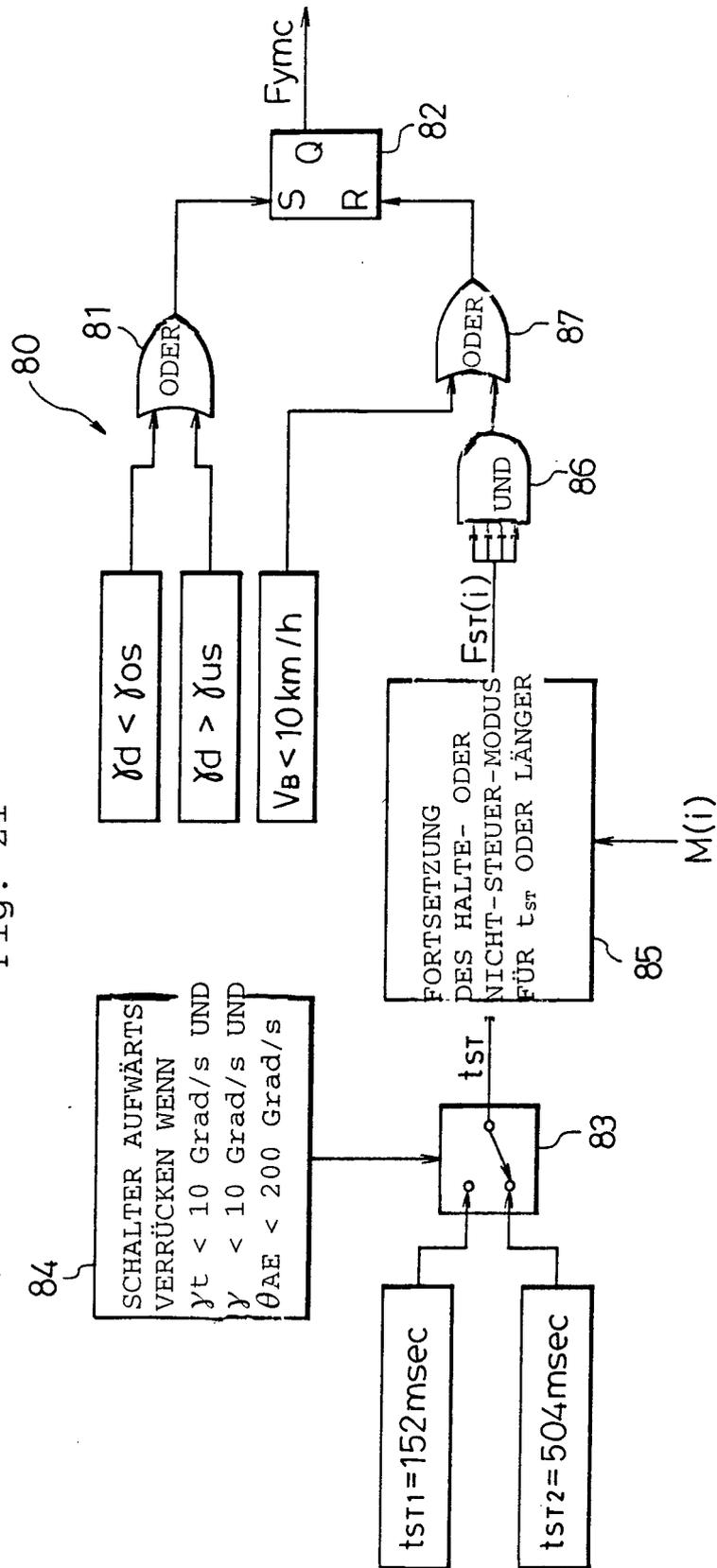


Fig. 22

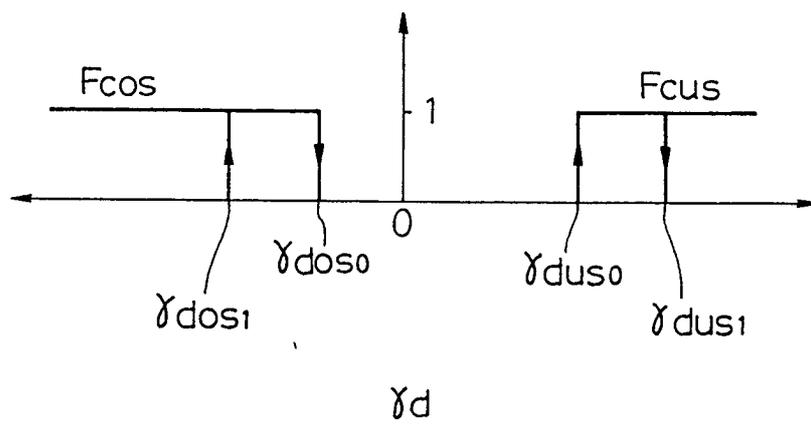


Fig. 23

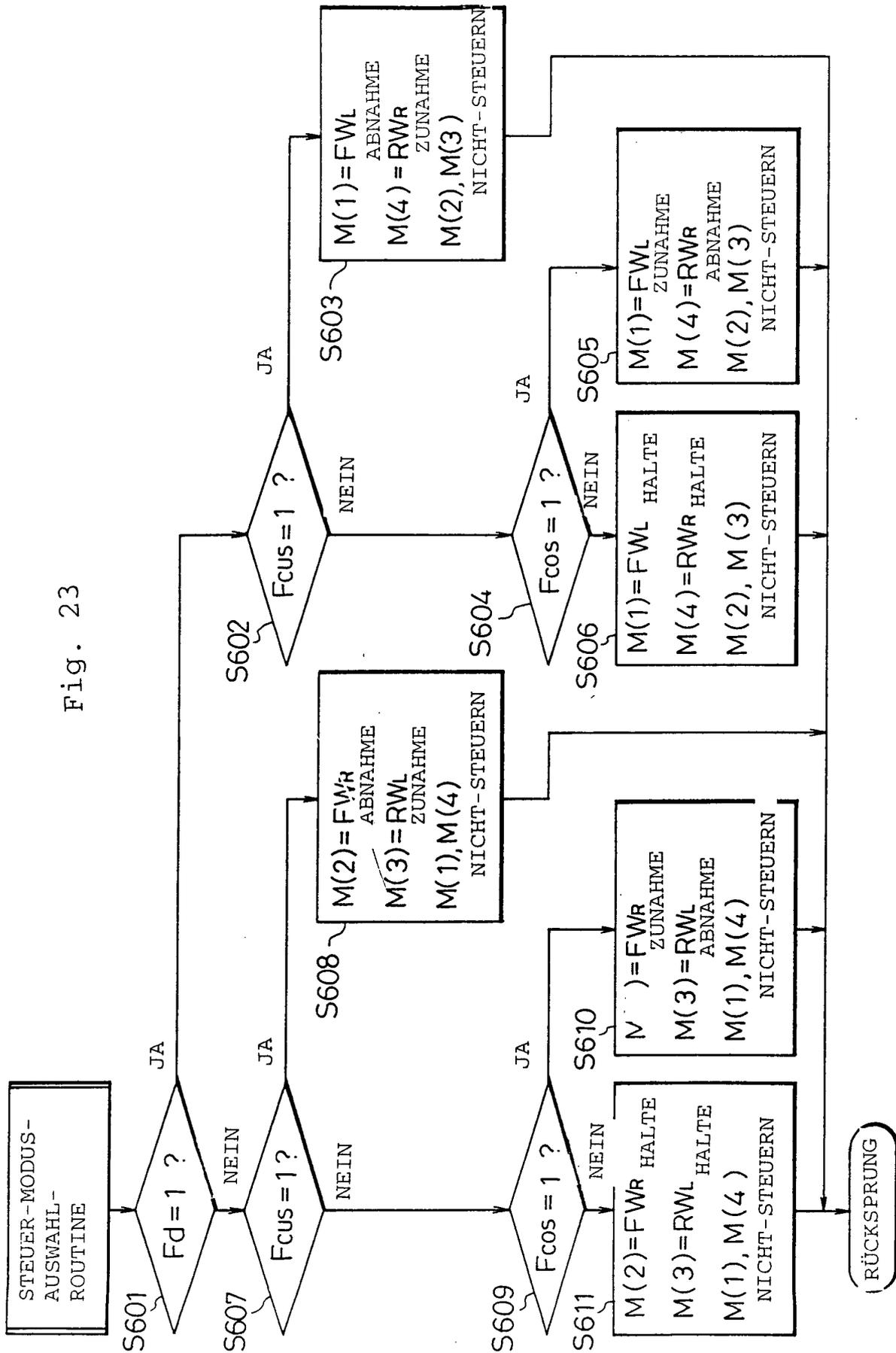


Fig. 24

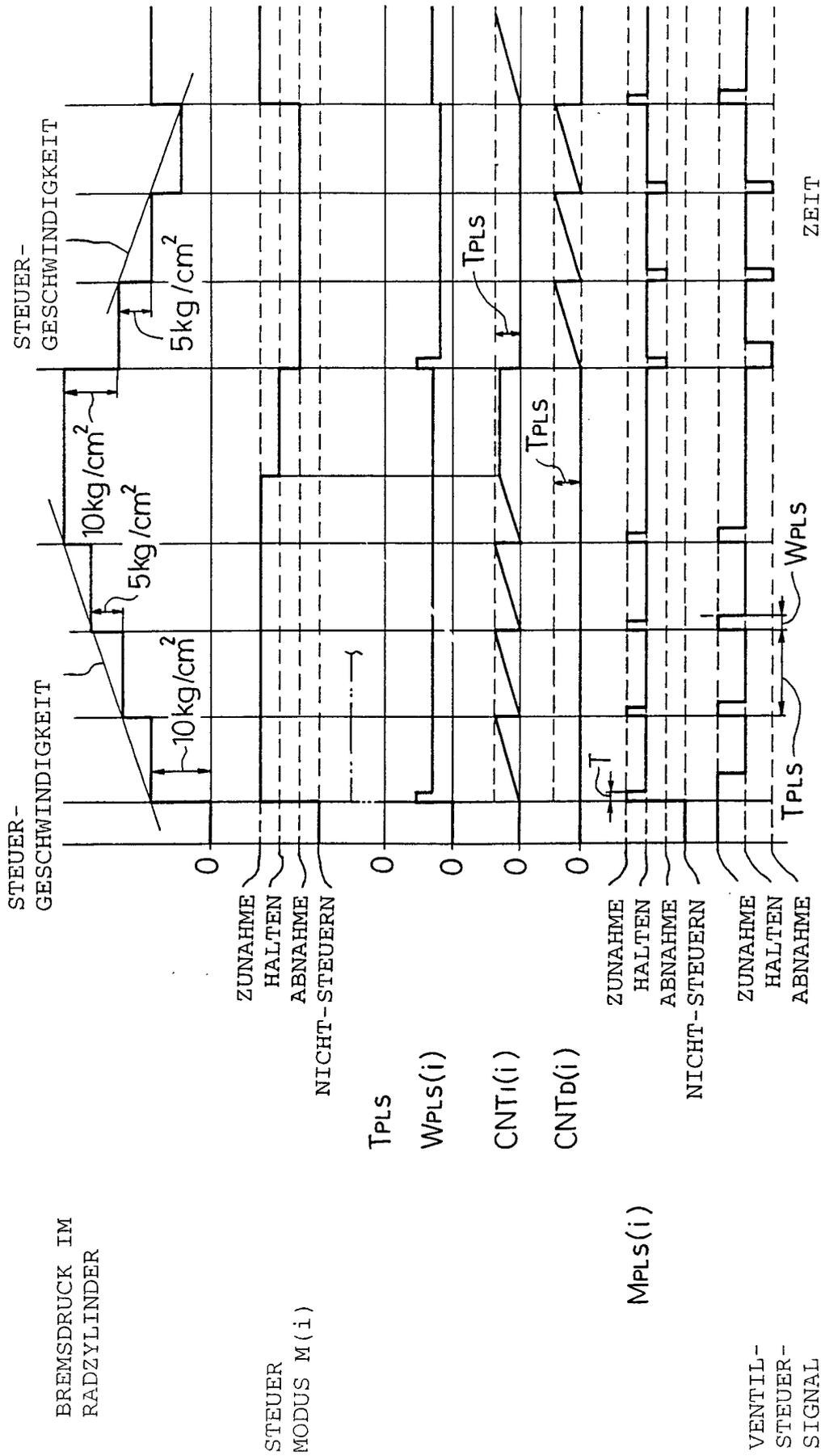


Fig. 25

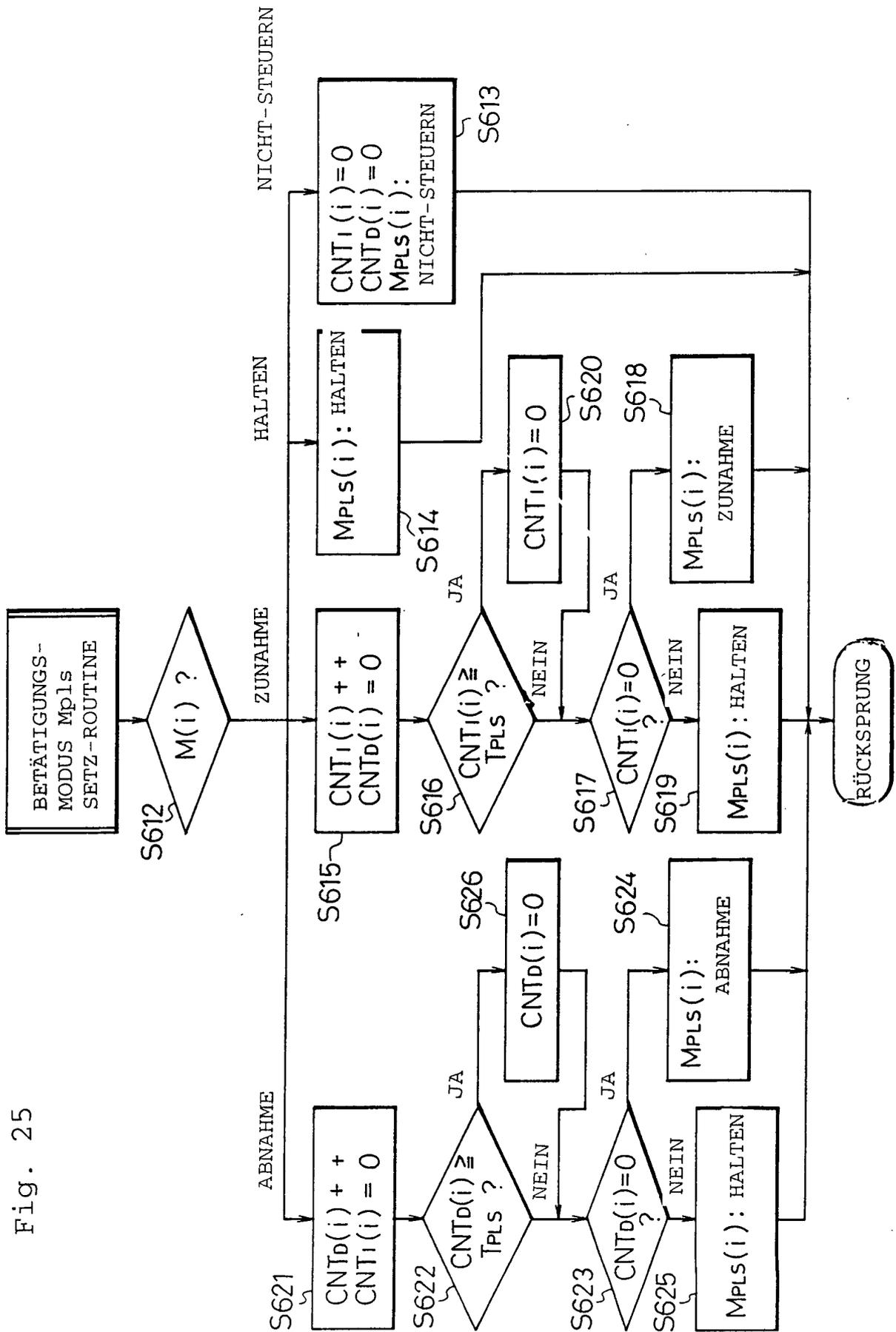


