(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 40 650 B4** 2010.06.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **195 40 650.8**
(22) Anmeldetag: **31.10.1995**
(43) Offenlegungstag: **09.05.1996**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **02.06.2010**

(51) Int Cl.[8]: ***B60T 8/32*** (2006.01)
B60T 8/58 (2006.01)
B60T 8/17 (2006.01)
B60T 8/60 (2006.01)
B60T 17/22 (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. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

P 6-269874	**02.11.1994**	**JP**
P 7-203450	**09.08.1995**	**JP**

(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

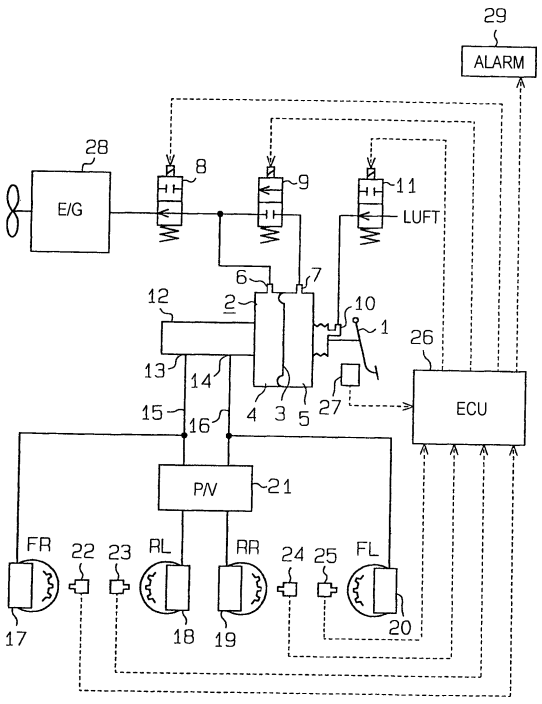
(72) Erfinder:
Kamiya, Masahiko, Anjo, Aichi, JP; Imoto, Yuzo, Aichi, JP; Oishi, Masayoshi, Anjo, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	**43 40 442**	**A1**
DE	**37 09 981**	**A1**
WO	**92/07 742**	**A1**
JP	**06-2 69 874**	**A**
JP	**07-2 03 450**	**A**

(54) Bezeichnung: **Bremskraftsteuereinrichtung und Verfahren derselben**

(57) Hauptanspruch: Bremskraftsteuereinrichtung mit einer Einrichtung (2, 8, 9, 11, 12, 17–20) zum Aufbringen einer Bremskraft auf ein Fahrzeug;
einer Einrichtung (22–25, 26, 150, 151, 152, 161, 250, 251) zum Erfassen einer Schwingungsänderung eines Rades, wenn die Bremskraft aufgebracht wird;
einer Einrichtung (26, 153, 154, 155, 164, 165, 166, 254, 353, 354) zum Bestimmen eines Ist-Bremszustands basierend auf einer Schwingungsänderung, die durch die Einrichtung zum Erfassen einer Schwingungsänderung erfasst ist, und einem vorgegebenen Schwingungsänderungsbereich eines maximalen Bremsbereichs; und
einer Einrichtung (30–33) zum Steuern der Einrichtung zum Aufbringen der Bremskraft, so dass die Schwingungsänderung, die durch die Einrichtung zum Erfassen der Schwingungsänderung bestimmt ist, innerhalb des vorgegebenen Schwingungsänderungsbereichs basierend auf dem Ist-Bremszustand ist, der durch die Einrichtung zum Bestimmen des Ist-Bremszustands bestimmt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung basiert auf den japanischen Patentanmeldungen Hei 6-269874, hinterlegt am 02. November 1994 und der Hei 7-203450, hinterlegt am 09. August 1995, deren Priorität auch in Anspruch genommen wird und deren Inhalt mittels dieser Bezugnahme auch zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gemacht, wird.

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Bremskraftsteuereinrichtung, die die Bremskraft steuert, die auf die Fahrzeugräder aufgebracht wird, um ein Durchdrehen der Räder zu verhindern. Diese Art von Bremskraftsteuereinrichtung steuert die Bremskraft, die auf die Räder aufgebracht wird, um ein Abbremsrutschen (Sperren) zu verhindern; solche Einrichtungen sind gut bekannt als Antiskidsteuersysteme oder Antilockbremssysteme (hierin später als ABS-Einheit bezeichnet). Bei solchen ABS-Einheiten sinkt die Raddrehzahl, wenn der Fahrer das Bremspedal betätigt, und wenn das Radrutschen eines ABS-Kontrollpegel erreicht (oder wenn ein Druckabnahmepegel erreicht wird), wird der Bremsflüssigkeitsdruck vermindert, um ein Rutschen der Räder zu verhindern, und danach steigt die Raddrehzahl wieder an. Es wird angemerkt, dass unter Rutschen in erster Linie ein Blockieren der Räder zu verstehen ist, das zu einem Rutschen des Reifens auf der Fahrbahnoberfläche führt.

[0003] Andererseits steuert, die ABS-Einheit die Bremskraft entsprechend einem Koeffizienten μB der Bremsreibung, wie in **Fig.** 17 dargestellt ist (hierin später als μB-Charakteristik bezeichnet). Mit anderen Worten ist der Bereich des Rutschverhältnisses unterhalb Sa (optimales Rutschverhältnis), der dem Höchstwert (Peak) der μB-Charakteristik entspricht (hierin später als μB-Höchstwert bezeichnet) relativ stabil und der Bereich oberhalb von Sa ist instabil und kann ein Blockieren der Räder verursachen. In dem stabilen Bereich nimmt die Bremsreibung zu sowie das Rutschen mit hohen seitlichen Haltekräften zunimmt. Im instabilen Bereich wird der Bremsbetrieb instabil, da das Rutschen Sa übersteigt. Wenn der Bremsflüssigkeitsdruck abgesenkt wird bevor das Rutschverhältnis gleich Sa bei einer ABS-Steuerung wird, kann die Bremskraft nicht, ausreichend erhöht werden, wodurch sich ein großer Bremsweg ergibt. Daher wird das Rutschverhältnis am Beginn der ABS-Steuerung geringfügig überhalb Sa angesetzt, um den Bremsweg zu verkürzen.

[0004] Jedoch kann bei solch herkömmlichen ABS-Einheiten es nicht erreicht werden, dass die ABS-Einheit mit einem optimalen Rutschverhältnis arbeitet. D. h. die μB-Charakteristik (μB-Höchstwert), dargestellt in **Fig.** 17 und das Sa wechseln sowie sich die Radoberflächenbedingungen ändern und der Bereich für eine maximale Bremskraft (geringfügig oberhalb von Sa) ändert sich ebenfalls mit den Radoberflächenbedingungen. Entsprechend ist es möglich, dass das momentane Druckfilterminderungsrutschverhältnis Sb beträchtlich von dem optimalen Rutschverhältnis Sa, wie in **Fig.** 17 dargestellt ist, in den instabilen Bereich verschoben wird. In diesem Fall wird der Druck nach einem optimalen Timing abgesenkt, was ein instabiles Fahren des Fahrzeugs bewirkt und eine übermäßige Druckabsenkung aufgrund anormalen Rutschens bewirkt.

[0005] Die DE 37 09 981 A1 zeigt eine Überwachungseinrichtung bei der durch Körperschallmikrofone, die in der Nähe eines Rads angeordnet sind, Defekte an Reifen und Fahrwerk erkannt werden können. Die Körperschallmikrofone erfassen Vibrationen, die auf das Fahrwerk übertragen werden. In einer Auswerteschaltung werden Frequenzspektren der Körperschallmikrofone miteinander oder mit Normspektren verglichen, wobei dadurch dem Fahrer Defekte angezeigt werden.

[0006] Darüber hinaus betrifft die WO 92/07742 A1 ein Antiblockierbremssystem, in dem bei einem Bremsen erzeugte Vibrationen durch einen Schallsensor erfasst werden. Auf Grundlage der erfassten Vibrationen wird der Flüssigkeitsdruck im Bremssystem so geregelt, dass diese Vibrationen aufgehoben werden und erzeugte Geräusche abgeschwächt werden.

[0007] Ferner zeigt die gattungsgemäße Druckschrift DE 43 40 442 A1 ein Antiblockier- oder ein Antischlupfregelsystem, dem ein Signal von Einfederwegsensoren zugeführt wird, um ein Unebenheitsmaß einer Straßenoberfläche bei der Regelung zu berücksichtigen. Insbesondere wird bei Extremwerten des Signals, z. B. einem Überfahren einer Schwelle, eine Überempfindlichkeit des Reglers reduziert, so dass ein Bremsweg reduziert werden kann.

[0008] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Bremskraftsteuereinrichtung sowie ein Verfahren zum Steuern einer Bremskraft zu schaffen, wobei ein Bremsbetrieb in einem optimalen Bereich geregelt wird.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Bremskraftsteuereinrichtung sowie ein Verfahren zum Steuern einer Bremskraft mit der Kombination der Merkmale von Patentanspruch 1 bzw. Patentanspruch 13 gelöst.

[0010] Die erfindungsgemäße Bremskraftsteuereinrichtung umfasst eine Einrichtung zum Erfassen einer Schwingungsänderung eines Rades, wenn eine Bremskraft auf dieses aufgebracht wird, sowie eine Einrichtung zum Bestimmen des Ist-Bremszustands basierend auf einer Schwingungsänderung und eine

Einrichtung zum Ändern der Bremskraft aufgrund der oben erwähnten Bestimmung.

[0011] Wenn eine Bremskraft auf die Räder aufgebracht wird, beginnt die Raddrehzahl zu sinken und eine maximale Bremskraft kann anhand eines optimalen Rutschverhältnisses erzielt werden, das dem µB-Höchstwert (µB-Peak) entspricht. Der Bremsbetrieb wird als ein schmales Band relativ zu einem Bremsbereich für eine maximale Bremskraft angesehen und wenn dieser schmale Bereich gleich 0 ist, heißt das, dass der Bremsbetrieb der optimal möglich Bremsbetrieb ist. Wenn sich das µB im Bremsbetrieb ändert, ändert sich auch die Radschwingung, da das Rutschverhältnis des Reifens beim Kontakt mit der Radoberfläche nahe dem µB-Höchstwert liegt und dieses zwischen dem Haftzustand und dem Rutschzustand geringfügig instabil wird. Daher kann die Tendenz des Rutschverhältnisses, die sich dem µB-Höchstwert nähert, von einer Änderung der Radschwingung erfasst werden und Änderungen der Bremsbedingungen (schmaler Rand) können aufgrund einer Änderung der Radschwingung erfasst werden. Die Erfindung erlaubt eine hervorragende Bremssteuerung entsprechend dem Ist-Bremszustand und daher kann eine optimale Bremskraftregelung geschaffen werden. Schwingungen ungefederter Bereiche des Fahrzeuges, die mit den Rädern verbunden sind, wie beispielsweise Radaufhängungen, Teile des Bremssystems oder Wellen, ändern ihr Schwingungsverhalten ebenso wie sich das Schwingungsverhalten der Räder ändert. Daher können die Schwingungen der Räder von irgendwelchen ungefederten Bereichen, die nicht unbedingt, die Räder, Reifen oder mit diesen verbundene Teile sein müssen, erfasst werden.

[0012] Ferner kann die Bremskraftsteuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Bremskraftänderungseinrichtung aufweisen, bei der die Bremskraft, die einen oberen Grenzwert eines Bereiches für eine Maximalbremskraft übersteigt, vermindert wird. Bei dieser Regelung wird der Bremsflüssigkeitsdruck abgesenkt oder konstant gehalten. Auf diese Weise kann ein optimaler Bremsbetrieb zu einem optimalen Zeitpunkt oder eine optimale Bremsflüssigkeitsdruckregelung erzielt werden, um die Räder nahe dem µB-Höchstwert zu steuern.