Fig. 26

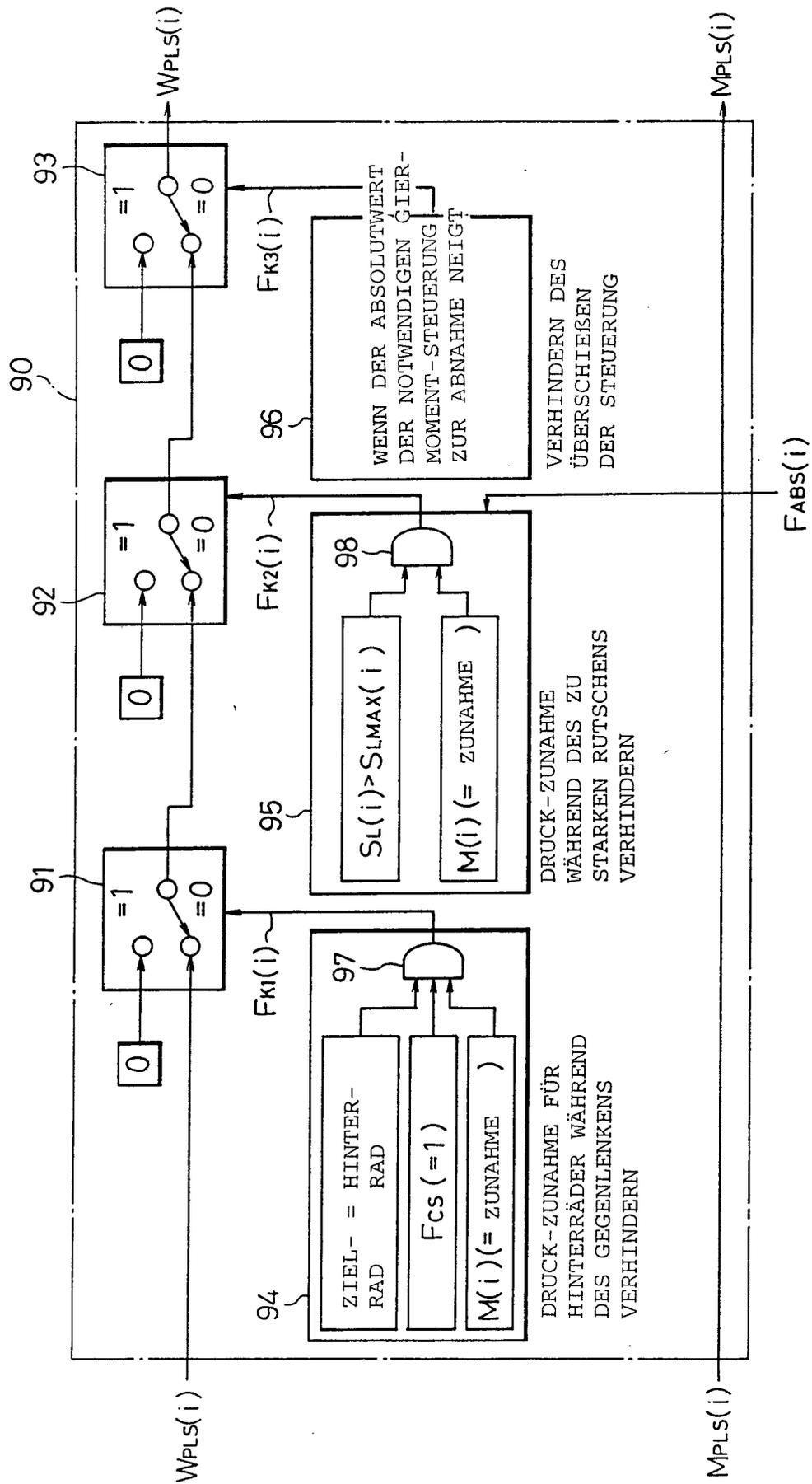


Fig. 27

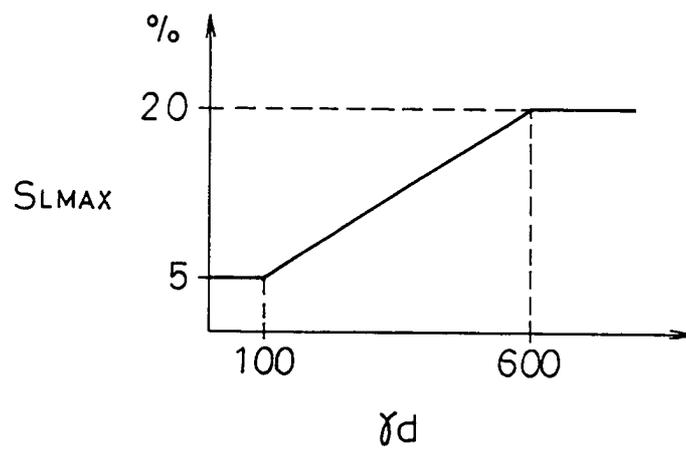


Fig. 28

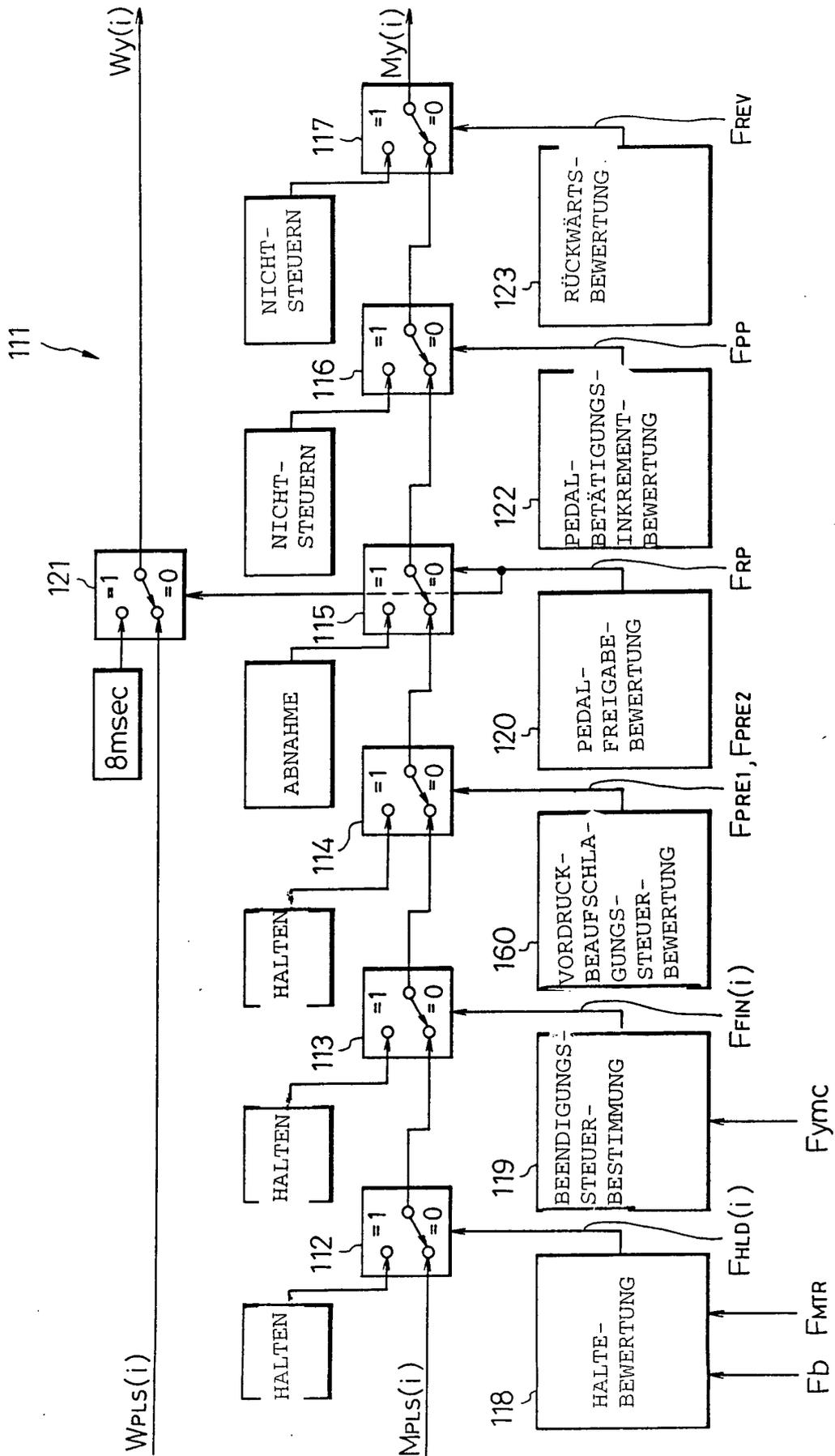


Fig. 29

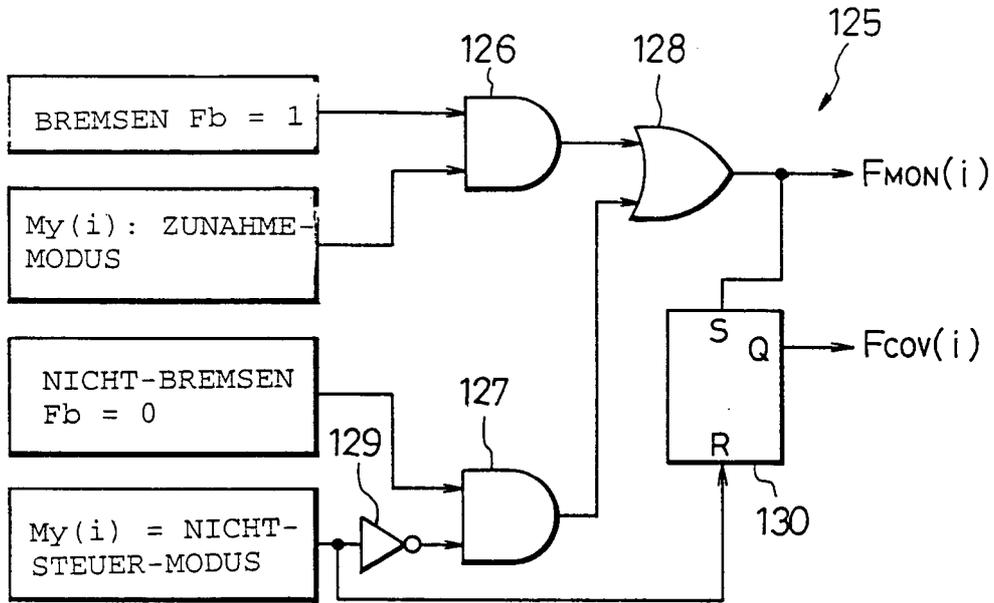


Fig. 30

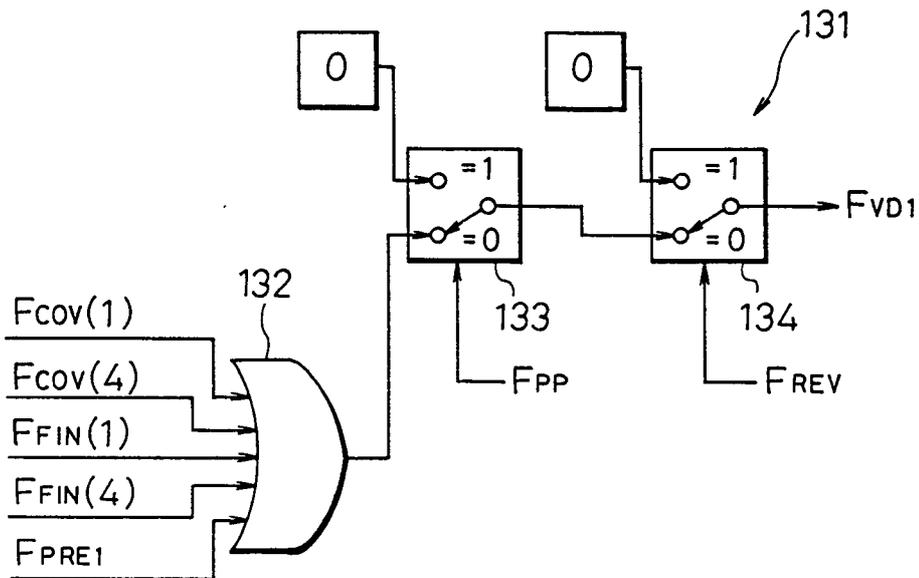


Fig. 31

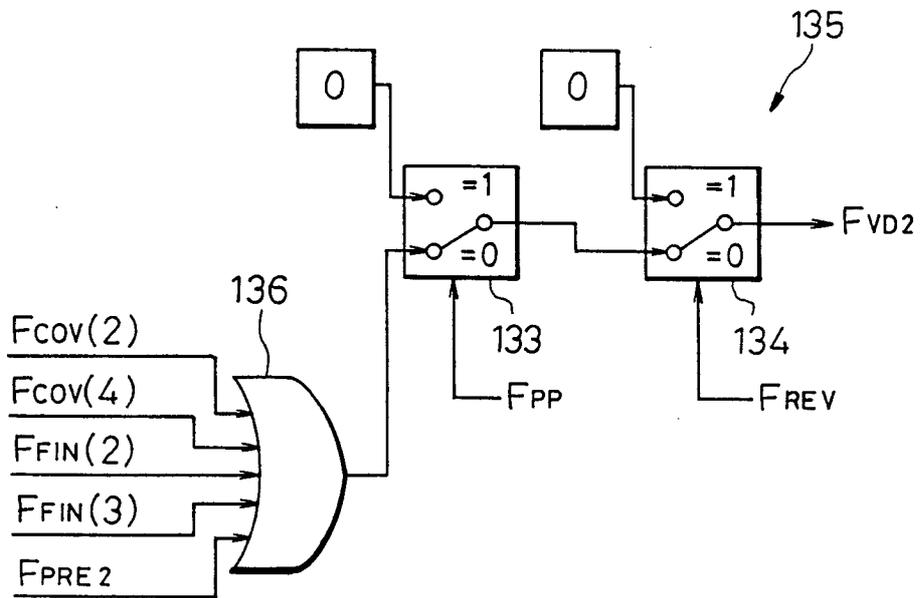


Fig. 32

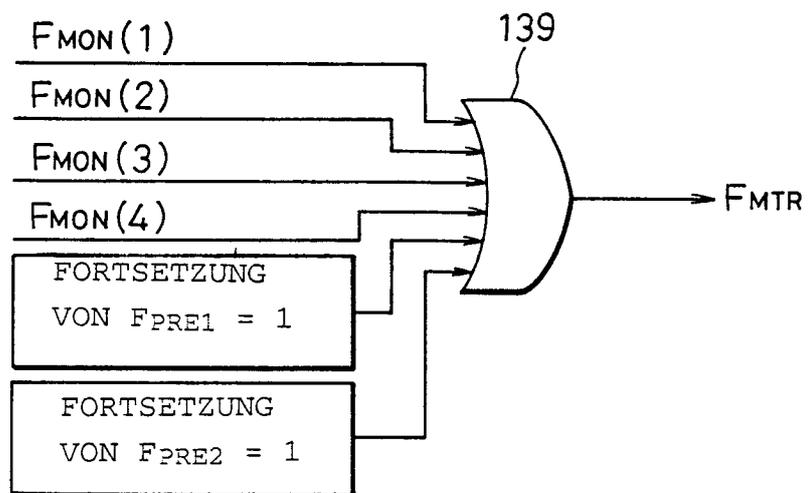


Fig. 33

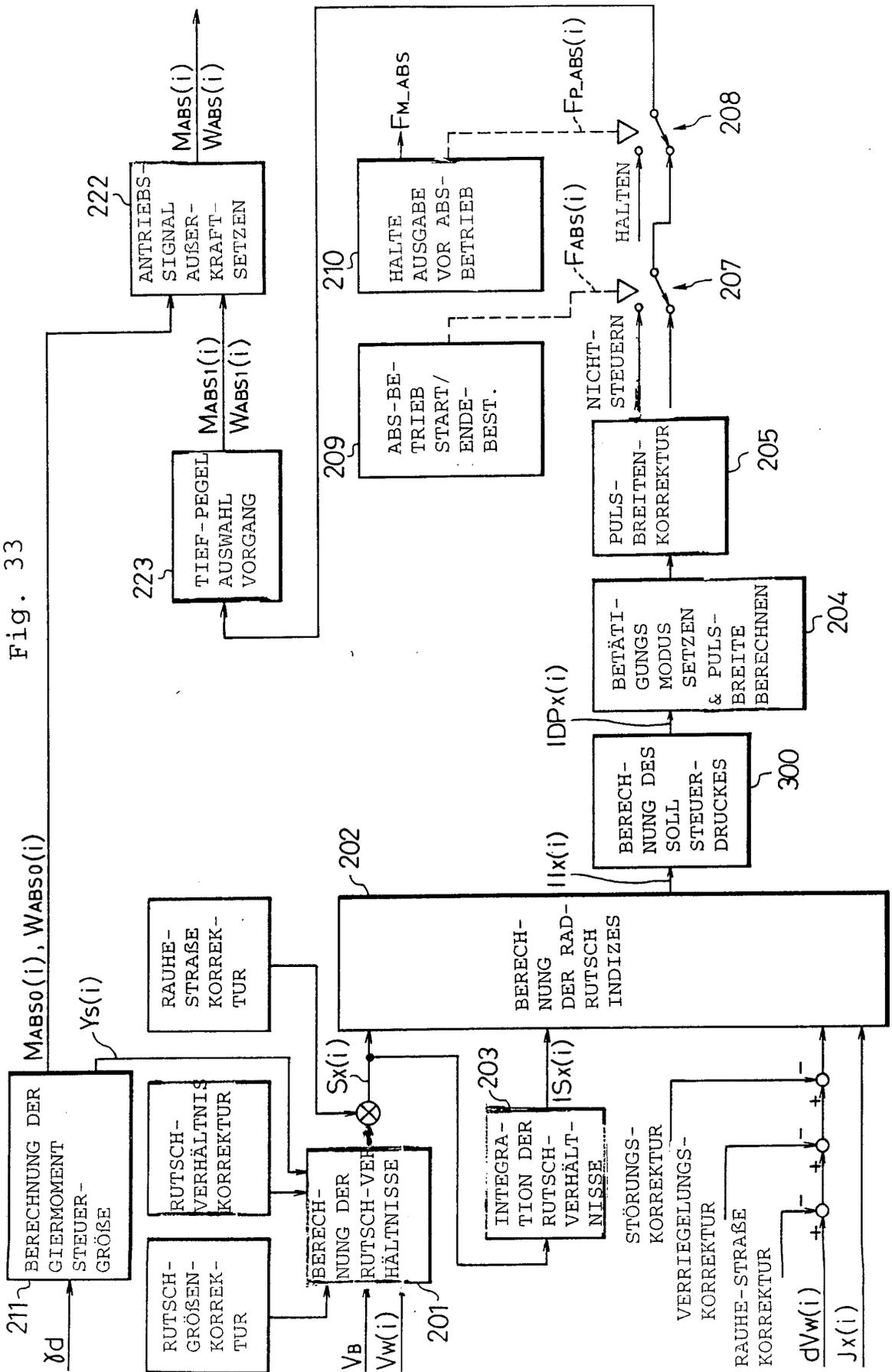


Fig. 34

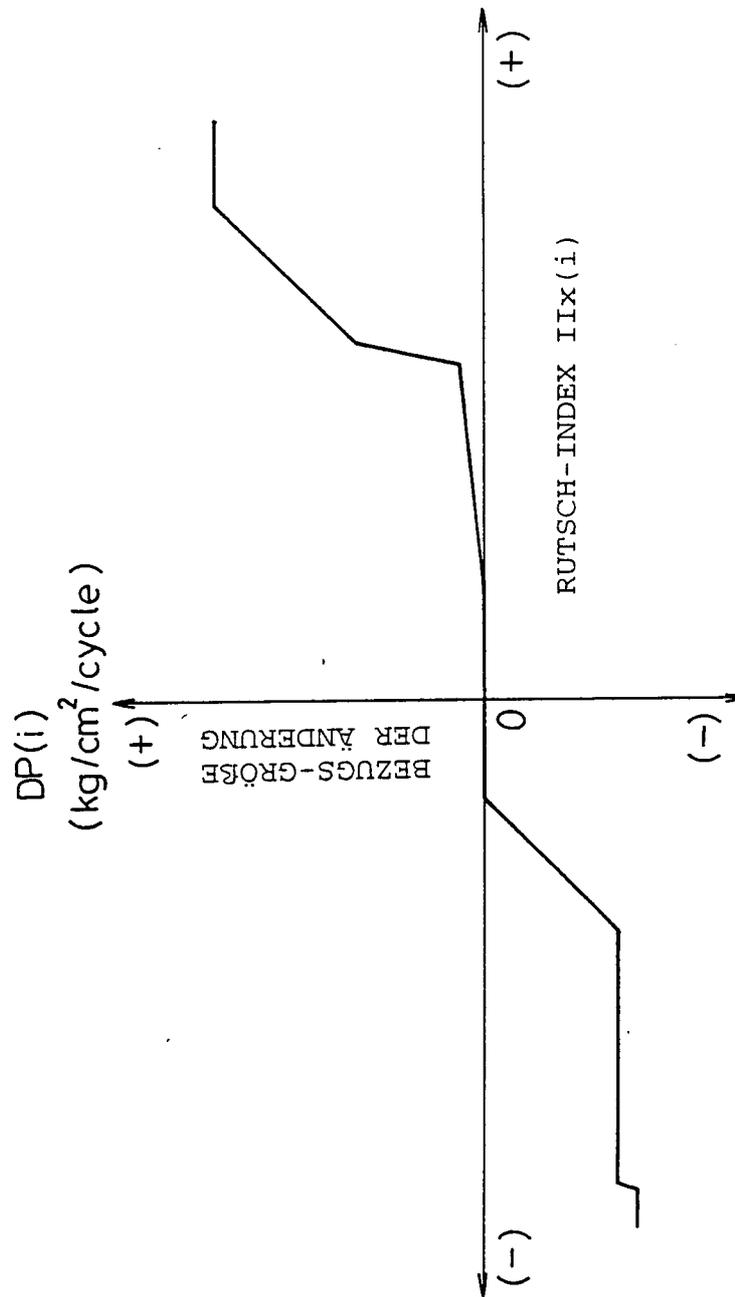
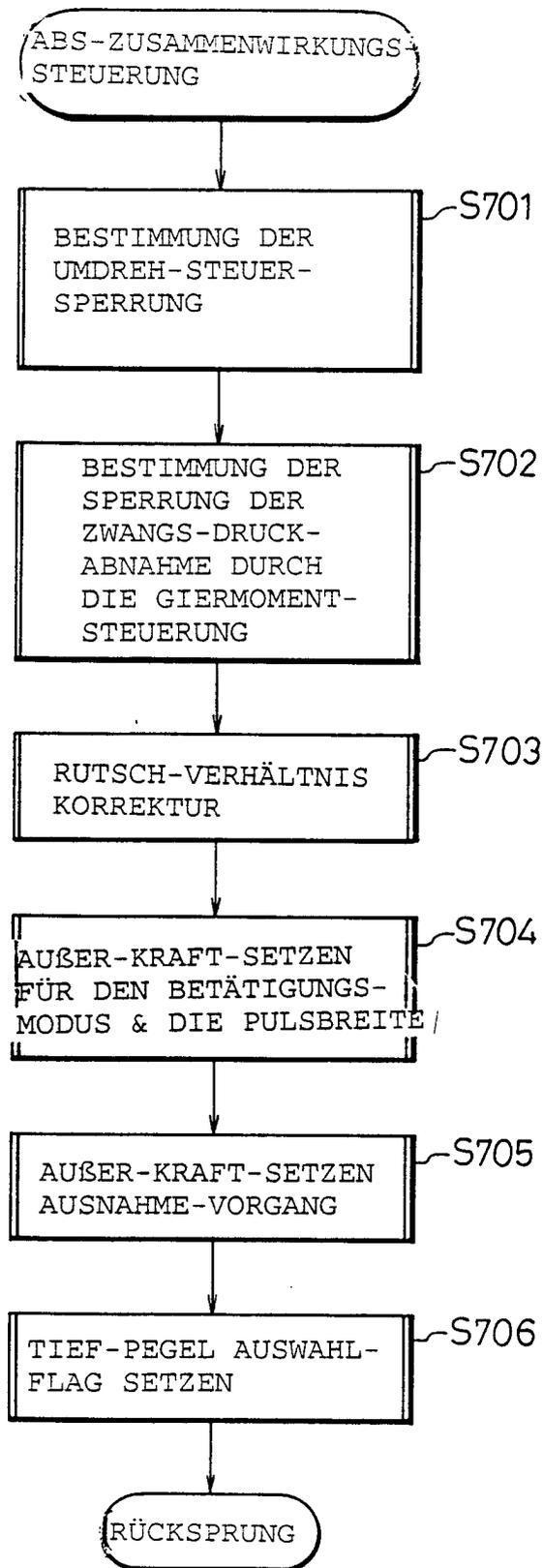