[0013] Darüber hinaus kann die Bremskraftsteuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung umfassen. Die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung erfasst Schwingungsänderungen, die zusammen mit Änderungen der Drehzahl der Räder auftreten. Die Änderungen der Drehzahl werden durch Reaktionskräfte der Fahrbahnoberfläche erzeugt, wenn eine Bremskraft auf die Räder aufgebracht, wird und der Betrag an Reaktionskräften ist in enger Verbindung mit dem Radrutschen, das durch den Reibungskoeffizient der Fahrbahnoberfläche und die Bremskraft bedingt ist. Daher kann eine optimale Rutschbedingung aufrecht erhalten werden, indem die Reaktionskräfte genau erfasst werden.

[0014] Die Bremskraftsteuereinrichtung kann ferner Einrichtungen, die die Drehzahl des Rades messen, sowie eine Frequenzanalyseeinrichtung, die eine Höchstwert-Charakteristik des Drehzahlsignals in einem speziellen Frequenzbereich erfasst, umfassen. Die Bremsbetriebbestimmungseinrichtung entscheidet über den Ist-Bremszustand entsprechend dieser Höchstwert-Charakteristik des Drehzahlsignals in einem bestimmten Frequenzbereich. Die Frequenzanalyseeinrichtung nimmt einen bestimmten Teil eines speziellen Frequenzbereichs der Raddrehzahl beispielsweise mittels eines Band-Pass-Filters heraus und erfasst ein Schwingungsstärkeniveau (beispielsweise eine Signal eines wirksamen Wertes der Raddrehzahl, das durch den Filter läuft). Der bestimmte Frequenzbereich ist so bestimmt, dass er eine Resonanzfrequenz eines Teils der ungefederten Bereiche oder des Rades umfasst. In diesem Fall wird das Schwingungsstärkeniveau der Raddrehzahl in dem bestimmten Frequenzbereich in Bereichen um den µB-Höchstwert herum ansteigen. Daher kann dieses Schwingungsstärkeniveau wirksam benutzt werden, um eine genaue Erfassung des Bremsbetriebes durchzuführen.

[0015] Weiterhin kann die Bremskraftsteuereinrichtung eine Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung, die eine Drehbeschleunigung des Rades erfasst, und eine Frequenzanalyseeinrichtung, die eine Höchstwert-Charakteristik der Radbeschleunigung in einem bestimmten Frequenzbereich erfasst, umfassen. Die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung entscheidet über den Ist-Bremszustand des Fahrzeuges entsprechend der Höchstwert-Charakteristik der Radbeschleunigung in dem bestimmten Frequenzbereich. Die Frequenzanalyseeinrichtung entsprechend Anspruch 9, konvertiert, zeitbezogene Daten der Radbeschleunigung in frequenzbezogene Daten, indem eine schnelle Fouriertransformationsschaltung (FFT) oder dergleichen benutzt wird. Der bestimmte Frequenzbereich ist so vorgesehen, dass er die Resonanzfrequenz eines Teiles der ungefederten Bereiche einschließt. In diesem Fall wird der Höchstwert-Level der Radbeschleunigung in dem bestimmten Frequenzbereich, in den Bereichen, um den µB-Höchstwert herum, ansteigen. Daher ist dieser Höchstwert-Level sehr wirkungsvoll, um eine genaue Aussage über den Bremsbetrieb zu erlangen.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung weist die Bremskraftsteuereinrichtung eine Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung, die Schwingungsänderungen eines ungefederten Abschnitts des Fahrzeuges einschließlich der Räder erfasst, sowie eine Schwingungsbeschleuni-

gungs- und Frequenzanalyseeinrichtung auf, die eine Höchstwert-Charakteristik der Beschleunigung der Schwingungen in einem bestimmten Frequenzbereich umfasst. Eine Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung entscheidet über den Bremsbetrieb des Fahrzeuges entsprechend dieser Höchstwert-Charakteristik der Schwingungsbeschleunigung in dem bestimmten Frequenzbereich. Die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung entscheidet über den Ist-Bremszustand entsprechend einer Schwingungsänderung der ungefederten Bereiche. Die Frequenzanalyseeinrichtung konvertiert zeitbezogene Daten der Radbeschleunigung in frequenzbezogene Daten, indem eine schnelle Fouriertransformationsschaltung (FFT) oder dergleichen benutzt wird. Der bestimmte Frequenzbereich ist, so vorgesehen, dass er der Schwingungsfrequenz eines Teiles der ungefederten Bereiche entspricht. In diesem Fall kann der Höchstwert-Level der Radbeschleunigung in diesem bestimmten Frequenzbereich in Bereich um den µB-Höchstwert herum ansteigen. Daher ist dieser Höchstwert-Level (oder die Höchstwert-Frequenz) sehr wirkungsvoll, um einen genauen Aufschluss über den Bremsbetrieb zu erhalten.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Bremskraftsteuereinrichtung eine Bremskraftänderungseinrichtung umfassen, die einen Bremsdrucksteueraktuator entsprechend dem Ist-Bremszustand einstellt. In diesem Fall wird der Druck von Bremsflüssigkeit, der auf die Radzylinder aufgebracht wird, kontinuierlich gesteuert, um eine übermäßige Änderung des Bremsdruckes zu verhindern. Dies führt zu dem Ergebnis, dass die Bremskraftsteuereinrichtung schlechte Einflüsse auf die Steuergenauigkeit aufgrund von Änderungen des Bremsdruckes ausschließt.

[0018] Ferner kann die Bremskraftsteuereinrichtung eine Radrutscherfassungseinrichtung aufweisen, die ein Rutschen des Rades erfasst. Die Bremskraftänderungseinrichtung verhindert einen Anstieg der Bremskraft, wenn entweder einer der Grenzwerte für den Bremsbetrieb überschritten ist oder das Rutschen einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet. Daher ist eine optimale Bremskraftsteuerung für jeglichen Bremsbetrieb gewährleistet. Auch wenn ein plötzliches anormales Rutschen auftritt, kann dieses sofort eliminiert werden.

[0019] Weitere Aufgaben und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden sowie die Funktionsweise der entsprechenden Teile der vorliegenden Erfindung werden vom Studium der folgenden detaillierten Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen besser verstanden werden.

[0020] Fig. 1 ist ein Schaltungsdiagramm, das die Grundstruktur einer ABS-Einheit für ein Fahrzeug aufzeigt.

[0021] Fig. 2 ist eine schematische Ansicht, die ein Schwingungsmodell eines gefederten Bereichs eins Fahrzeugs darstellt.

[0022] Fig. 3 ist eine Flußdiagramm, das eine ABS-Steuerung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt.

[0023] Fig. 4 ist ein Flußdiagramm, das die Erfassungsschritte einer Bremsbelastung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt.

[0024] Fig. 5A, Fig. 5B, Fig. 5C und Fig. 5D sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des ersten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

[0025] Fig. 6A und Fig. 6B sind Diagramme, die die µB-Charakteristik zeigen.

[0026] Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, das die Erfassungsschritte der Bremsbelastung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel darstellt.

[0027] Fig. 8A, Fig. 8B, Fig. 8C und Fig. 8D sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des zweiten Ausführungsbeispiels zeigen.

[0028] Fig. 9 ist ein Flußdiagramm, das die ABS-Steuerung gem einem dritten Ausführungsbeispiel zeigt.

[0029] Fig. 10 ist ein Flußdiagramm, das die Erfassungsschritte der Bremsbelastung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel darstellt.

[0030] Fig. 11A, Fig. 11B, Fig. 11C und Fig. 11D sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des dritten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

[0031] Fig. 12A, Fig. 12B und Fig. 12C sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des dritten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

[0032] Fig. 13 ist ein Flußdiagramm, das die Erfassungsschritte der Bremsbelastung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel darstellt.

[0033] Fig. 14A, Fig. 14B, Fig. 14C und Fig. 14D sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des vierten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

[0034] Fig. 15A, Fig. 15B und Fig. 15C sind Zeitdiagramme, die den Betrieb des vierten Ausführungsbeispiels verdeutlichen.

[0035] Fig. 16 ist ein Schaltungsdiagramm, das den Grundaufbau einer ABS-Einheit für ein Fahrzeug gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel zeigt.

[0036] Fig. 17A und Fig. 17B sind Diagramme, die

die µB-Charakteristik einer herkömmlichen Einrichtung darstellen.

[0037] Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden folgend unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen erläutert.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0038] Ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird folgend unter die Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen erläutert.

[0039] Fig. 1 zeigt eine Bremskraftsteuereinrichtung, die folgend als ABS(Antiblockierbremssystem)-Einheit bezeichnet wird. Die ABS-Einheit gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist aus x-förmigen Zweifachdruckleitungen (oder Diagonalleitungen) zusammengesetzt. Bei der ABS-Einheit ist ein Bremspedal **1** mit einem Vakuumtypbremskraftverstärker **2** verbunden, der wiederum mit einem Tandem-Hauptbremszylinder **12** verbunden ist. Der Bremskraftverstärker **2** nutzt den Vakuumdruck, der im Einlaßbereich des Motors **28** erzeugt wird, und bringt eine erhöhte Bremskraft auf den Hauptzylinder **12** auf, wenn das Bremspedal **1** betätigt wird.

[0040] Detaillierter erläutert, ist der Bremskraftverstärker **2** mit Kraftzylindern **4** und **5** versehen, die durch eine Membran **3** unterteilt sind. Der erste und zweite Zylinder **4** und **5** weisen Vakuumeinlaßöffnungen **6** und **7** jeweils auf, durch die der Vakuumdruck im Einlaßbereich eingeführt wird. Der Drucklevel wird durch erste und zweite Vakuumdrucksteuerventile **8** und **9** gesteuert. Diese bestehen aus elektromagnetischen Zweipositionsventilen und werden mittels einer ECU **26** gesteuert, um den Vakuumdruck an- oder abzuschalten. Wenn die ECU **26** kein Signal aussendet (wenn die Spulen der elektromagnetischen Ventile **8** und **9** nicht erregt sind) bleibt das Vakuumsteuerventil **8** offen und das zweite Vakuumsteuerventil **9** bleibt geschlossen (wie dargestellt in Fig. 1).

[0041] Der Umgebungsdruck wird auf den zweiten Kraftzylinder **5** über eine Lufteinlaßöffnung **10** eingeführt. Der Umgebungsdruck wird entsprechend der Betätigung des Bremspedals durch eine Drucksteuerventil (nicht dargestellt) geändert und in den zweiten Kraftzylinder **5** eingeführt. Dadurch wird eine erheblich Druckdifferenz zu dem Druck im ersten Kraftzylinder **4** erzeugt. Die Lufteinlaßöffnung **10** wird auf- und zugeschaltet mittels eines Luftsteuerventiles **11**, das aus einem elektromagnetischen zweiten Positionsventil zusammengesetzt ist. wenn das Luftsteuerventil **11** kein Signal von der ECU **26** erhält (wenn die Spule nicht erregt ist), wird dieses offen gehalten, wie dargestellt in Fig. 1.

[0042] Der Hauptzylinder **12** weist eine erste Fluidöffnung **13** und eine zweite Fluidöffnung **14** auf. Die erste Fluidöffnung **13** ist mit einem Radzylinder **17** vorne rechts (FR) verbunden und mit einem Radzylinder **18** hinten links (RL) über eine erste Fluidleitung **15**; eine zweite Fluidöffnung **14** ist mit dem Radzylinder **19** hinten rechts (RR) und dem Radzylinder **20** vorne links (FL) über eine zweite Fluidleitung **16** verbunden. Ein Proportionalventil **21** (P-Ventil) ist in der Fluidleitung **15** und **16** für die linken und rechten Räder der hinteren Seite (RL und RR) vorgesehen, um eine Fluiddruckdifferenz zwischen den Vorderräderzylindern und den Hinterräderzylindern zu gewährleisten.

[0043] Die Räder sind jeweils mit Raddrehzahlsensoren **22**, **23**, **24** und **25** versehen, die Signale erzeugen, die der ECU (oder eine elektronischen Steuereinheit) **26** zugeführt werden. Die Raddrehzahlsensoren **22** bis **25** bestehen aus elektromagnetischen Pickups oder photoelektrischen Sensoren. Das Bremspedal **1** ist mit einem Bremsschalter **27** versehen, der die Bremsbetätigung erfaßt und ein entsprechendes Signal an die ECU **26** sendet.