Fig. 35



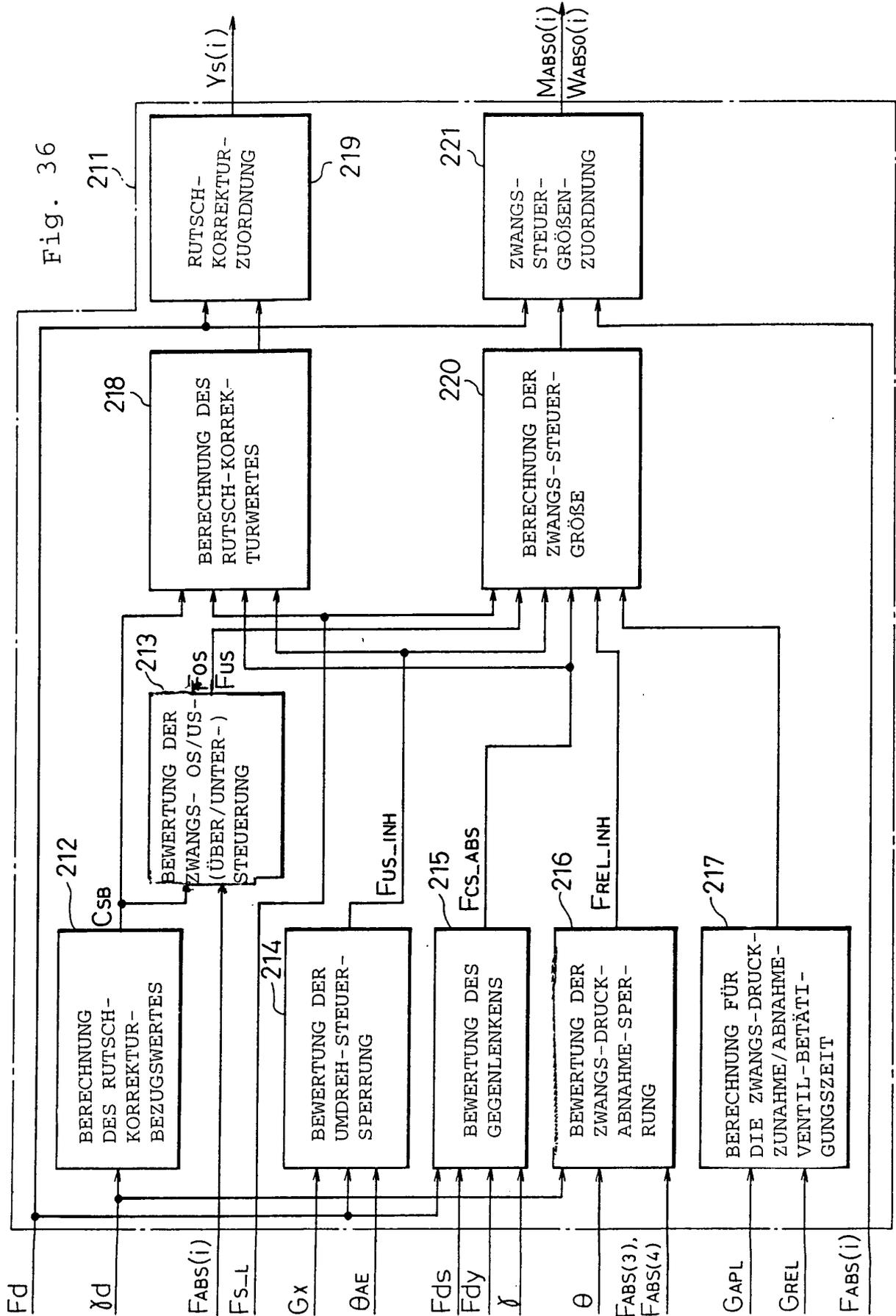


FIG. 37

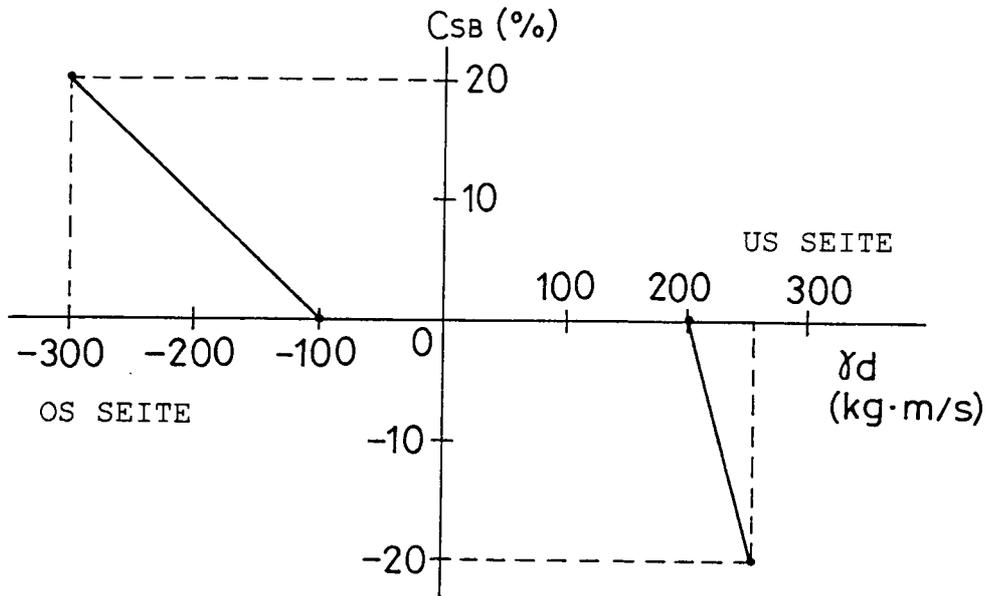


Fig. 38

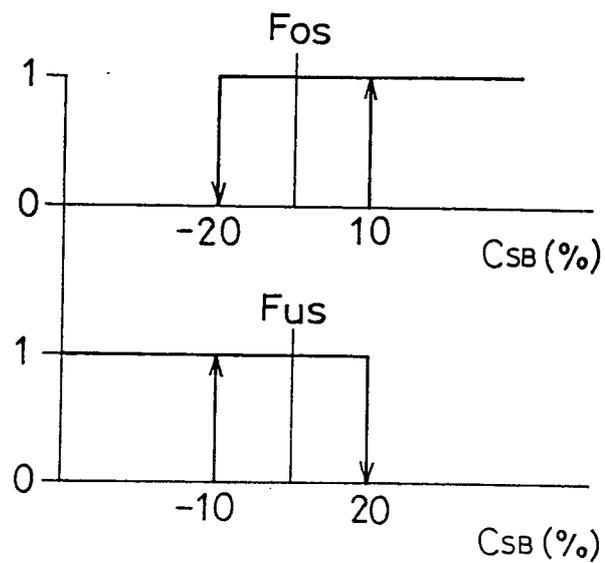


Fig. 39

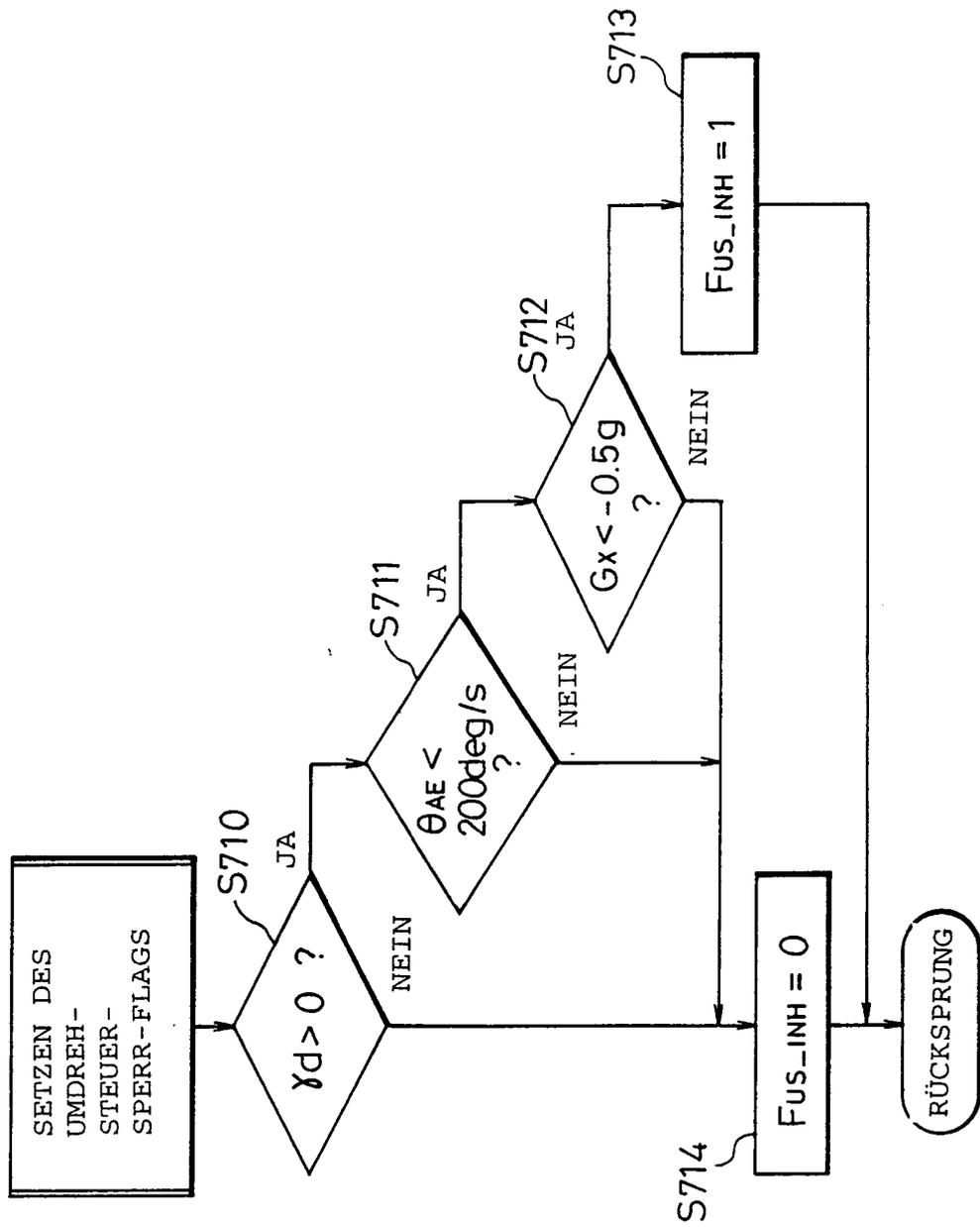


Fig. 40

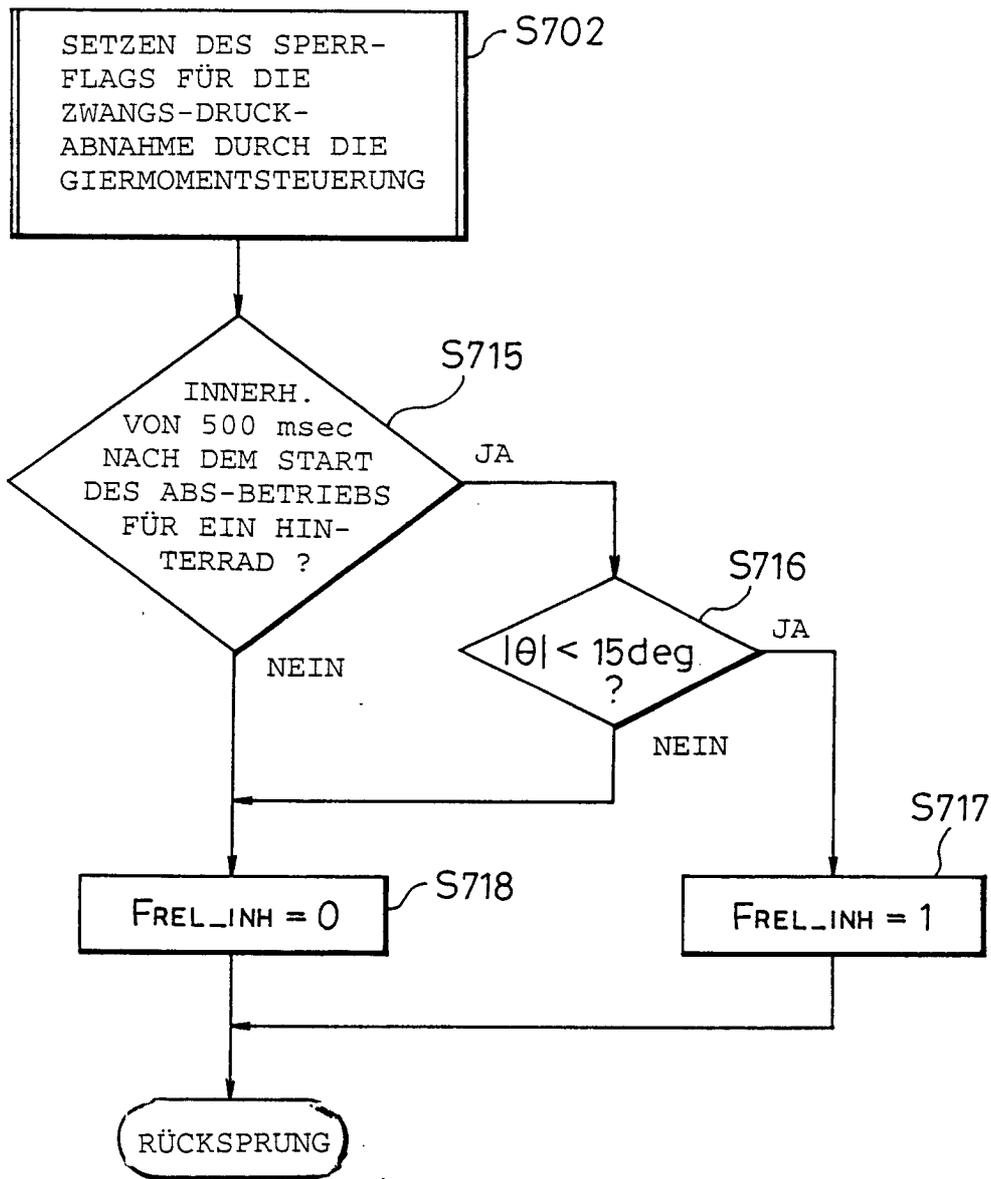


Fig. 41

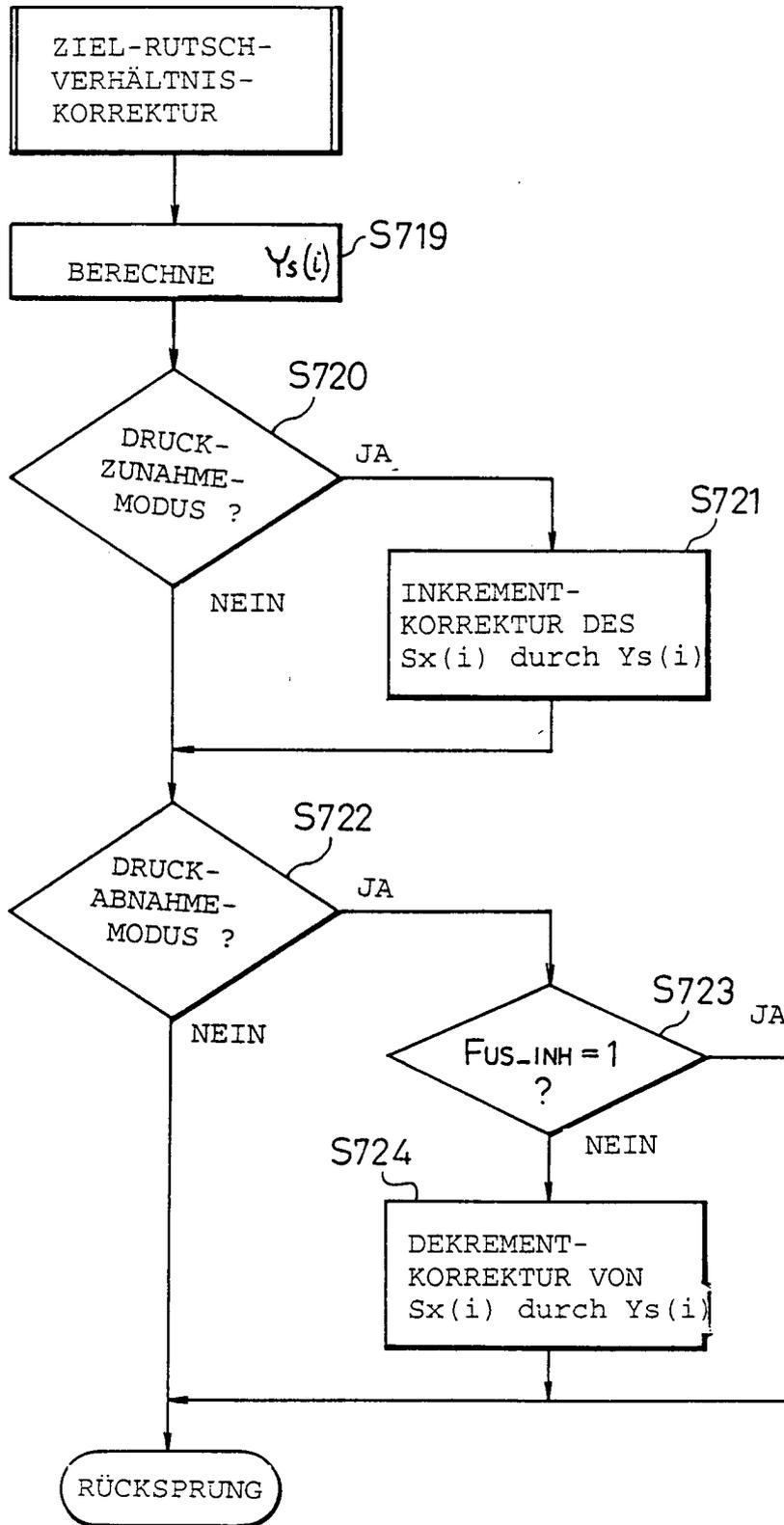


Fig. 42

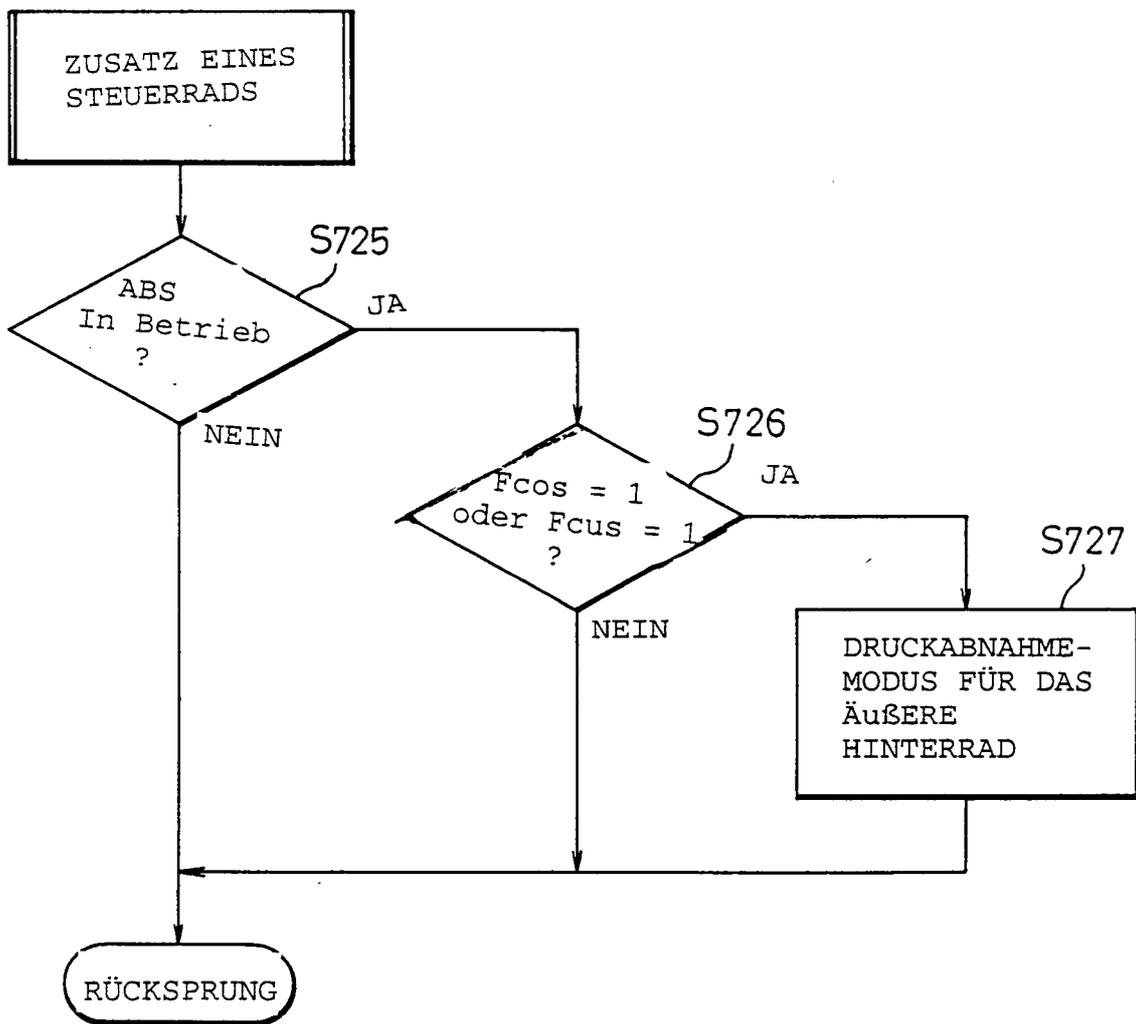


Fig. 43

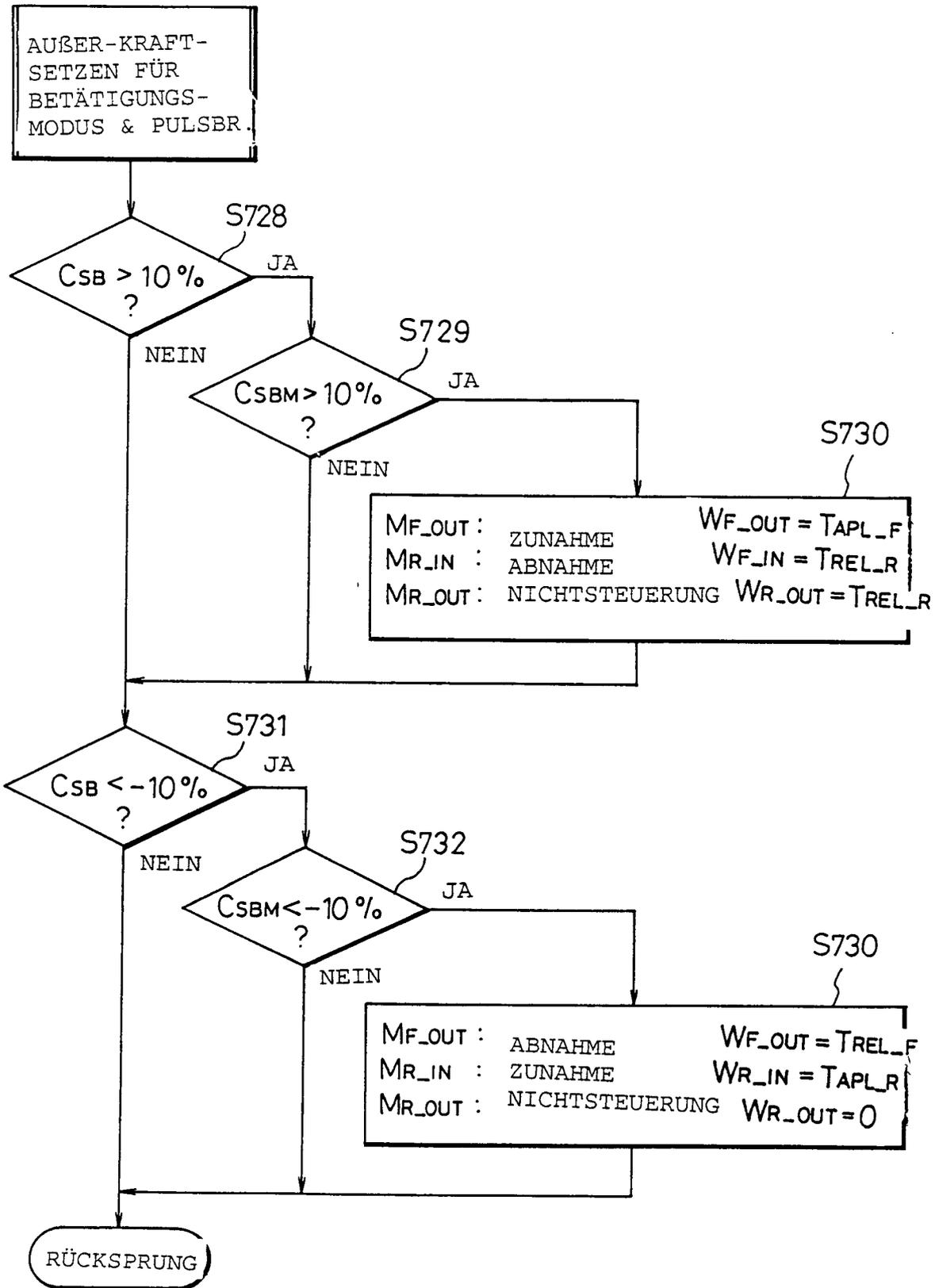


Fig. 44

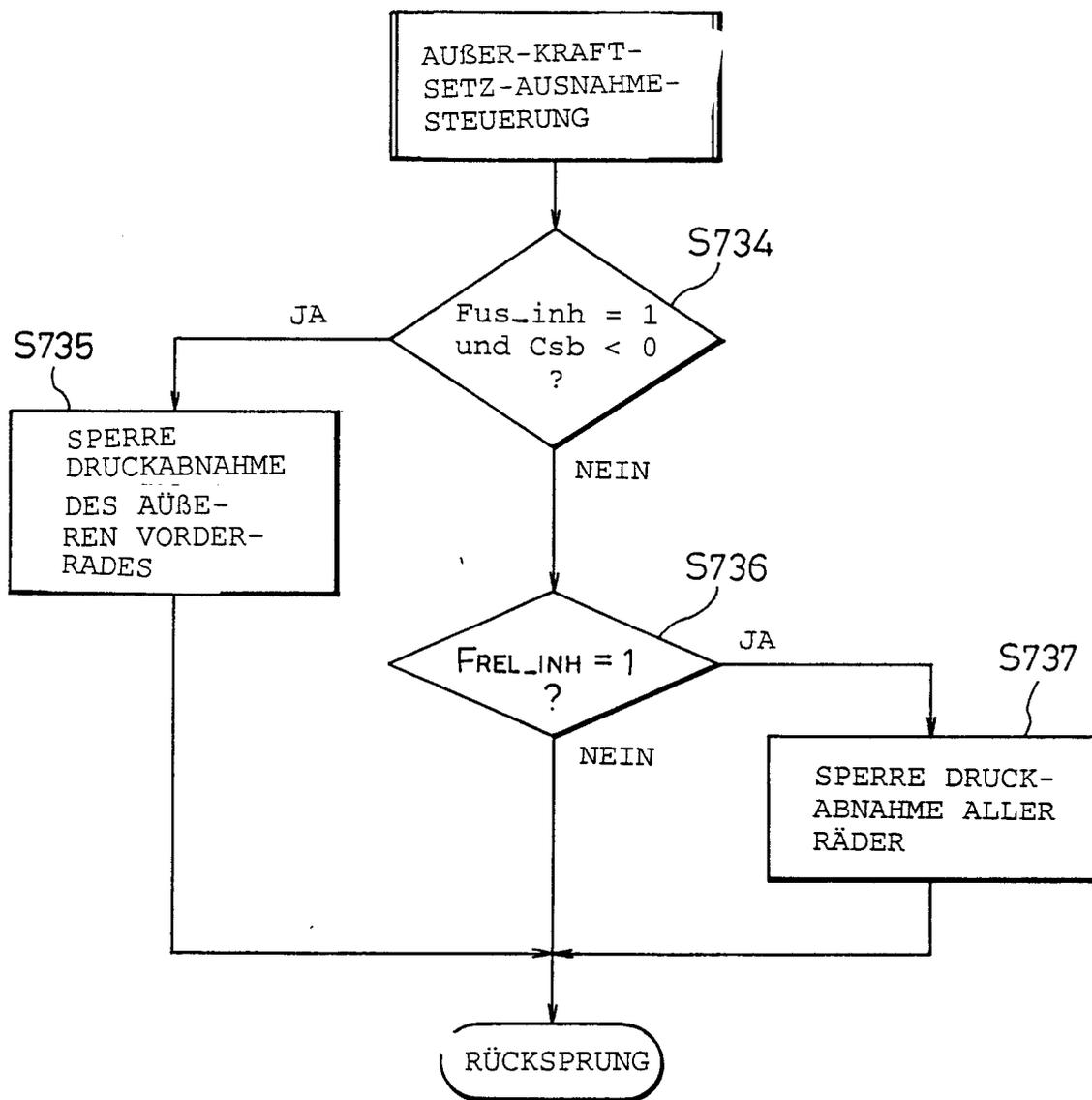


Fig. 45

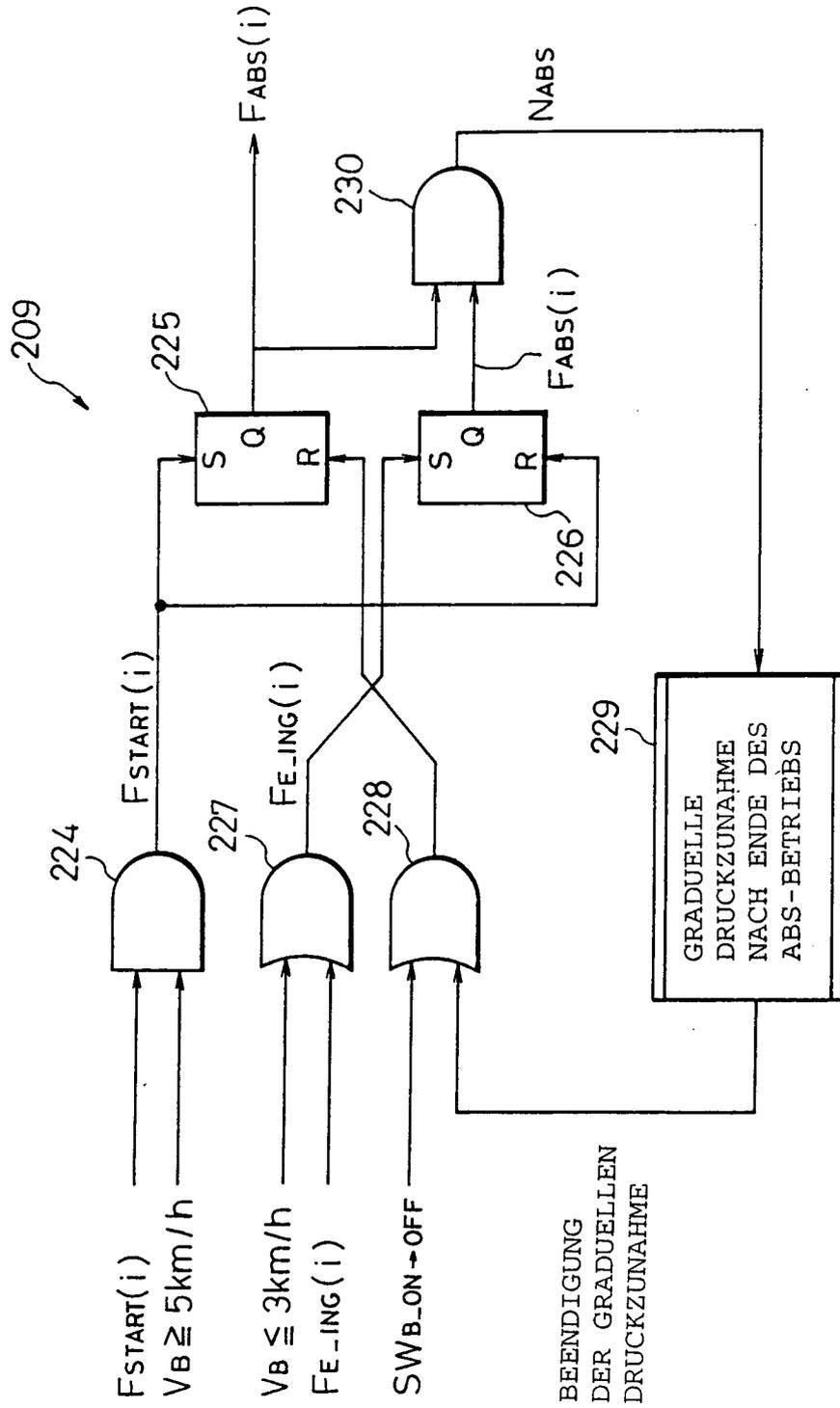