[0044] Die ECU **26** besteht hauptsächlich aus einem Mikrocomputer und berechnet die geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit aus den Signalen, die von den jeweiligen Raddrehzahlsensoren **22** bis **25** kommen, und berechnet ebenfalls das Rutschverhältnis der jeweiligen Räder entsprechend der geschätzten Fahrzeuggeschwindigkeit und der Raddrehzahlen. Die ECU **26** ermöglicht einen ABS-Steuerbetrieb entsprechend dem Rutschverhältnis der jeweiligen Räder und steuert den Druck an Bremsflüssigkeit um diesen entweder zu erhöhen, zu halten oder abzusenken. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel umfaßt die ECU **26** eine Betätigungserfassungseinheit, eine Bremsbedingungserfassungseinheit und eine Bremskraftsteuereinheit.

[0045] Der Betrieb der ABS-Einheit bei einer ABS-Steuerung (Druck erhöhen, Druck halten oder Druck absenken) wird folgend beschrieben.

[0046] Bei dem Druckerhöhungsmodus (dargestellt in Fig. 1) steuert die ECU **26** das erste Vakuumdrucksteuerventil **8**, um dieses zu öffnen. Das zweite Vakuumsteuerventil wird geschlossen und das Luftsteuerventil **11** geöffnet. Dann nimmt der erste Kraftzylinder **4** den Einlaßvakuumdruck aus dem Motor **28** auf und der zweite Kraftzylinder **5** erhält den Umgebungsdruck über die Lufteinlaßöffnung **10**. Der Bremskraftverstärker **2** erhöht die Bremskraft, die auf den Hauptbremszylinder **12** aufgebracht wird, im Ansprechen auf die Druckdifferenz zwischen dem Einlaßvakuumdruck und dem Druck im zweiten Kraftzylinder **5**, der mittels des Druckeinstellventiles (nicht dargestellt) entsprechend der Betätigung des Bremspedals eingestellt wird. Im Ergebnis daraus wird der Fluid-

druck in den Radzylindern **17** bis **20** erhöht.

[0047] Im Druckhaltemodus steuert die ECU **26** das erste Vakuumdrucksteuerventil **20** in den geschlossen Zustand, das zweite Vakuumdrucksteuerventil wird ebenfalls geschlossen und auch das Luftsteuerventil **11**. Dann sind der Vakuumdruck und der Umgebungsdruck nicht mehr mit dem ersten und zweiten Kraftzylinder **4** und **5** in Verbindung, so daß die Druckdifferenz zwischen dem ersten Kraftzylinder **4** und dem zweiten Kraftzylinder **5** unverändert bleibt. So daß der Fluiddruck in dem Hauptbremszylinder **12** und der Bremsdruck in den Radzylindern **17** bis **20** konstant gehalten wird.

[0048] Im Druckabsenkmodus steuert die ECU **26** das erste Vakuumdrucksteuerventil **8** in den geschlossenen Zustand, das zweite Vakuumdrucksteuerventil **9** wird geöffnet und das Luftsteuerventil **11** wird geschlossen. Dann sind der erste und zweite Kraftzylinder **4** und **5** miteinander verbunden und die Druckdifferenz zwischen diesen sinkt. Als Ergebnis daraus wird der Fluiddruck im Hauptbremszylinder **12** absinken und der Druck in den Radzylindern **17** bis **20** ebenfalls.

[0049] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel stellen der Bremskraftverstärker **2** das erste Vakuumdrucksteuerventil **8**, das zweite Vakuumdrucksteuerventil **9** und das Luftsteuerventil **11** sowie der Hauptbremszylinder eine Bremsdrucksteuereinrichtung dar. Da der Vakuumdruck, der in den Bremskraftverstärker **2** eingeleitet wird, geregelt wird, um den Bremsdruck kontinuierlich bei dieser ABS-Einheit zu steuern, kann eine sanfte ABS-Regelung durchgeführt werden. Dieses ist besonders bei der Bremssteuereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorteilhaft, die mit hochfrequenten Schwingungen der Räder arbeitet, da eine Wechselwirkung zwischen den Schwingungen und dem Schwanken des Bremsflüssigkeitsdrucks verhindert werden kann.

[0050] Es gibt Aufhängemechanismen, die Stoßdämpferfeder oder andere Komponenten aufweisen, Scheiben oder Trommelbremsmechanismen, Wellenachsen, Reifen und Räder, die als ungefederte Bauteile des Fahrzeuges oder als Komponenten von ungefederten Bauteilen wie zweidimensional in Fig. 2 dargestellt, vorhanden sind. Wie dargestellt in Fig. 2 werden diese ungefederten Bauteile durch den Bremsbetrieb und die Straßenbedingungen wie die Straßenoberfläche, die mit dem Rad in Kontakt ist, beeinflußt. D. h. vertikale oder Längsschwingungen der ungefederten Bauteile und Änderungen der Drehzahl der Räder werden durch den Bremsbetrieb verändert.

[0051] Bei der Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Belastung zwischen der Fahrbahnfläche und dem Reifen aufgrund des Bremsbetriebes als Bremsbelastung bezeichnet und ein Unterschied zwischen der Bremsbelastung, die den Rädern eine maximale Bremskraft zuteilt und der momentanen Bremsbelastung wird als Randbereich oder schmaler Bereich des Bremsbetriebes bezeichnet. D. h. dieser Randbereich entspricht dem Unterschied zwischen Sa (dem optimalen Rutschverhältnis entsprechend dem Maximalwert des Reibungskoeffizienten μB) und dem momentanen Rutschverhältnis. Wenn das Rutschverhältnis näher Sa kommt, steigt die Bremslast und im Gegenzug wird der Randbereich vermindert. Die Bremslast der Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird von der Bewegung des Schwingungssystems erfaßt (Änderung der Rotationsdrehzahl in Radrotationsrichtung), um den Randbereich des Bremsbetriebes zu bestimmen, der auch dem Fahrer mittels eines Alarms **29** oder dergleichen angezeigt werden kann.

[0052] Folgend wird der Betrieb und die Wirkungsweise der Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf den folgenden Text beschrieben. Fig. 3 ist ein Flußdiagramm der Steuerschritte der ABS-Einheit, Fig. 4 ist ein Flußdiagramm, zur Bestimmung der Bremslast, die durch die ECU **26** ausgeführt wird. Fig. 5A, Fig. 5B, Fig. 5C und Fig. 5D sind Zeitdiagramme, die die entsprechende Bewegung des Schwingungssystems während eines Bremsbetriebes darstellen.

[0053] Wenn die Steuerschritte, dargestellt in Fig. 3 begonnen werden, entscheidet die ECU **26**, ob das Fahrzeug fährt oder nicht im Schritt **100** und entscheidet im Schritt **101**, ob der Bremsschalter **27** an- oder ausgeschaltet ist. Wie dargestellt in den Zeitdiagrammen gemäß den Fig. 5A, Fig. 5B, Fig. 5C und Fig. 5D bestimmt der Schritt **101** "Nein" vor dem Zeitpunkt t11 und die Schritte **100** und **101** werden wiederholt. Bei dem Zeitpunkt t11 wird, wenn die Schritte **100** und **102** "Ja" entscheiden ein Schritt **102** folgen. Die ECU **26** bestimmt dann die momentane Bremslast entsprechend dem Ergebnis, das unter Bezugnahme auf Fig. 4 erläutert wurde, und kehrt dann zum Schritt **100** zurück, wenn die Bremslast geringer ist als ein vorbestimmter Wert oder schreitet zum Schritt **103** weiter, wenn die Bremslast größer ist als der vorbestimmte Wert.

[0054] Fig. 4 zeigt die Details der Programmsubroutine für den Schritt **102**, in dem die Entscheidung getroffen wird, ob die Bremslast hoch ist oder nicht. Gemäß Fig. 4 bestimmt die ECU **26** die Raddrehzahl V_W entsprechend dem Ausgangssignal des Raddrehzahlsensors **22** bis **25** in einem Schritt **150** und berechnet dann die Radbeschleunigung G_W aus der Differenzation der Raddrehzahl V_W im nächsten Schritt **151**. Als nächstes setzt die ECU **26** in einem Schritt **152** einen Referenzlastlevel G1 entsprechend der Fahrbahnbedingung μ der Straße, die mit den Reifen in Kontakt ist (dieser Wert wird aus der Steuerkraft

gewonnen, daher dem Betrag an Kraft, der auf das Lenkrad aufgebracht wird oder aus einer Reaktionskraft von der Fahrbahn). Der Referenzlastlevel G1 entspricht dem Referenzlevel einer maximalen Bremskraft, die auf der Basis einer maximalen Radbeschleunigung G_{MAX} (maximale Bremsverzögerung) bestimmt wurde, berechnet aus der oben erwähnten Oberflächenbedingung μ. Die Radbeschleunigung G_W oszilliert vertikal in **Fig.** 5 im Ansprechen auf die Längsschwingung des Fahrzeuges und der Schwingungen in Richtung der Raddrehung. Der Referenzlastlevel G1 ist auf einen vorbestimmten Level gesetzt, der größer ist als die maximale Radbeschleunigung G_{MAX} in negativer Richtung (–). In der Zwischenzeit kann der Referenzlastlevel G1 leicht als konstanter Wert aus dem maximalen Wert bestimmt werden, der ein vorbestimmter Wert ist, größer als die in der Praxis maximale Straßenoberflächenbedingung μ (z. B. 1,0).

[0055] Danach vergleicht die ECU **26** den absoluten Wert, der oben erwähnten Radbeschleunigung G_W (oder Radabbremsung) mit dem absoluten Wert des Referenzlastlevels G1 im Schritt **153**. Wenn $|G_W| > |G1|$, schreitet die ECU **26** zu einem Schritt **154** weiter und entscheidet, daß die Bremslast hoch ist, und wenn $|G_W| \leq |G1|$, schreitet diese zu einem Schritt **155** weiter und entscheidet, daß die Bremslast gering ist. In anderen Worten wird wenn das Rutschverhältnis gleich Sa, wie dargestellt in **Fig.** 6, wird (das optimale Rutschverhältnis entspricht dem Höchstwert vom μB) wird die oszillierende Wellenamplitude der Radbeschleunigung G_W erhöht aufgrund eines Wechsels der Drehzahl des Rades und die Ungleichung $|G_W| > |G1|$ wird erfüllt. ”Ja” und ”Nein”-Entscheidungen werden im Schritt **153** alternativ in den Höchstwert-Bereichen der Radbeschleunigung G_W nach Verstreichen der Zeit t12 in **Fig.** 5 gemacht.

[0056] Wenn die Bremslast eines bestimmten Rades als groß erfaßt wird, steuert die ECU **26** den Bremsdruck entsprechend den Schritten **103** bis **108**. D. h. die ECU führt zum Schritt **103** weiter und setzt den Steuermodus auf den Druckverminderungsmodus (oder Bremshaltemodus). Entsprechend werden die ABS-Aktuatoren (Steuerventil **8**, **9** und **11**) entsprechend dem Druckverminderungsmodus gesteuert (oder Druckhaltemodus) und ein Druckanstieg der Bremsflüssigkeit wird verhindert. Dann schaltet die ECU **26** einen Timer T im Schritt **104** an und entscheidet, ob die An-Zeit des Timers eine vorbestimmte Zeit T1 überschreitet (kürzeste Zeitperiode, beispielsweise einige 10 Millisekunden, in der eine geeignete Einstellung möglich ist) im nächsten Schritt **105**. Mit anderen Worten wird die Druckabsenkzeit im Schritt **104** und **105** erfaßt. Wenn $T \geq T1$, schaltet die ECU **26** zum Schritt **106** weiter und schaltet den Timer T aus.