Fig. 46

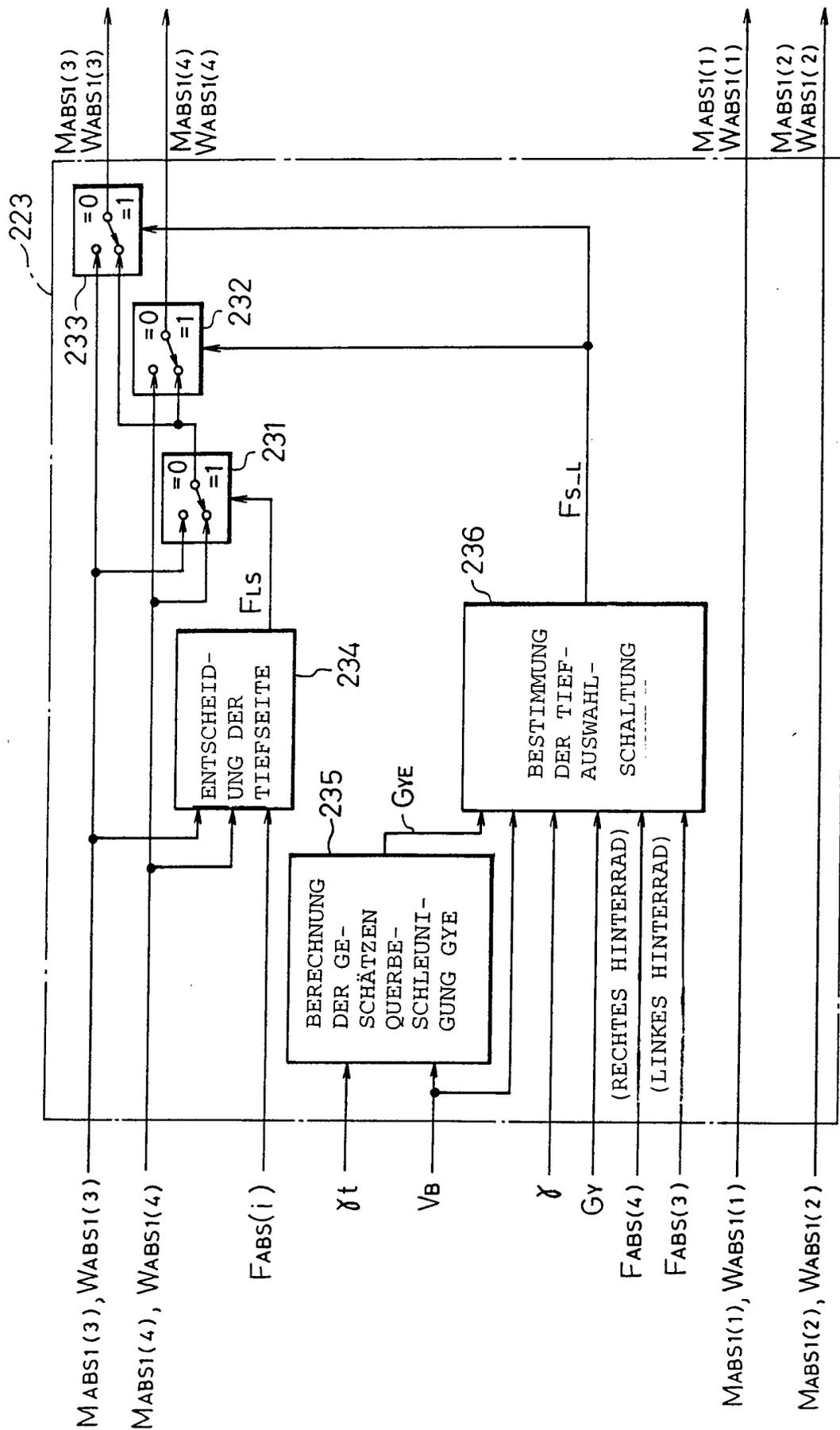


Fig. 47

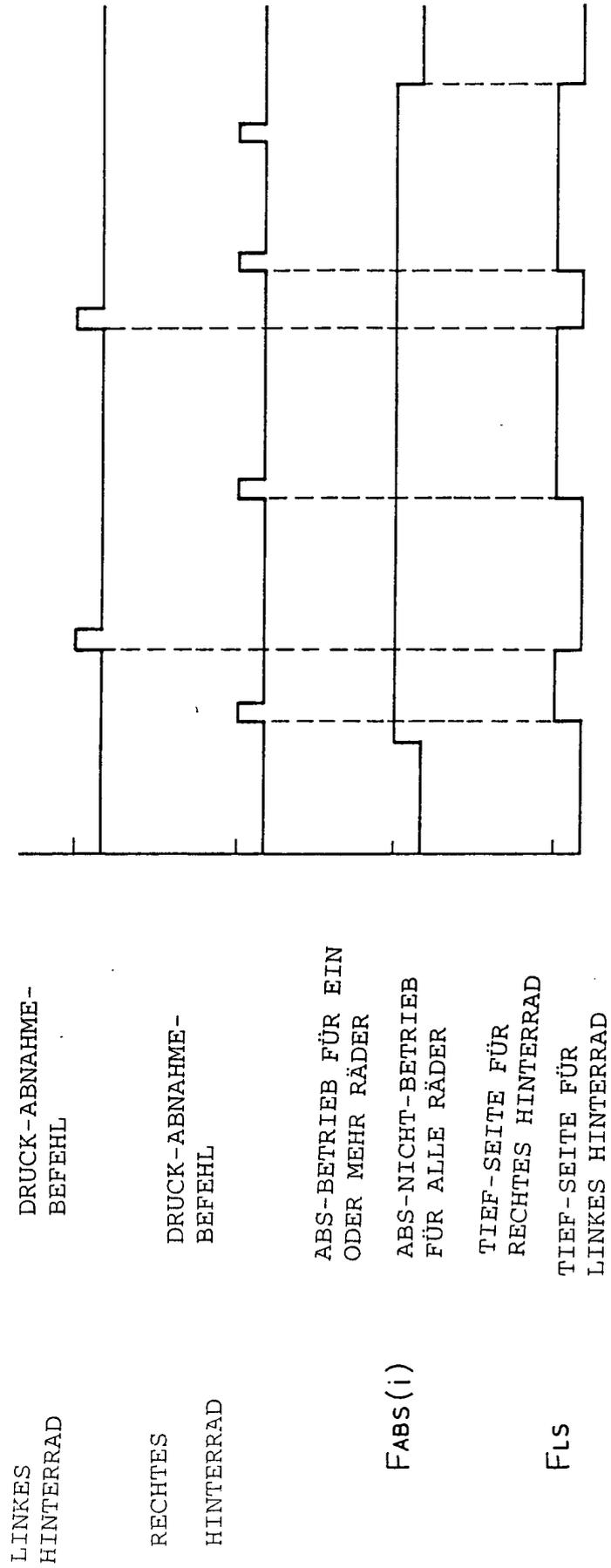


FIG. 48

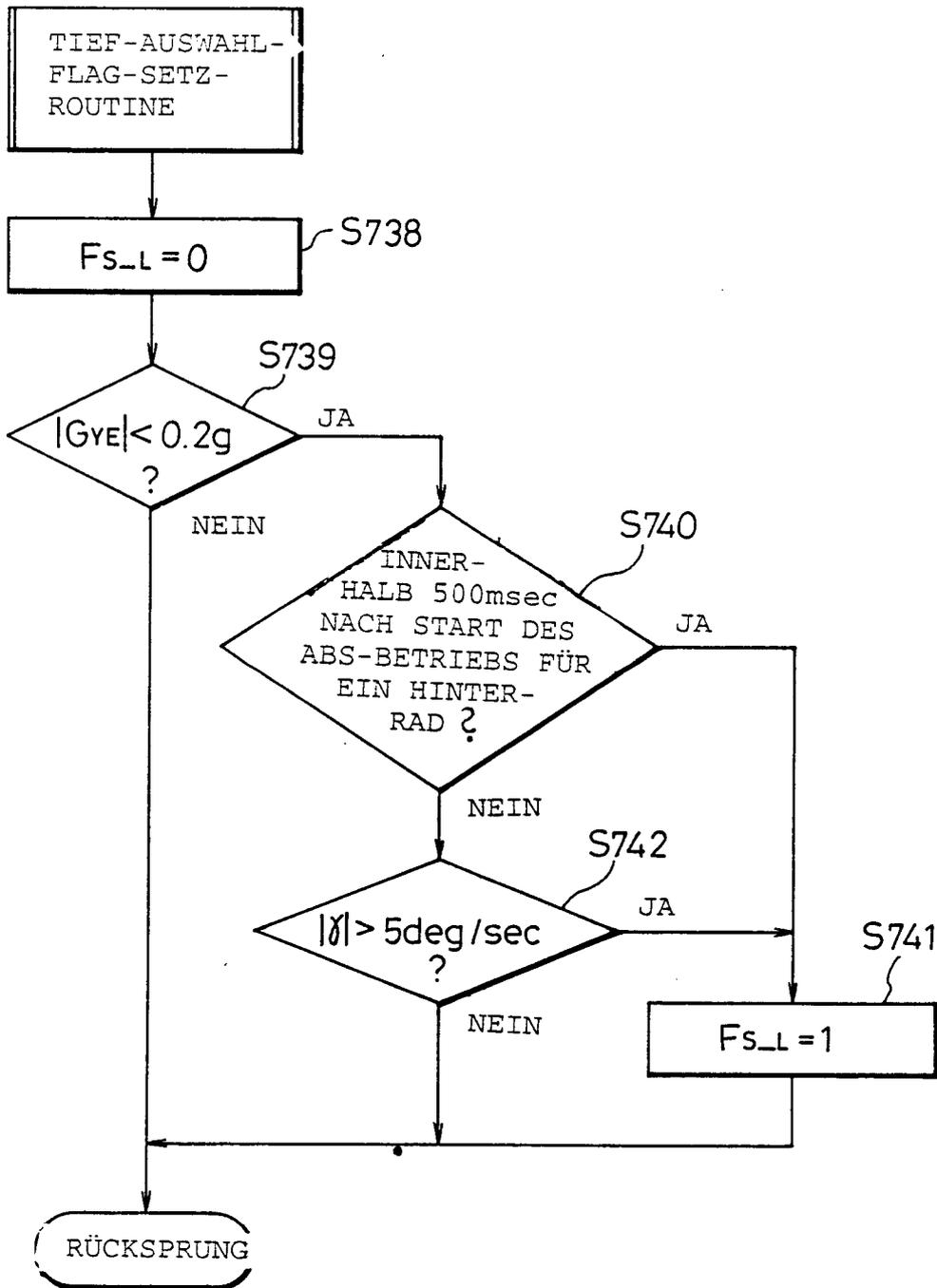


FIG. 49

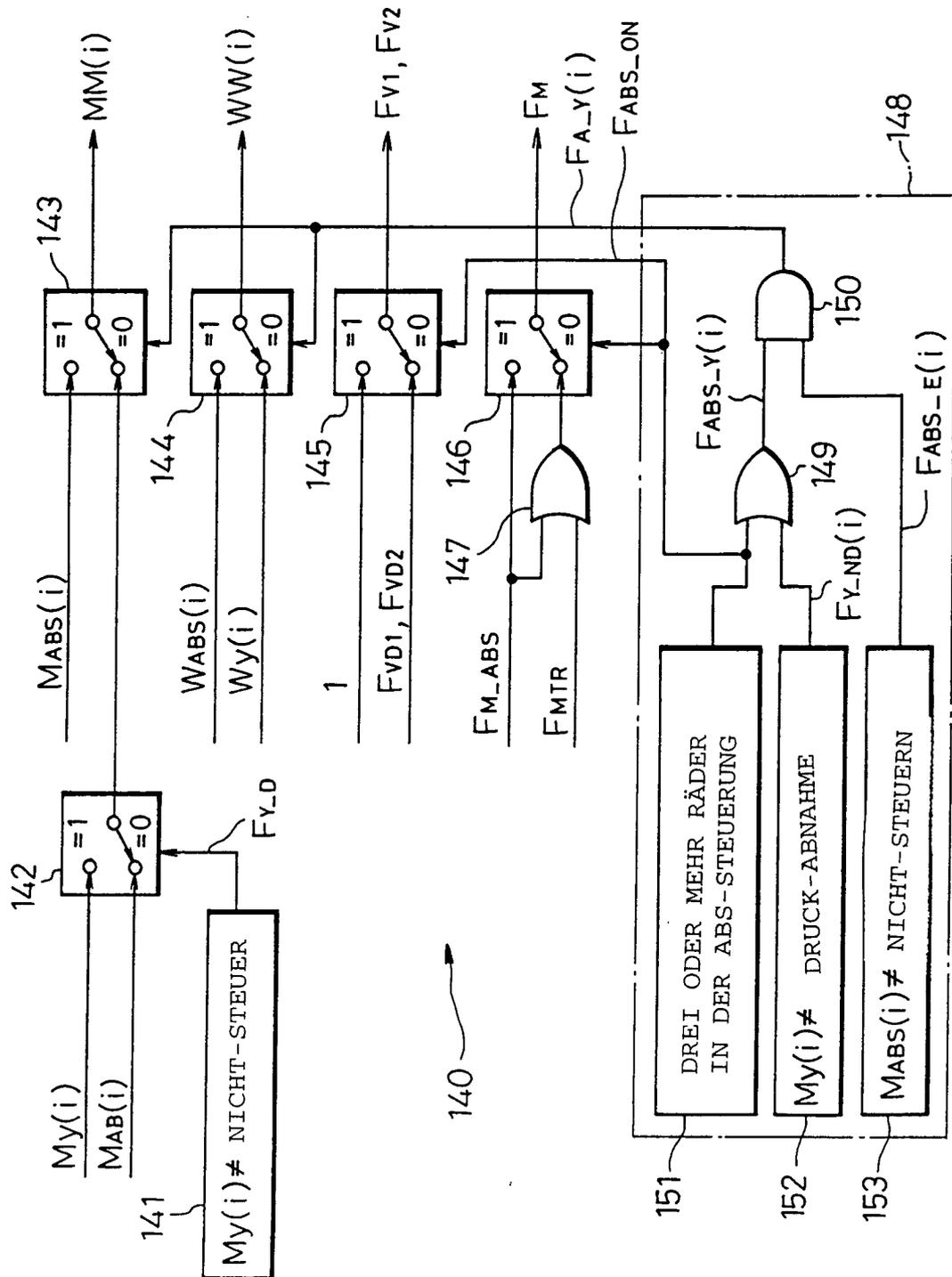


FIG. 50

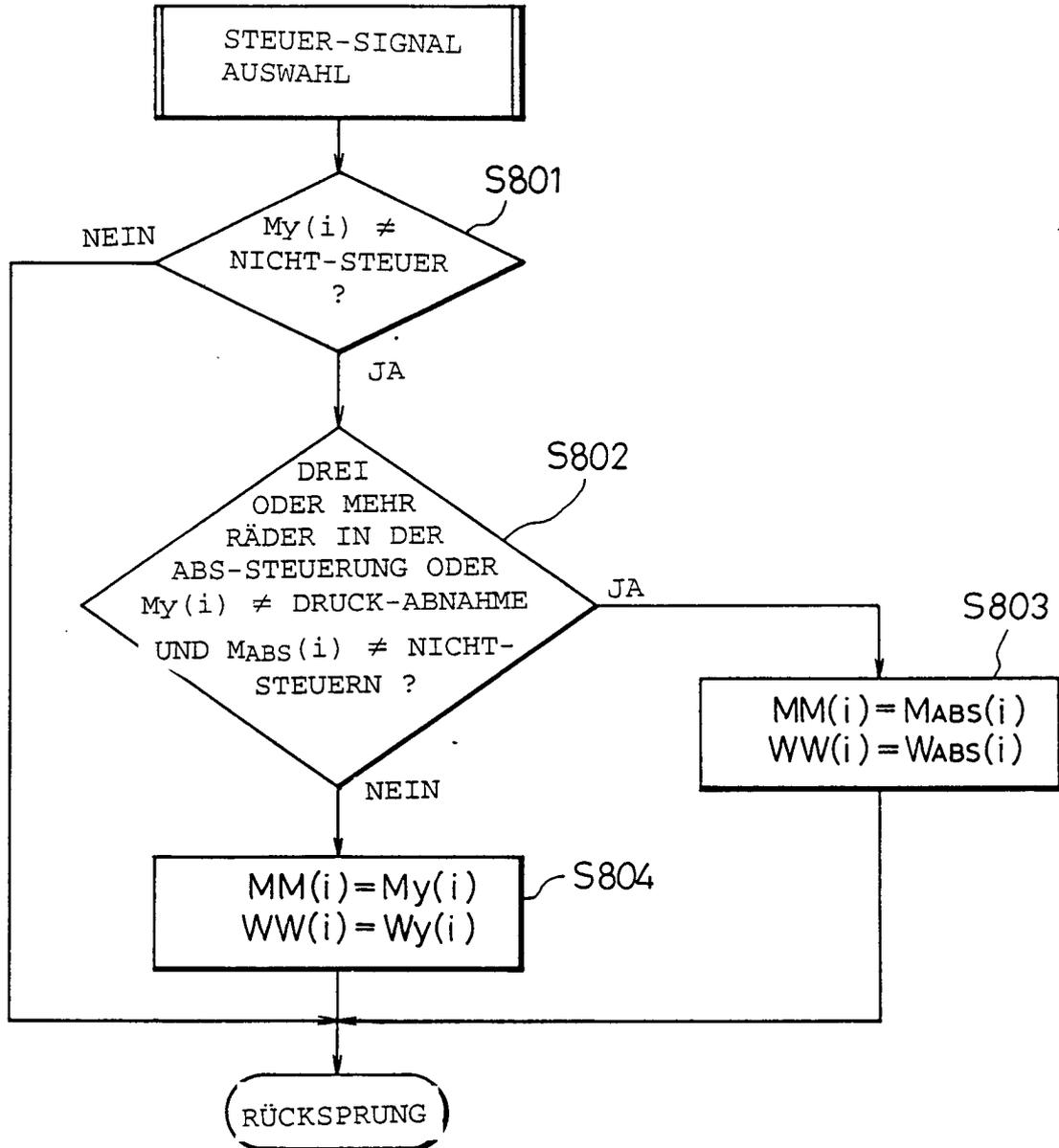