[0057] Danach schaltet die ECU **26** zum Schritt **107** weiter und entscheidet, ob das momentane Rutschverhältnis S geringer ist als der Referenzlevel S1 oder nicht (d. h., ob das Rutschen des Rades beim Bremsen sich auf einem zulässigen Niveau befindet oder nicht). Und ob oder nicht eine Erhöhung des Rutschens plötzlich aufgrund eines plötzlichen Wechsels der μ-S-Charakteristik zwischen der Fahrbahnoberfläche und den Rädern auftritt oder nicht. Falls im Schritt **107** ”Nein” entschieden wird, hält die ECU **26** am Druckabsenkmodus fest (oder Druckhaltemodus) bis im Schritt **107** auf ”Ja” entschieden wird. Dann wechselt die ECU **26** den ABS-Steuermodus zum Druckerhöhungsmodus im Schritt **108** und kehrt zum Schritt **100** zurück.

[0058] Entsprechend den oben erläuterten Steuerschritten kommt das Rutschverhältnis Sa auf einen Wert um ein Absenken des Bremsdruck, wie in Fig. 6A und Fig. 6B gezeigt, zu beginnen und wird in einem eng begrenzten Bereich ΔS um das Verhältnis Sa gehalten. Auch wenn ein Absinken oder Erhöhen des Bremsdruckes wiederholt stattfindet, so wird die Fahrbahnbedingung μ_B auf einem vergleichsweise hohen Wert gehalten, in einem stabilen Bereich, so daß übermäßiges Erhöhen oder Absinken des Bremsdruckes nicht zu erwarten ist. D. h., der Bremsdruckverminderungslevel (Sb, dargestellt in **Fig.** 17) wird nicht in den instabilen Bereich, wie bei einer herkömmlichen Einrichtung verschoben, wodurch eine signifikant gute Bremssteuerung in einem optimalen Rutschbereich gewährleistet ist.

[0059] Bei der ABS-Einheit wird der Bremsdruck nicht schwanken, da Schwankungen der Bremskraft die Bewegung der ungefederten Bauteile nicht beeinträchtigen, kann die Bremslast mit hoher Genauigkeit erfaßt werden.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0060] Als nächstes wird eine ABS-Einheit gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert, da vor allem Unterschiede zu dem ersten Ausführungsbeispiel betont werden. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel werden die Bremsbedingungen entsprechend einem Wechsel der Drehgeschwindigkeit über den gesamten Frequenzbereich (Schritte dargestellt in Fig. 4) erfaßt. Andererseits wird bei der Einrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel die Bremsbedingung entsprechend eines Oszillationsniveaus (Schwingungscharakteristik) der Raddrehzahl in einem bestimmten Frequenzbereich erfaßt (Schritte dargestellt in Fig. 7). Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel bildet die ECU **26** eine Betriebserfassungseinheit (eine Raddrehzahl-Erfassungseinheit und eine Oszillations-Erfassungseinheit) sowie eine Bremsbetriebs-Erfassungseinheit und eine Bremssteuer-Erfassungseinheit.

[0061] Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, das Details der Entscheidungsschritte der Bremslast zeigt, die die Schritte des ersten Ausführungsbeispiels, dargestellt in Fig. 4, ersetzen. **Fig.** 8 ist ein Zeitdiagramm, das Details des Bremsbetriebs erläutert.

[0062] Wenn die Schritte, dargestellt in Fig. 7 anfänglich ausgeführt werden, berechnet die ECU **26** die Raddrehzahl V_W aus den Ausgangssignalen der Sensoren **22** bis **25** in einem Schritt **160** und erzeugt in einem Schritt **161** eine Raddrehzahl V_W' in einem bestimmten Frequenzbereich, in dem ein BPF (Band-Pass-Filter) oder dergleichen benutzt wird. Danach wird ein effektiver Wert der Raddrehzahl in einem bestimmten Frequenzbereich (in einer Periode, in der die Raddrehzahl in einem bestimmten Frequenzbereich bestimmt werden kann) berechnet. In einem Schritt **162** wird dieser effektive Wert als Power-Level P_W der Oszillation gesetzt.

[0063] Dann setzt die ECU **26** einen Referenzlastlevel P1 entsprechend den Fahrzeugfahrbedingungen im Schritt **163**. Dieser Referenzlastlevel P1 wird durch die Charakteristik der Linie L1, dargestellt in **Fig.** 8, bestimmt, die entsprechend einer vorhergehenden Charakteristiklinie erhalten wurden und die Fahrzeugfahrbedingung (Beschleunigung in Querrichtung während der Betätigung der Lenkung, Fahrzeugbewegung oder Fahrbahnoberflächenbedingungen). Der Referenzlastlevel P1 auf der Linie L1 ist ein Wert, der auf dem Schwingungs-Powerlevel P_W in einem bestimmten Frequenzbereich beruht, der einer maximalen Vergleichsbremskraft entspricht und der maximalen Bremskraft entspricht, die in diesem Moment möglich ist. Die Charakteristiklinie L1 kann ein Wert sein, der während jedes Fahrzustandes des Fahrzeuges abgespeichert wird oder einen Wert, der aus einer Funktion berechnet wurde, jedesmal wenn der Bremsschalter **27** angeschaltet ist.

[0064] Danach vergleicht die ECU **26** den Power-Level P_W der Oszillation mit dem Referenzlastlevel P1 im Schritt **164**. Wenn $P_W > P1$ schreitet die ECU **26** zu einem Schritt **165** weiter und entscheidet, ob die Bremslast hoch ist. Wenn $P_W < P1$ ist, wird zu einem Schritt **166** weitergeschritten und entschieden, daß die Bremslast gering ist. Mit anderen Worten wird, wenn das Rutschverhältnis S nahe Sa ist (das optimale Rutschverhältnis, das dem Höchstwert von μ_B entspricht), wie dargestellt in **Fig.** 6, der Vibrations-Powerlevel P_W in einem bestimmten Frequenzbereich ansteigen und die Ungleichung $P_W > P1$ wird erfüllt werden. D. h. im Schritt **164** wird "Ja" entschieden.

[0065] Nach t15 in den Zeitdiagrammen, dargestellt in den Fig. 8A bis Fig. 8D wird der Bremsschalter **27** angeschaltet und der Vibrations-Powerlevel P_W steigt an und sinkt von der Charakteristiklinie L1. Dann wird der Vibrations-Powerlevel P_W mit dem momentanen Referenzlastlevel P1 verglichen und entsprechend wird im Schritt **164**, wie dargestellt in Fig. 7 auf "Ja" oder "Nein" entschieden.

[0066] Entsprechend dem zweiten Ausführungsbeispiel wird das Rutschverhältnis Sa (optimales Rutschverhältnis entsprechend dem μB-Höchstwert), dargestellt in **Fig.** 6, als Startpunkt für das Absenken des Bremsdruckes wie beim ersten Ausführungsbeispiel gesetzt, so daß das Rutschverhältnis innerhalb eines vorbestimmten Bereiches (ΔS in Fig. 6B) um Sa herum gesteuert wird, dadurch wird μB auf einen relativ hohen Level im stabilen Bereich gehalten.

[0067] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird in den Schritten **161** bis **164** die Raddrehzahl V_W' (ein Teil aus dieser, eines bestimmten Frequenzbereiches) in einen Power-Level P_W' umgewandelt, der mit einem Vergleichslast-Level verglichen wird, um die Bremslast zu bestimmen. Jedoch kann der Schritt **162** des Umwandelns der Raddrehzahl V_W' in einem bestimmten Frequenzbereich in den Schwingungs-Powerlevel P_W weggelassen werden, wenn die Schritte **163** und **164** wie folgt verändert werden. Es heißt, im Schritt **163** wird ein Referenzlastlevel V1', um über die Amplitude der Raddrehzahl V_W' zu entscheiden, nachdem BPF entsprechend den Fahrzeugbetriebsbedingungen gesetzt wurde, im Schritt **164**, die Raddrehzahl V_W' in dem bestimmten Frequenzbereich mit dem Referenzlastlevel V1 verglichen. D. h. über die Bremslast wird durch einen Vergleich zwischen V_W' und V1 entschieden (wenn $V_W > V1$', ist die Bremslast hoch wodurch sich ähnliche Wirkungen, im Hinblick auf eine optimale Bremskraftsteuerung ergeben.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0068] Eine ABS-Einheit gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird folgend beschrieben, wobei vornehmlich auf die Unterschiede zum ersten Ausführungsbeispiel eingegangen wird. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel wurde über die Bremsbedingung aufgrund eines Wechsels in der Drehzahl entschieden. Andererseits wird bei der Einrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel über die Bremsbedingung entsprechend der Frequenzcharakteristik der Radbeschleunigung entschieden. Bei dem dritten Ausführungsbeispiel arbeitet die ECU **26** als Bewegungserfassungseinheit (eine Radbeschleunigungs-Erfassungseinheit und eine Frequenzanalyseeinheit), eine Bremsbetätigungs-Erfassungseinheit und eine Bremskraftsteuereinheit.

[0069] Fig. 9 ist ein Flußdiagramm, das einen ABS-Betrieb entsprechend dem dritten Ausführungsbeispiel zeigt. Fig. 10 ist ein Flußdiagramm, das die Berechnungsschritte für die Bremslast in einer Subroutine des Programmes, dargestellt in Fig. 9, zeigt und Fig. 11A, Fig. 11B, Fig. 11C und Fig. 11D sind

Zeitdiagramme, die die Bewegung während des Bremsbetriebs zeigen.

[0070] In Fig. 9 entscheidet die ECU **26**, ob das Fahrzeug fährt oder nicht, in einem Schritt **200** und ob der Bremsschalter an- oder ausgeschaltet ist, in einem Schritt **201**. Wenn auf "Ja" entschieden wird, in beiden Schritten, wird zum Schritt **202** weitergeschaltet. In beiden Schritten, **200** und **201** wird zu einem Zeitpunkt t21 der Zeitdiagramme, dargestellt in Fig. 11A bis Fig. 11D auf "Ja" entschieden. Danach wird im Schritt **202** die ECU **26** über die Bremsbedingungen entsprechend einer Analyse der Daten der Radbeschleunigung G_W (Raddrehzahlbeschleunigung) entschieden.

[0071] Entsprechend den Berechnungsschritten für die Bremslast, dargestellt in Fig. 10, wird in Fig. 10 von der ECU **26** die Raddrehzahl V_W der jeweiligen Räder in einem Schritt **250** berechnet und die Radbeschleunigung G_W in einem Schritt **251**. Danach regelt die ECU **26** die Wellenform der Radbeschleunigung G_W mittels einer FFT (schnellen Fouriertransformationsschaltung) oder eines Filters und wandelt die Daten der Radbeschleunigung, bezogen auf die Zeit in Daten, bezogen auf eine Frequenz um. Dann schreitet die ECU **26** zu einem Schritt **253** weiter, um eine Höchstwert-Abstimmung in einem bestimmten Frequenzbereich zwischen f1 und f2 (beispielsweise 20–50 Hz) über einen vorbestimmten Bereich ΔG (maximale Referenzbremskraft) zu entscheiden und berechnet die Bremslastdaten $A(G_W)$, die in einem vorbestimmten Bereiches ΔG im folgenden Schritt **254** entsprechen. Der bestimmte Frequenzbereich zwischen f1 und f2 ist so bestimmt, daß er einen Resonanzfrequenz eines ungefederten Bauteils des Fahrzeugs umfaßt. Der Referenzwert ΔG wird nach dem Auslöschen des weißen Rauschens festgesetzt (aufgrund der Rauhigkeit der Straßenoberfläche und des elektronischen Rauschens).

[0072] Fig. 12A, Fig. 12B und Fig. 12C zeigen die jeweiligen Daten der Radbeschleunigung G_W bezogen auf die Frequenzen der Zeitpunkts t22, t23 und t24. Mit anderen Worten wird die Höchstwert-Abstimmung in dem bestimmten Frequenzbereich zwischen f1 und f2 und das Zeitpunkt t22 in **Fig.** 11 geringer sein, als das obere Limit des Referenzwertes ΔG, wie dargestellt in Fig. 12A und die Bremslastdaten $A(G_W)$ werden ⌈0⌋. Die Höchstwert-Abstimmung des bestimmten Frequenzbereiches zwischen f1 und f2 zum Zeitpunkt t23 und t24 in **Fig.** 11 ist höher als das obere Limit des Referenzwertes ΔG, dargestellt in Fig. 12A und Fig. 12C und die Bremslastdaten $A(G_W)$ entsprechend einem Bereich der Höchstwert-Abstimmung, der höher berechnet ist, als der Referenzwert ΔG.

[0073] Die ECU **26** geht dann zum Schritt **203**, dargestellt in Fig. 9, weiter, nachdem die Bremslastdaten berechnet wurden und berechnet die Druckverminderungszeit (oder Druckhaltezeit) Tca1 über die folgende Gleichung (1).

$$Tca1 = a \cdot A(G_W) + b \quad (1),$$

in der a und b Konstanten sind.

[0074] Die ECU **26** setzt dann die ABS-Einheit auf den Druckverminderungsmodus (oder Druckhaltemodus) im nächsten Schritt **204** und treibt die ABS-Aktuatoren (die Kontrollventile **8**, **9** und **11**) entsprechend dem festgesetzten Modus an. Danach schaltet die ECU **26** eine Timer T im Schritt **205** an und entscheidet, ob die Timer-An-Zeit die Druckverminderungszeit Tca1 die im Schritt **203** berechnet wurde, überschreitet oder nicht im nächsten Schritt **206**. Wenn T ≥ Tca1, schreitet die ECU **26** zu einem Schritt **207** weiter und entscheidet, ob das Rutschverhältnis S geringer ist als ein vorbestimmter Referenzverhältniswert S1 oder nicht (d. h., ob oder nicht das Radverzögerungsrutschen geringer ist als ein zulässiger Wert) und ob oder nicht ein plötzliches Ändern der Rutschbedingungen aufgrund eines plötzlichen Wechsels der μ-S-Charakteristik zwischen dem Reifen und der Fahrbahnoberfläche auftritt. Wenn in Schritt **207** auf "Nein" entschieden wird, hält die ECU **26** den Druckverminderungsmodus (oder Druckhaltemodus) bis im Schritt **207** auf "Ja" entschieden wurde. Danach wechselt die ECU **26** den ABS-Modus auf den Druckerhöhungsmodus im Schritt **208**.

[0075] Die ECU **26** entscheidet, ob oder nicht die An-Zeit des Timers T die vorbestimmte Druckverminderungszeit Ts überschreitet und wenn T ≥ Ts, schreitet diese zum Schritt **210** weiter. Die ECU **26** schaltet den Timer T im Schritt **210** ab und kehrt zum Schritt **200** zurück.

[0076] Die Steuereinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel erfaßt den Bremsbetrieb exakt aufgrund der Verwendung von Radbeschleunigungsdaten bezogen auf die Frequenz, die mittels einer FFT-Schaltung erhalten wurde, um dieselbe Aufgabe gemäß der vorliegenden Erfindung wie beim ersten Ausführungsbeispiel zu lösen.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0077] Eine ABS-Einheit gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird folgend beschrieben, wobei vor allem auf die Unterschiede zum dritten Ausführungsbeispiel eingegangen wird.

[0078] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel wurde der Bremsbetrieb über Frequenzanalysedaten der Radbeschleunigung G_W erfaßt. Andererseits wird beim vierten Ausführungsbeispiel der Bremsbetrieb über die Beschleunigung der Schwingungen von un-

gefederten Bauelementen des Fahrzeuges erfaßt. Mit anderen Worten sind Beschleunigungssensoren, die aus Dehnungsmeßstreifen, piezoelektronischen Elemente oder dergleichen zusammengesetzt sind, an Verbindungsabschnitten des Fahrzeugaufhängungssystems oder Abschnitten der Wellen bzw. Achsen (Gelenken) angeordnet, um die Beschleunigung der längs, vertikal und seitlichen Schwingungen zu erfassen. Bei diesem vierten Ausführungsbeispiel ist eine Schwingungsbeschleunigungs-Erfassungseinheit vorgesehen, die Beschleunigungssensoren aufweist, und die ECU **26** arbeitet als Bewegungserfassungseinheit (Frequenzanalyseeinheit) sowie als Bremsbetriebs-Erfassungseinheit und Bremskraftsteuereinheit.

[0079] Fig. 13 ist ein Flußdiagramm, das das Erfassen der Bremskraft beim vierten Ausführungsbeispiel zeigt und die Fig. 14A, Fig. 14B, Fig. 14C und Fig. 14D sind Zeitdiagramme, die die Bewegung verschiedener Abschnitte des Fahrzeugs beim Bremsbetrieb zeigen.

[0080] In Fig. 13 berechnet die ECU **26** den Beschleunigungsbetrag eines ungefederten Bauteils entsprechend dem Ausgangssignal eines Beschleunigungssensors im Schritt **350** und bestimmt die Beschleunigung eines ungefederten Bauteils mittels einer FFT-Schaltung und wandelt die zeitbezogenen Beschleunigungsdaten in frequenzbezogene Beschleunigungsdaten im Schritt **351** um. Dann fährt die ECU **26** zu einem Schritt **352** weiter und entscheidet, ob oder nicht ein Höchstwert in einem bestimmten Frequenzbereich zwischen f3 und f4 (beispielsweise 0,5 bis 2 kHz) einen oberen Grenzwert (maximale Referenzbremskraft) eines vorbestimmten Referenzbereiches ΔG überschreitet. Wenn der erhaltene Höchstwert größer ist als ΔG, fährt die ECU **26** zu einem Schritt **353** weiter, um die Bremslastdaten $G_{HÖCHSTWERT}$ entsprechend dem erhaltenen Höchstwert zu berechnen. Wenn der erhaltene Höchstwert nicht größer ist als ΔG, wird die ECU **26** zu einem Schritt **354** fortfahren und die Bremslastdaten $G_{HÖCHSTWERT}$ ⌈0⌉ bestimmen. Der bestimmte Frequenzbereich zwischen f3 und f4 ist so festgesetzt, daß er innerhalb eines Bereiches liegt, in dem Schwingungsfrequenzen, die aufgrund eines Rutschens zwischen der Fahrbahnoberfläche und dem Reifen auftreten, erfaßt werden können.

[0081] Fig. 15A, Fig. 15B und Fig. 15C zeigen die frequenzbezogenen Beschleunigungsdaten einer Schwingung zu den Zeitpunkten t32, t33 und t34. D. h. der erhaltene Höchstwert in dem bestimmten Frequenzbereich zwischen f3 und f4 zu dem Zeitpunkt t32 in Fig. 14A bis Fig. 14D ist geringer als ein oberer Grenzwert eines Referenzbereiches AG, wie dargestellt in Fig. 15A und die Bremslastdaten $G_{HÖCHSTWERT}$ werden auf ⌈0⌉ gesetzt. Der zu dem Zeitpunkt t33 und t34 in einem bestimmten Frequenzbereich zwischen f3 und f4 erhaltene Höchstwert überschreitet den oberen Grenzwert des Referenzbereichs ΔG, wie dargestellt in Fig. 15B und Fig. 15C, und entsprechend werden die Bremslastdaten $G_{HÖCHSTWERT}$, die dem Bereich des Höchstwertes, der ein oberen Grenzwert zu dem Zeitpunkten überschreitet, berechnet.

[0082] Die Steuerschritte der ABS-Steuerung für den oben geschilderten Betrieb werden in derselben Weise wie in Fig. 9 ausgeführt und die Druckabsenkzeit Tca1 (oder die Druckhaltezeit), die zu den oben erhaltenen Bremslastdaten $G_{HÖCHSTWERT}$ korrespondiert, werden aufgrund der folgenden Gleichung 2 im einem Schritt **203** gemäß Fig. 9 berechnet.

$$Tca1 = a \cdot G_{HÖCHSTWERT} + b \qquad (2),$$

wobei a und b Konstanten sind.

[0083] Die Bremslastdaten können aufgrund eines Wechsels der Höchstwertfrequenz der Schwingung erfaßt werden (Wechsel in den Auswirkungen der Frequenz der Schwingung). In diesem Fall wird die oben genannte Gleichung 2 durch die folgende Gleichung 3 ersetzt werden, in der die Frequenz $f_{HÖCHSTWERT}$ die Frequenz darstellt, wenn die Daten $G_{HÖCHSTWERT}$ erzeugt werden.

$$Tca1 = a \cdot f_{HÖCHSTWERT} + b \qquad (3),$$

wobei a und b Konstanten sind.

[0084] Bei dem vierten Ausführungsbeispiel können mittels der FFT-Schaltung zum Einregeln der frequenzbezogenen Daten der Beschleunigung der Schwingung der Bremsbetrieb präzise erfaßt werden und die Aufgaben, die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegen, können wie bei dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel gelöst werden.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0085] Bei einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die ABS-Einheit wie in Fig. 16 gezeigt, modifiziert. Gemäß Fig. 16 ist ein Bremspedal **1** mit einem Verstärker **2** verbunden, der wiederum mit einem Tandem-Bremszylinder **12** verbunden ist. Eine erste Druckfluidöffnung **13** des Hauptzylinders **12** ist mit einer ersten Fluiddruckleitung **15** zu den Radzylindern **17** und **18** verbunden und eine zweite Druckfluidöffnung **14** ist über eine zweite Druckfluidleitung **16** mit den Radzylindern **19** und **20** verbunden.

[0086] ABS-Linear-Aktuatoren **30** bis **33**, die den Bremsfluiddruck der Räder linear ändern, sind in den entsprechenden Fluidleitungen **15** und **16** vorgesehen, die mit dem Hauptzylinder **12** und den Radzylindern **17** bis **20** der entsprechenden Rädern verbun-

den sind. Mit anderen Worten umfaßt beim fünften Ausführungsbeispiel die ABS-Linear-Aktuatoren **31** bis **33** einen Fluiddrucksteuer-Aktuator.

[0087] Der ABS-Linear-Aktuator **30**, der einer der genannten Aktuatoren ist, weist eine Ventilkammer **34** und eine Kolbenkammer **35** auf. Ein im wesentlichen sphärisches Ventilgehäuse **37** ist in der Ventilkammer **34** angeordnet und gegen einen Ventilsitz **38** mittels einer Schraubenfeder **35** gedrängt und ein Kolben **39** ist in der Kolbenkammer **35** eingesetzt, um in dieser gleitend aufgenommen zu werden. Der Kolben **39** ist mit einem Motor **41** über ein Paar von Getriebezahnrädern **40a** und **40b** verbunden.

[0088] Wenn der Ventilkörper **37** von dem Ventilsitz entfernt ist, wie dargestellt in Fig. 16, nimmt der Bremsfluiddruck zu. Der Motor **41** treibt den Kolben **39** nach rechts in Fig. 16. Wenn der Kolben **39** zusammen mit dem Ventilkörper **37** stoppt, der an dem Ventilsitz **38** anstößt, wird der Fluiddruck konstant gehalten. Wenn der Kolben weiter nach rechts angetrieben wird, wird das Volumen einer linken Fluiddruckkammer **35a** ansteigen und der Bremsfluiddruck wird absinken. Mittels des Ansaugens oder Abgebens von Bremsflüssigkeit zwischen dem Kolben **39** und dem Radzylinder **17** durch eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens **39**, wird der Bremsfluiddruck gesteigert, gehalten oder abgesenkt.

[0089] Die oben geschilderte ABS-Einheit erfüllt ebenfalls die der Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben mit denselben Betriebsschritten, wie bei dem vorangegangen ersten bis vierten Ausführungsbeispiel. Da das Volumen der Fluiddruckkammer **35a** linear geändert wird, können Änderungen des Bremsfluiddruckes verhindert werden und eine genaue Erfassung der Bremslast gewährleistet werden.

[0090] Die vorliegende Erfindung kann weiterhin realisiert werden, indem wie folgt auf der Grundlage der genannte Ausführungsbeispiele vorgegangen wird.