FIG. 51

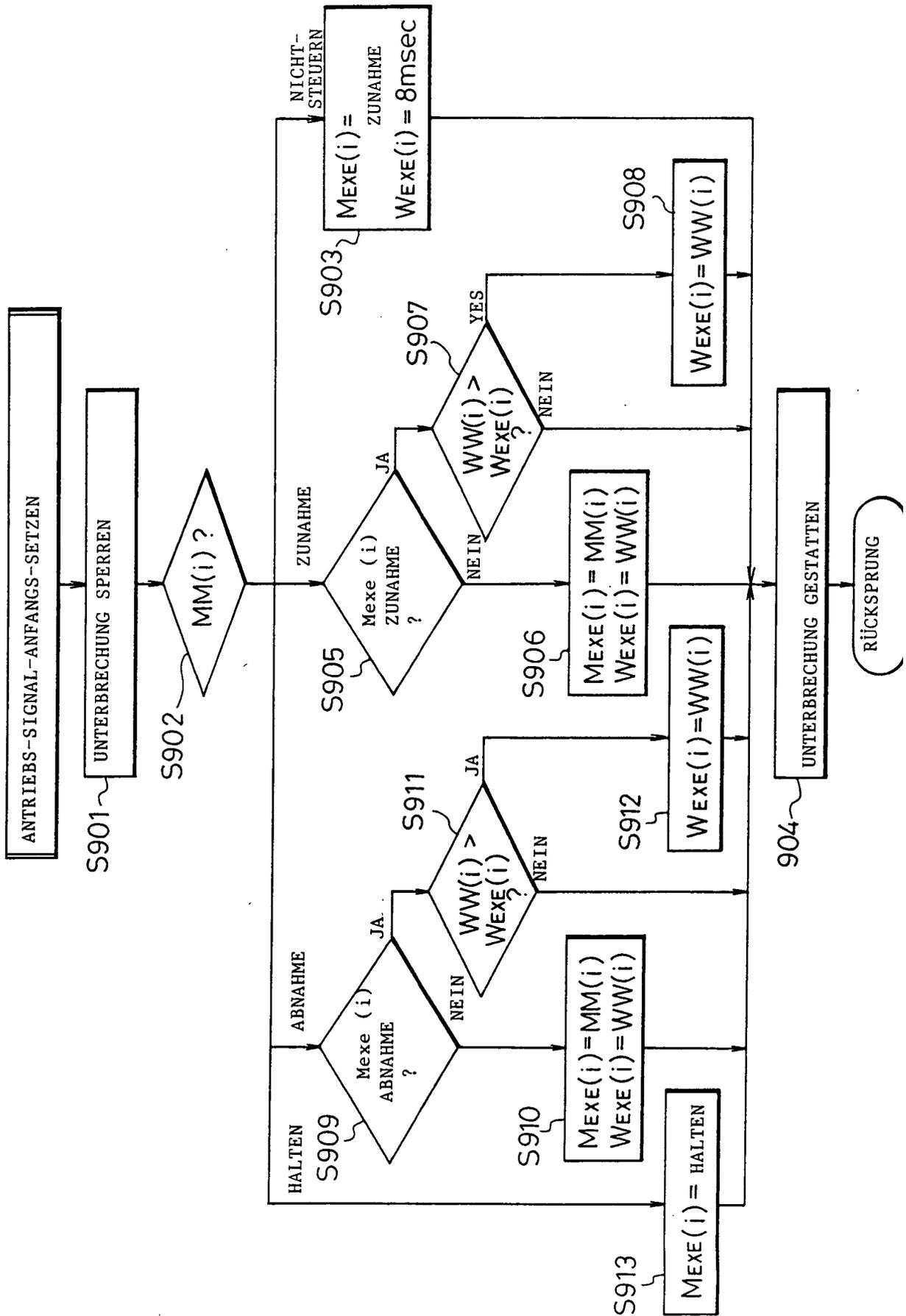


FIG. 52

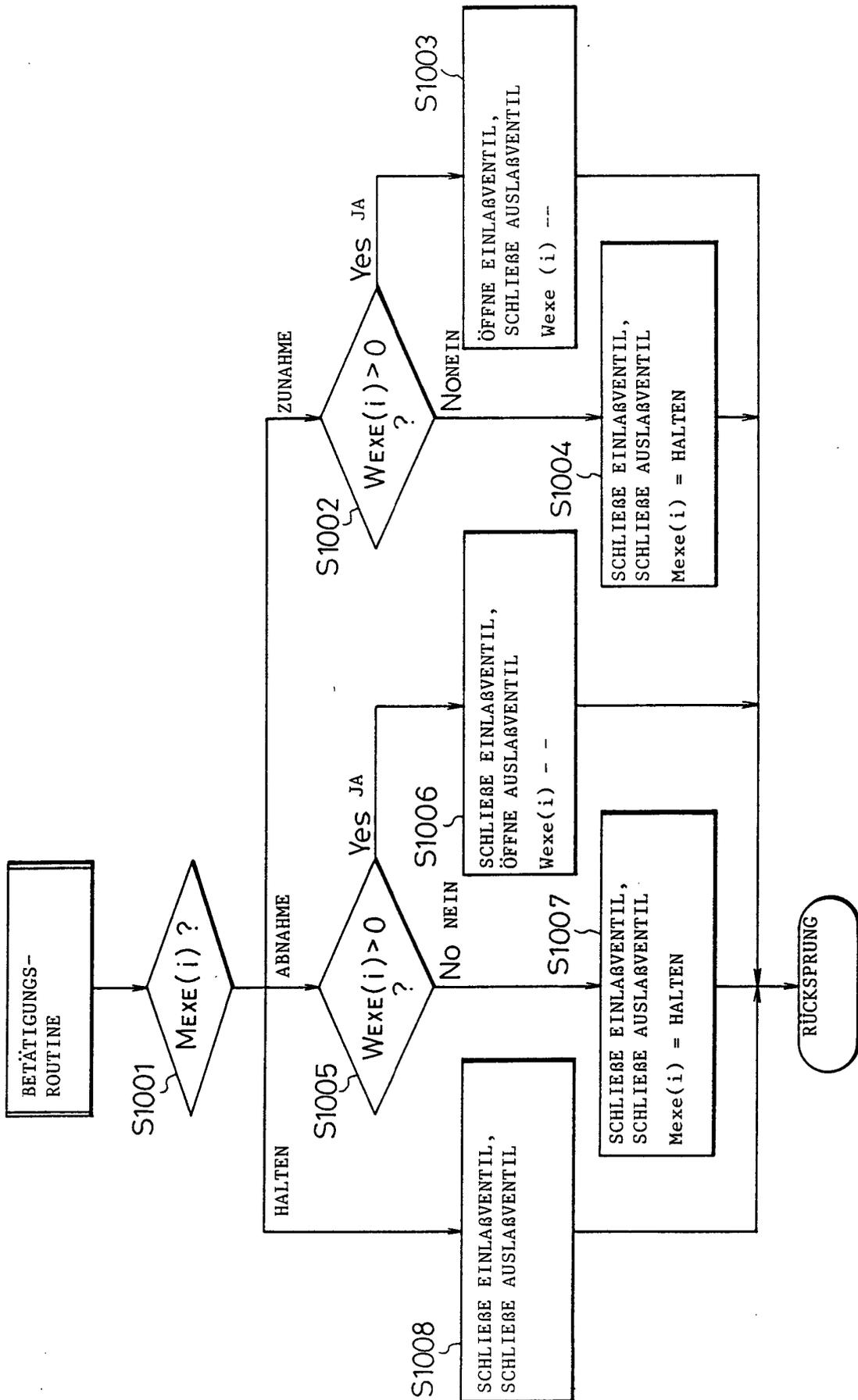


FIG. 53

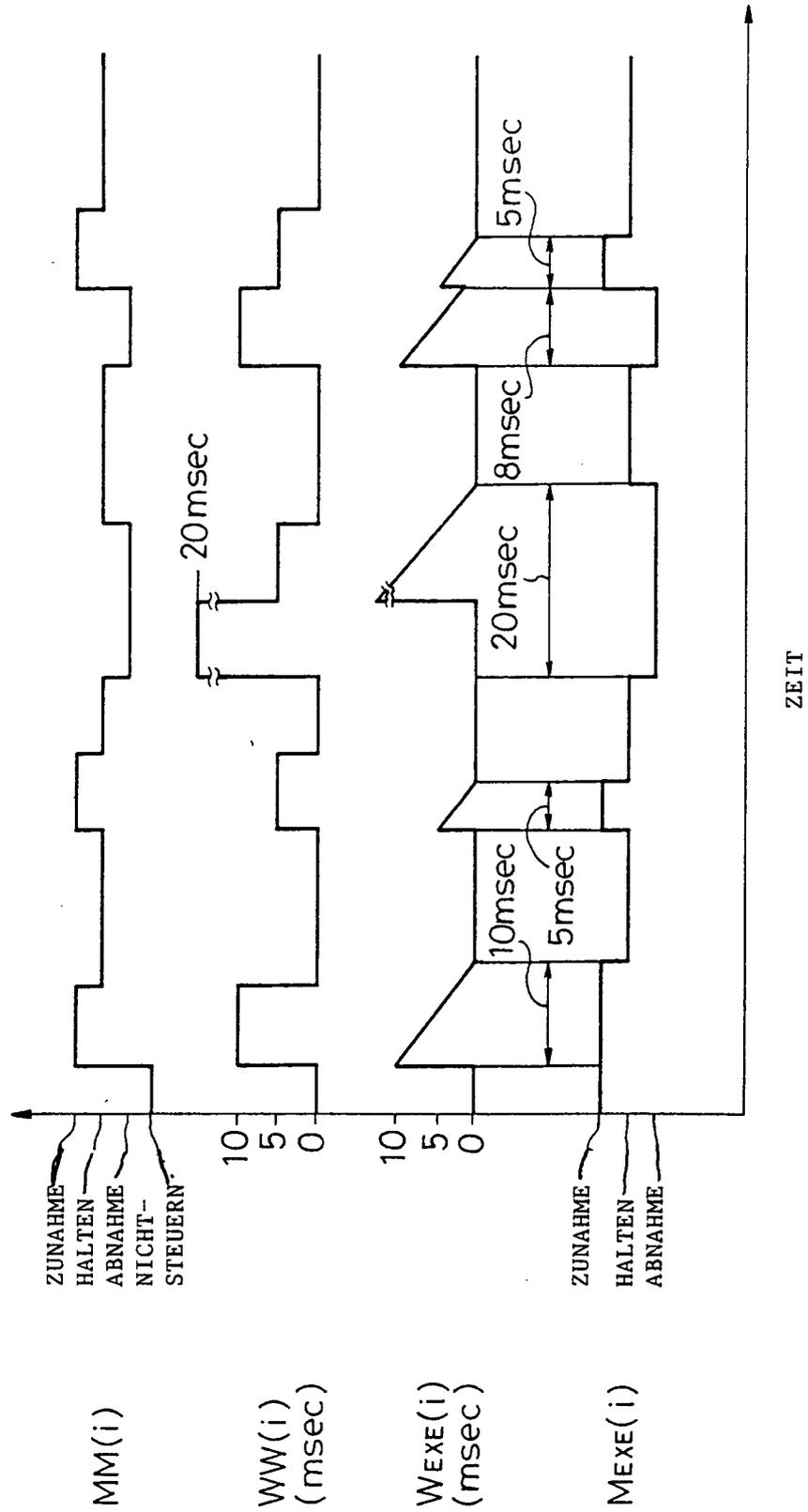


FIG. 54

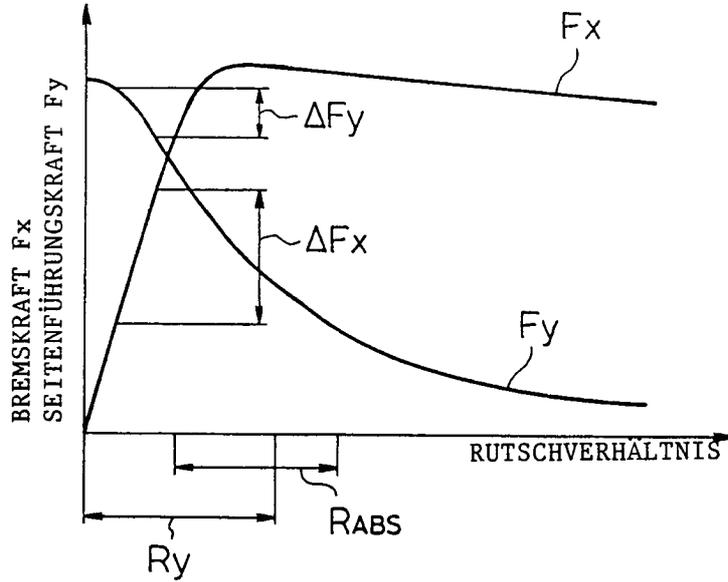


FIG. 55

RECHTS-DREH UNTERSTEUERUNG + BREMSEN

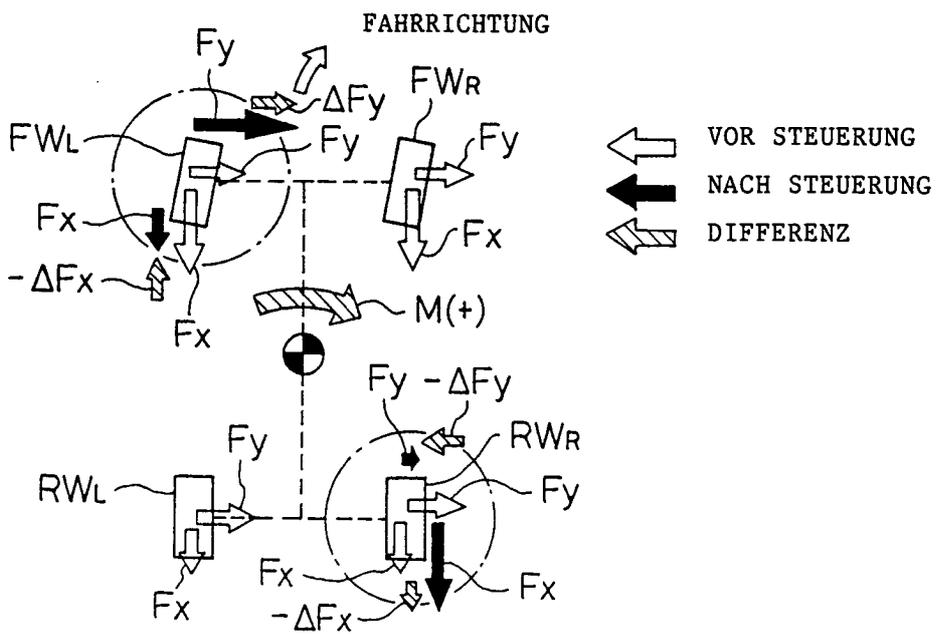


FIG. 56

RECHTS-DREH-ÜBERSTEUERUNG + BREMSEN

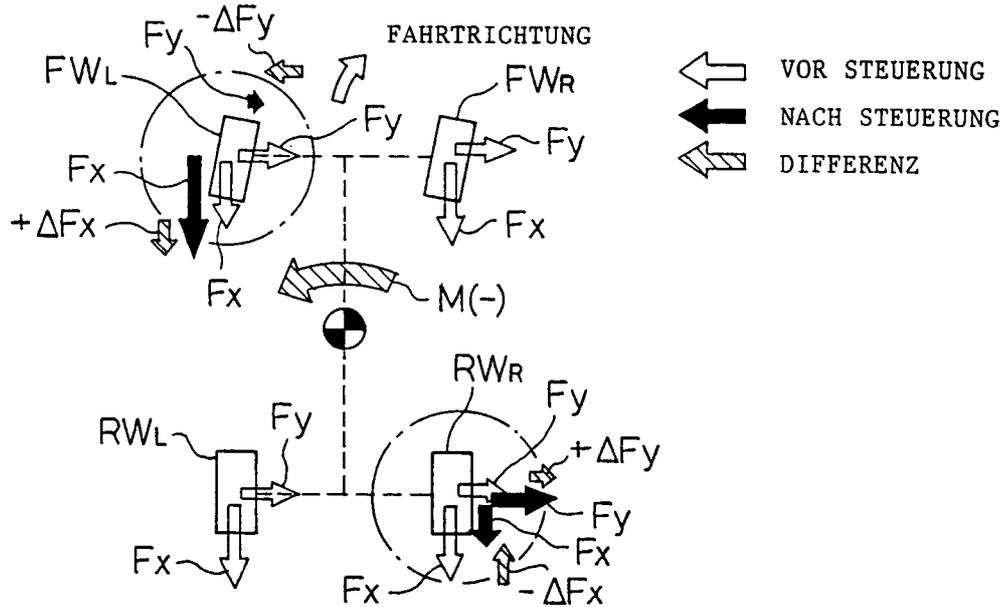


FIG. 57

RECHTS-DREH-UNTERSTEUERUNG + ABS

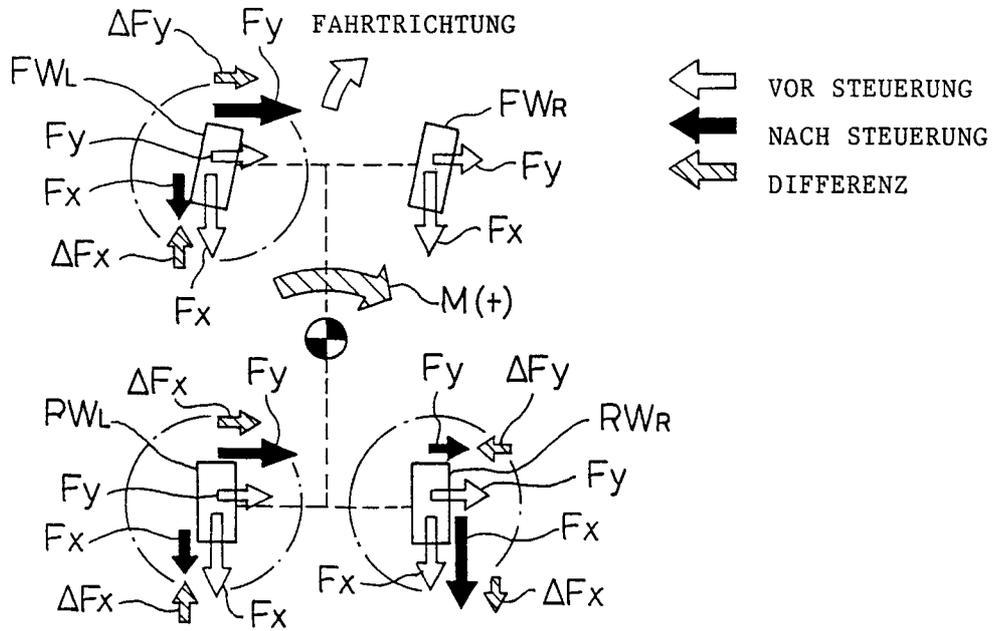


FIG. 58

RECHTS-DREH-ÜBERSTEUERUNG + ABS