(1) Der Referenzlastlevel G1 wird entsprechend der Fahrbahnoberflächenbedingung μ in Kontakt mit dem Rad im Schritt **152** in Fig. 4 entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel berechnet. Jedoch kann der Referenzlastlevel G1 auch wie folgt berechnet werden. D. h. ein mittlerer Level einer Amplitude einer Radbeschleunigung G_W wird zunächst berechnet und der Referenzlastlevel G1 wird von Zeit zu Zeit neu berechnet als "Mittellevel + α" (wobei α ein fester Wert ist, der in negativer Richtung ansteigt).

(2) Der Höchstwert in einem bestimmten Frequenzbereich wird von der Radbeschleunigung oder der Beschleunigung eines ungefederten Bauteiles, die mittels einer FFT-Schaltung erhalten wird, erfaßt, jedoch kann dieser auch mittels einer BFT (Band-Pass-Filter) erfaßt werden, die bestimmte Frequenzkomponenten erstellt.

(3) Der Bremsbetrieb kann auch in folgender Weise, zusätzlich zu den genannte Ausführungsmöglichkeiten erfaßt werden.

[0091] Eine physikalische Änderung, die auf die Bewegung eines ungefederten Bauteils zurückzuführen ist, wie beispielsweise ein Geräusch, das durch die ungefederten Bauteile erzeugt wird, ein Federungsstoß, die Belastung der Radaufhängung, die Belastung einer Achse, die Belastung des Rades oder dergleichen können ermittelt werden und der Bremsbetrieb kann von dem erhaltenen Höchstwert der oben genannten Daten in einem bestimmten Frequenzbereich oder aufgrund einer Frequenzänderungsrate erfaßt werden.

(4) Die Bremslastdaten werden von dem frequenzbezogenen Daten einer Radbeschleunigung G_W bei dem dritten Ausführungsbeispiel erhalten, jedoch können die Bremslastdaten auch von frequenzbezogenen Daten der Änderung der Raddrehzahl V_W erfaßt werden.

(5) Ein Referenzwert bezogen auf den μ_B-Höchstwert kann benutzt werden, um den Bremsbetrieb bei den oben erläuterten Ausführungsbeispielen zu erfassen, jedoch kann der Bremsbetrieb auch vor dem μ_B-Höchstwert erfaßt werden, indem die Ansprechverzögerung der Aktuatoren berücksichtigt wird. Mit anderen Worten kann bei herkömmlichen Aktuatoren aufgrund der Ansprechverzögerung ein weiteres Ansteigen des Rutschen auftreten, wobei jedoch dieses Problem in der genannten Weise gelöst werden kann.

[0092] Die vorangehende Beschreibung der vorliegenden Erfindung wurde unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsbeispiele gemacht. Jedoch ist es verständlich, daß zahlreiche Modifikationen und Änderungen der speziellen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung gemacht werden können, ohne den breiteren Schutzbereich und den Erfindungsgedanken, wie er in dem anliegenden Ansprüchen formuliert ist, zu verlassen. Entsprechend muß die Beschreibung der vorliegenden Erfindung in diesem Dokument als beschreibend und nicht beschränkend angesehen werden.

[0093] Mit der Erfindung wird eine Einrichtung zum optimalen Aufbringen einer Bremskraft bei einem Fahrzeug geschaffen, die Bremsbetriebsdaten auswertet. Eine Steuereinrichtung (ECU) erfaßt den Bremsbetrieb (Bremslast) entsprechend geänderten Bedienungen der Raddrehung. Im Detail wird durch die ECU die Radbeschleunigung berechnet und ein Referenzlastwert entsprechend der Fahrbahnbedingung μ bezüglich des Kontakts mit dem Rad festgesetzt. Wenn die Amplitude der Radbeschleunigung aufsteigt und einen Referenzlastwert überschreitet, wird bestimmt, daß die Bremslast stark ist. Wenn die Bremslast stark ist, senkt die ECU den Fluidbrems-

druck des entsprechenden Rades ab. In diesem Fall kann das Rutschverhältnis um einen μ_B-Höchstwert herum gesteuert werden.

Patentansprüche

1. Bremskraftsteuereinrichtung mit einer Einrichtung (**2**, **8**, **9**, **11**, **12**, **17**–**20**) zum Aufbringen einer Bremskraft auf ein Fahrzeug;
einer Einrichtung (**22**–**25**, **26**, **150**, **151**, **152**, **161**, **250**, **251**) zum Erfassen einer Schwingungsänderung eines Rades, wenn die Bremskraft aufgebracht wird;
einer Einrichtung (**26**, **153**, **154**, **155**, **164**, **165**, **166**, **254**, **353**, **354**) zum Bestimmen eines Ist-Bremszustands basierend auf einer Schwingungsänderung, die durch die Einrichtung zum Erfassen einer Schwingungsänderung erfasst ist, und einem vorgegebenen Schwingungsänderungsbereich eines maximalen Bremsbereichs; und
einer Einrichtung (**30**–**33**) zum Steuern der Einrichtung zum Aufbringen der Bremskraft, so dass die Schwingungsänderung, die durch die Einrichtung zum Erfassen der Schwingungsänderung bestimmt ist, innerhalb des vorgegebenen Schwingungsänderungsbereichs basierend auf dem Ist-Bremszustand ist, der durch die Einrichtung zum Bestimmen des Ist-Bremszustands bestimmt ist.

2. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bremskraftänderungseinrichtung (**30**–**33**) die Bremskraft auf das Rad zumindest in Richtung Erhöhen oder Absenken ändert und verhindert, dass die Bremskraft weiter ansteigt, wenn der Ist-Bremszustand einen oberen Grenzwert des Bremskraftbereiches überschreitet.

3. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22 25**, **26**, **150**, **151**, **152**, **161**, **162**, **163**, **250**, **251**, **252**, **253**) die Schwingungsänderung erfasst, die aufgrund einer Rotationsänderung des Rades auftritt, wenn die Bremskraft auf das Rad aufgebracht wird, wobei die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung (**26**, **153**, **154**, **155**, **164**, **165**, **166**, **254**, **353**, **354**) über den Ist-Bremszustand entsprechend einer Rotationsänderung des Rades entscheidet.

4. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **150**, **151**, **152**, **161**, **162**, **163**, **250**, **251**, **252**, **253**, **350**, **351**, **352**) eine Einrichtung (**22**–**25**) zur Erfassung der Drehzahl des Rades umfasst.

5. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **150**, **151**, **152**, **161**, **162**, **163**, **250**, **251**, **252**, **253**, **350**, **351**, **352**) eine Einrichtung (**22**–**25**, **26**) umfasst, die die Drehbeschleunigung des Rades erfasst.

6. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22 25**, **26**, **350**, **351**, **352**) eine Schwingungsänderung eines ungefederten Bauteiles des Fahrzeuges erfasst und dass die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung (**26**, **353**, **354**) über den Ist-Bremszustand des Fahrzeuges entsprechend der Schwingungsänderung des ungefederten Bauteils entscheidet.

7. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 6, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **350**, **351**, **352**) eine Einrichtung (**22**–**25**, **26**) zur Erfassung der Beschleunigung einer Schwingung eines ungefederten Bauteils umfasst.

8. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **150**, **151**, **152**, **161**, **162**, **163**, **250**, **251**, **252**, **253**) eine Einrichtung (**22**–**25**), die die Drehzahl des Rades erfasst und eine Einrichtung (**26**, **253**) zur Erfassung einer Höchstwertcharakteristik der Drehzahl in einem bestimmten Frequenzbereich umfasst und die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung (**26**, **254**) über den Ist-Bremszustand des Fahrzeuges entsprechend der Höchstwertcharakteristik des Drehzahlsignals in dem bestimmten Frequenzbereich entscheidet.

9. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 3, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **250**, **251**, **252**, **253**) eine Einrichtung (**251**) zur Erfassung eines Radbeschleunigungssignals und eine Einrichtung (**253**) zur Erfassung der Höchstwertcharakteristik des Radbeschleunigungssignals in einem bestimmten Frequenzbereich aufweist und die Ist-Bremszustandbestimmungseinrichtung (**26**, **254**) über den Ist-Bremszustand des Fahrzeugs entsprechend der Höchstwertcharakteristik des Radbeschleunigungssignals in einem bestimmten Frequenzbereich entscheidet.

10. Bremskraftsteuereinrichtung nach Anspruch 6, wobei die Schwingungsänderungs-Erfassungseinrichtung (**22**–**25**, **26**, **350**, **351**, **352**) eine Einrichtung zur Erfassung der Beschleunigung von Schwingungen ungefederter Bauteile und eine Einrichtung (**351**, **352**) zur Erfassung einer Höchstwertcharakteristik der Beschleunigung der Schwingung in einem bestimmten Frequenzbereich umfasst und die Ist-Bremszustandsbestimmungseinrichtung (**253**, **254**) über den Ist-Bremszustand des Fahrzeuges entsprechend der Höchstwertcharakteristik der Beschleunigung der Schwingung in einem bestimmten Frequenzbereich entscheidet.

11. Bremskraftsteuereinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Bremskraftän-

derungseinrichtung (**26**, **30**–**33**, **103**, **104**, **105**, **106**, **107**, **108**, **203**, **204**, **205**, **206**, **207**, **208**, **209**, **210**) einen Fluiddrucksteuer-Aktuator (**30**–**33**) zum kontinuierlichen Regeln des Fluiddrucks, der auf einen Radzylinder für ein Rad aufgebracht wird, entsprechend dem Ist-Bremszustand umfasst.

12. Bremskraftsteuereinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Bremskraftänderungseinrichtung (**26**, **30**–**33**, **103**, **104**, **105**, **106**, **107**, **108**, **203**, **204**, **205**, **206**, **207**, **208**, **209**, **210**) eine Einrichtung (**107**, **207**) zur Erfassung des Rutschens des Rades aufweist und einen Anstieg der Bremskraft verhindert, wenn einer der Werte des Ist-Bremszustands und des Rutschens einen Referenzwert überschreitet.

13. Verfahren zum Steuern der Bremskraft eines Fahrzeuges, das die folgenden Schritte umfasst:
Aufbringen einer Bremskraft auf ein Fahrzeugrad;
Erfassen einer Schwingungsänderung des Rades, wenn die Bremskraft aufgebracht wird;
Bestimmen eines Ist-Bremszustands basierend auf der erfassten Schwingungsänderung und einem vorgegebenen Schwingungsänderungsbereich für den maximalen Bremsbereich; und
Ändern der auf das Rad aufzubringenden Bremskraft, so dass die erfasste Schwingungssänderung innerhalb das vorgegebenen Schwingungsänderungsbereichs basierend auf dem bestimmten Ist-Bremszustand ist.

14. Verfahren zum Steuern der Bremskraft für ein Fahrzeug nach Anspruch 13, wobei
der Bremskraftänderungsschritt folgende Unterschritte umfasst:
Ändern der momentanen Bremskraft zumindest in Richtung Erhöhen oder Absenken und
Verhindern des Anstiegs der Bremskraft, wenn der Ist-Bremszustand einen oberen Grenzwert eines Bremskraftbereichs überschreitet.

15. Verfahren zum Steuern der Bremskraft für ein Fahrzeug nach Anspruch 13, wobei
der Schritt des Erfassens der Schwingungsänderung folgende Unterschritte umfasst:
Erfassen der Schwingungsänderung, die aufgrund einer Rotationsänderung des Rades auftritt, wenn die Bremse aktiviert wurde, und
der Schritt des Bestimmens über den Ist-Bremszustand einen Unterschritt umfasst, in dem über den Ist-Bremszustand entsprechend der Rotationsänderung des Rades entschieden wird.

16. Verfahren zur Steuerung der Bremskraft für ein Fahrzeug nach Anspruch 13, wobei der Schritt des Erfassens einer Schwingungsänderung einen Schritt des Erfassens der Drehgeschwindigkeit des Rades umfasst.

17. Verfahren zur Steuerung der Bremskraft für ein Fahrzeug nach Anspruch 13, wobei der Schritt des Erfassens einer Schwingungsänderung einen Unterschritt des Erfassens der Drehbeschleunigung des Rades umfasst.

18. Verfahren zur Steuerung der Bremskraft eines Fahrzeuges nach Anspruch 13, wobei
der Schritt des Erfassens einer Schwingungsänderung einen Schritt des Erfassens einer Schwingungsänderung eines ungefederten Bauteils des Fahrzeuges umfasst und
der Schritt des Entscheidens über den Ist-Bremszustand einen Unterschritt des Entscheidens über den Ist-Bremszustand gemäß der Schwingungsänderung des ungefederten Bauteils umfasst.

19. Verfahren zur Steuerung der Bremskraft für ein Fahrzeug nach Anspruch 13, wobei der Schritt des Erfassens der Schwingungsänderung einen Unterschritt des Erfassens der Beschleunigung einer Schwingung eines ungefederten Bauteils umfasst.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

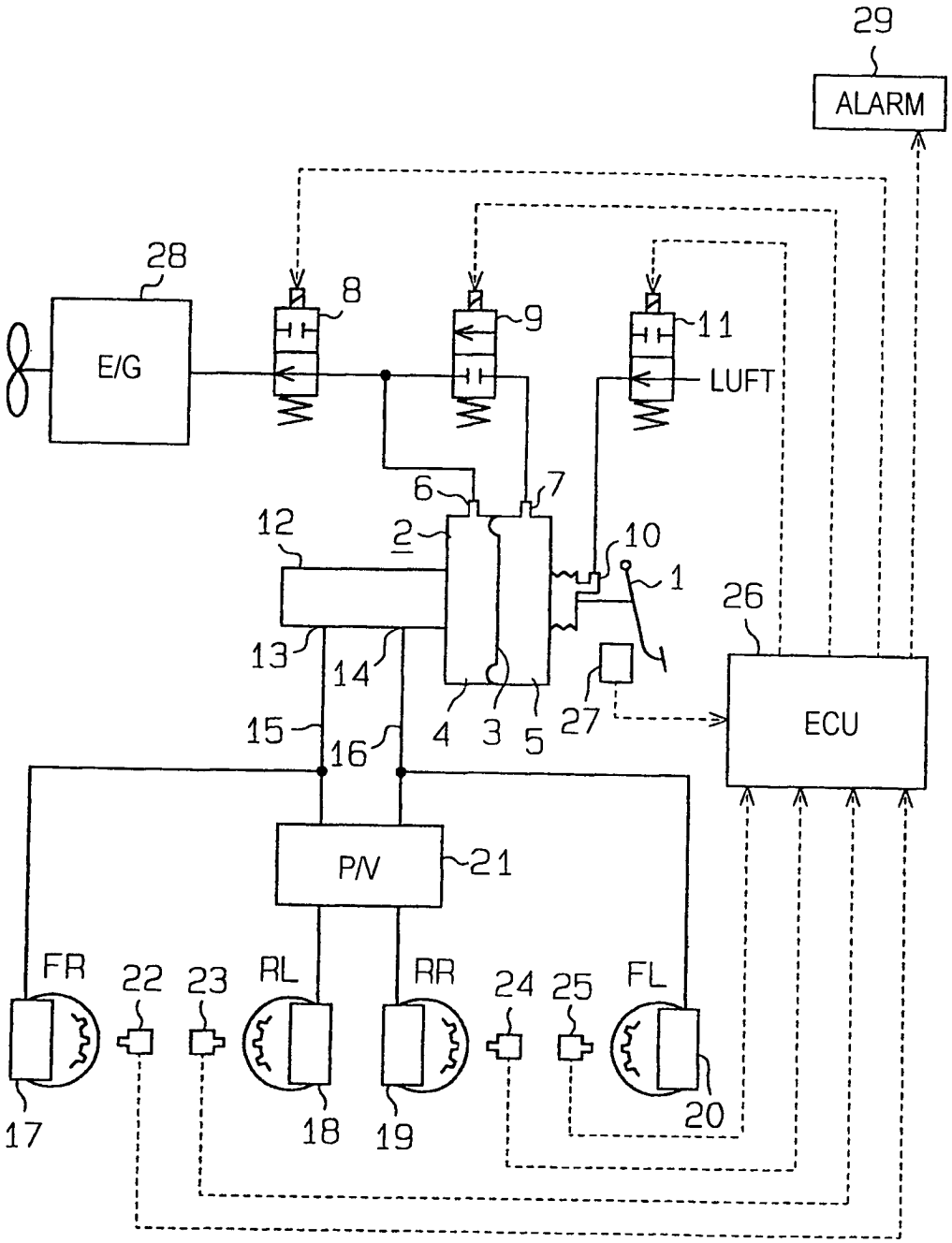


FIG. 2

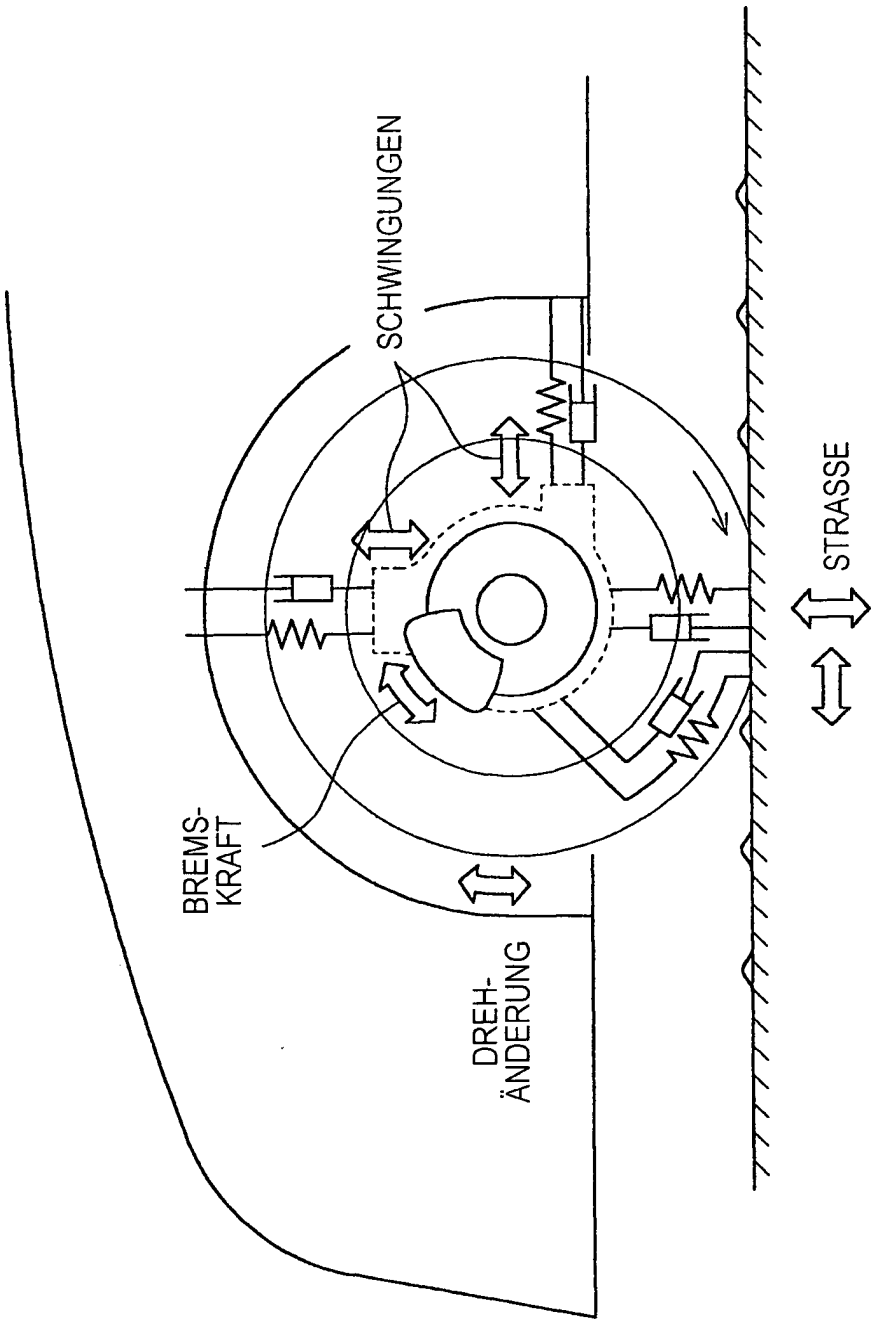


FIG. 3

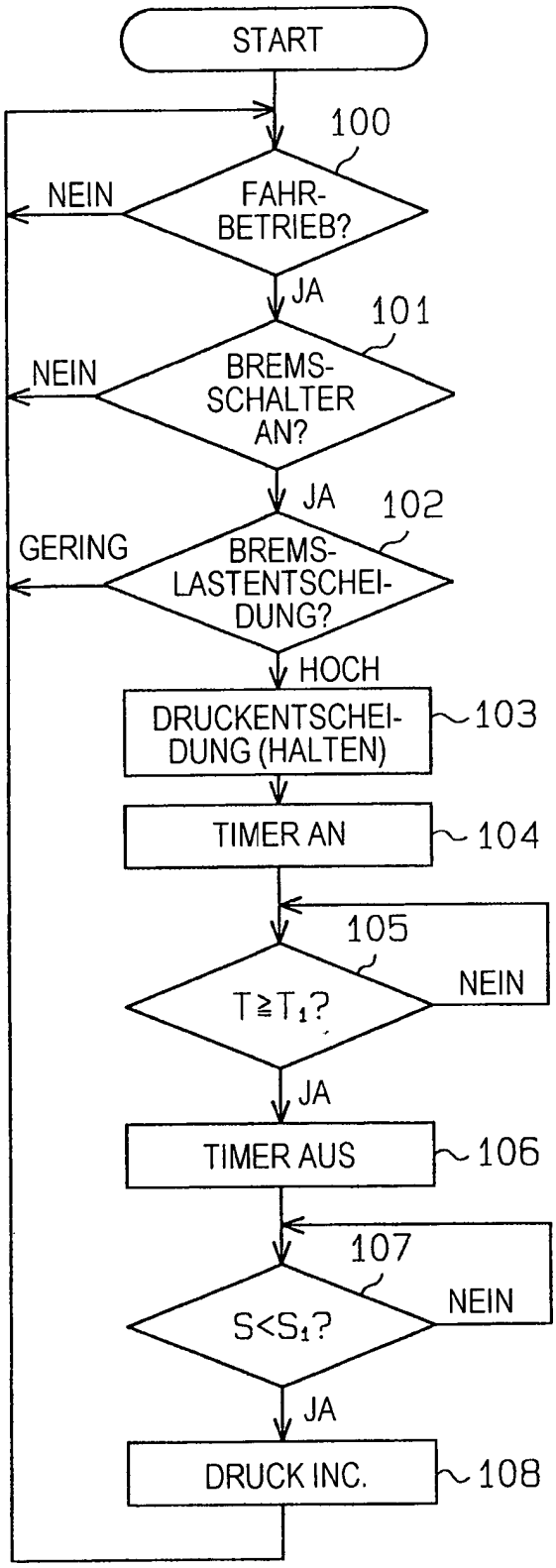

START
100
FAHR-BETRIEB?
NEIN
JA
101
BREMS-SCHALTER AN?
NEIN
JA
102
BREMS-LASTENTSCHEI-DUNG?
GERING
HOCH
DRUCKENTSCHEI-DUNG (HALTEN)
103
TIMER AN
104
105
T≧T1?
NEIN
JA
TIMER AUS
106
107
S<S1?
NEIN
JA
DRUCK INC.
108

FIG. 4

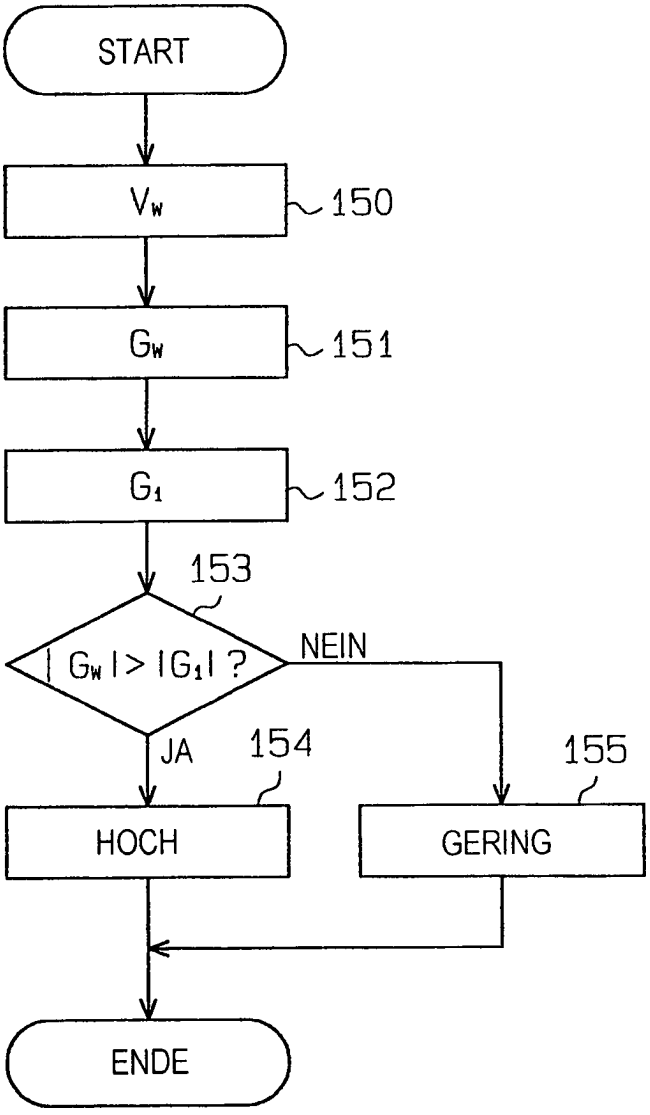

START
V_W
150
G_W
151
G_1
152
153
$|G_W| > |G_1|$?
NEIN
JA
154
155
HOCH
GERING
ENDE

FIG.5A

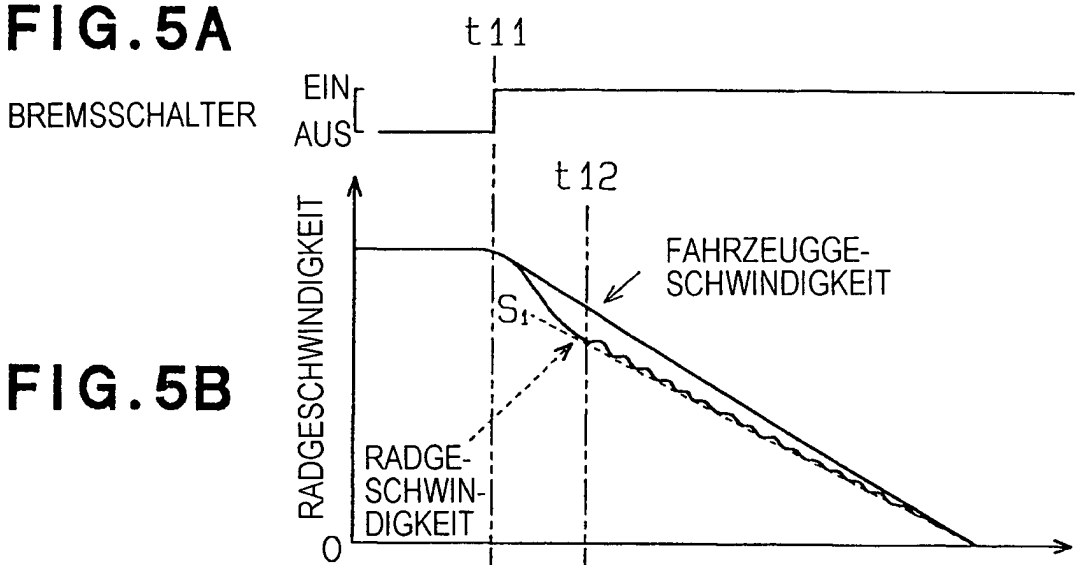


FIG.5B

FIG.5C

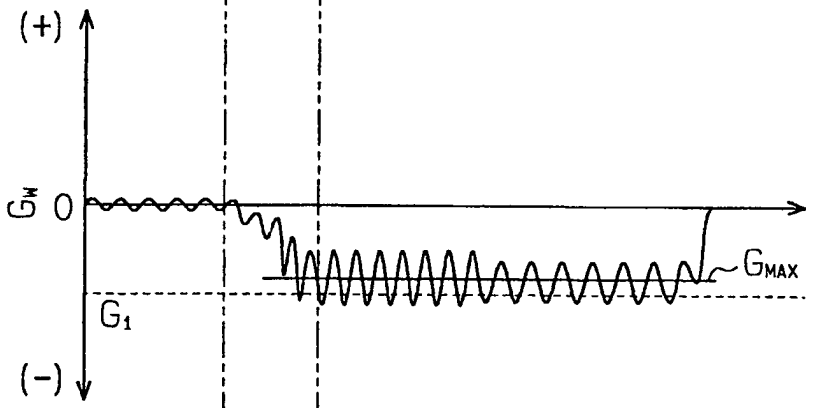


FIG.5D

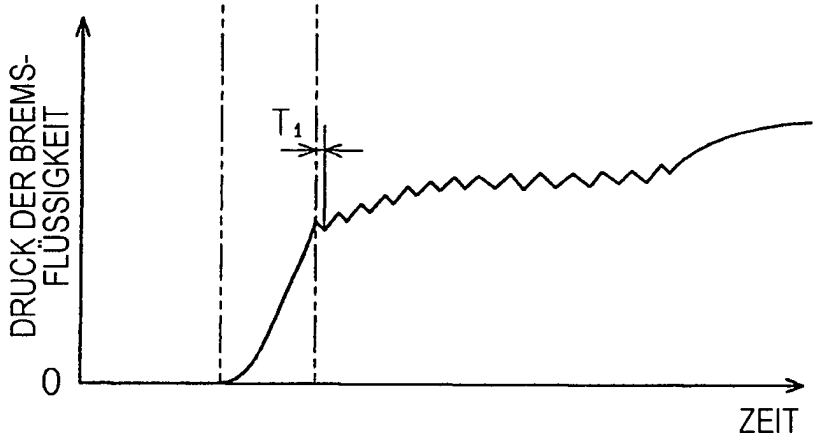


FIG.6A

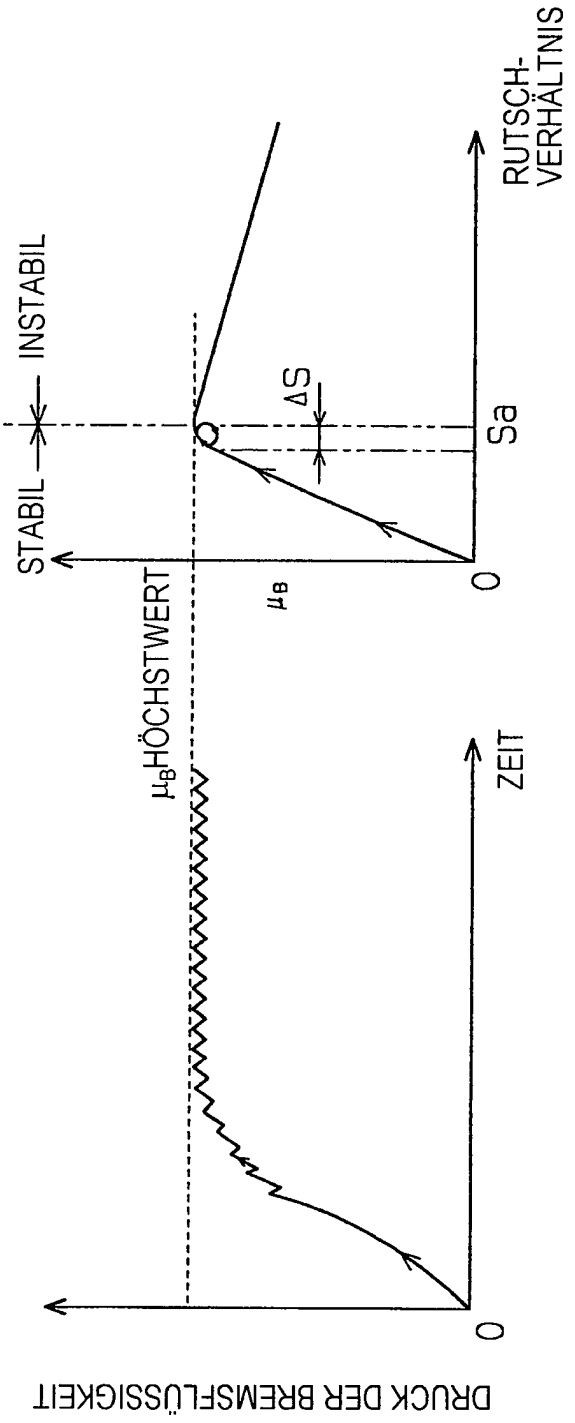

DRUCK DER BREMSFLÜSSIGKEIT
ZEIT
0
μ_BHÖCHSTWERT
STABIL
INSTABIL
μ_B
0
ΔS
Sa
RUTSCH-
VERHÄLTNIS

FIG.6B

FIG.7

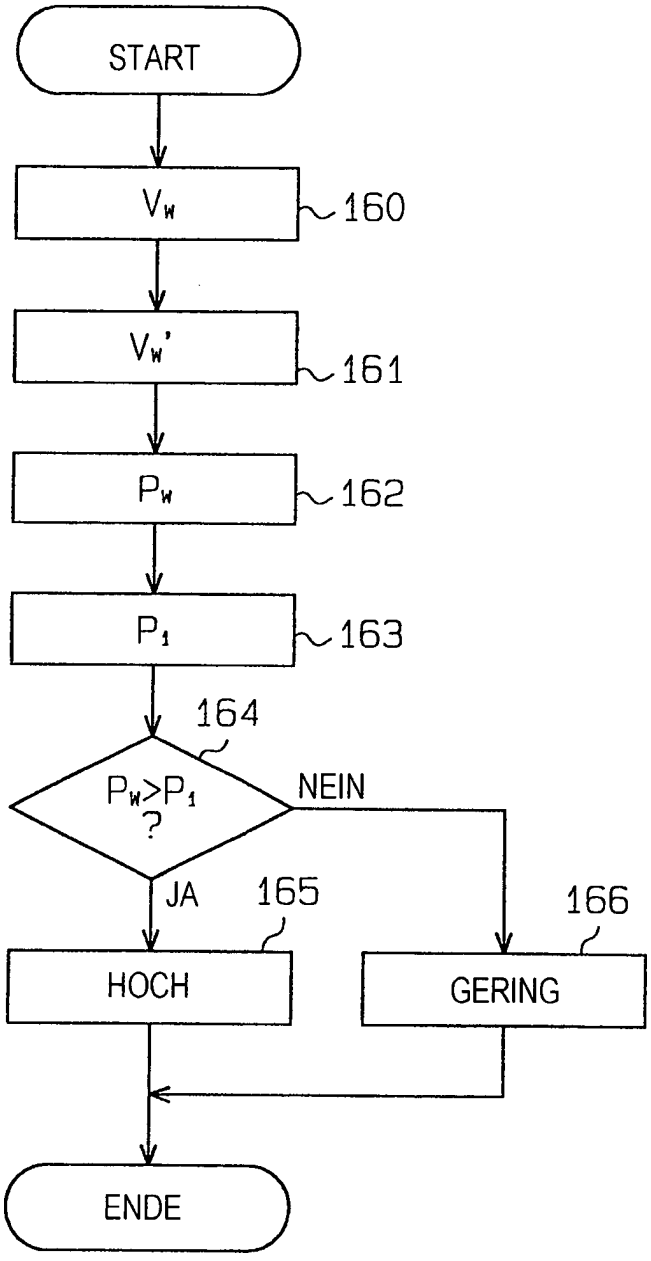

START
V_W
160
V_W'
161
P_W
162
P_1
163
164
$P_W > P_1$?
NEIN
JA
165
166
HOCH
GERING
ENDE

FIG.8A

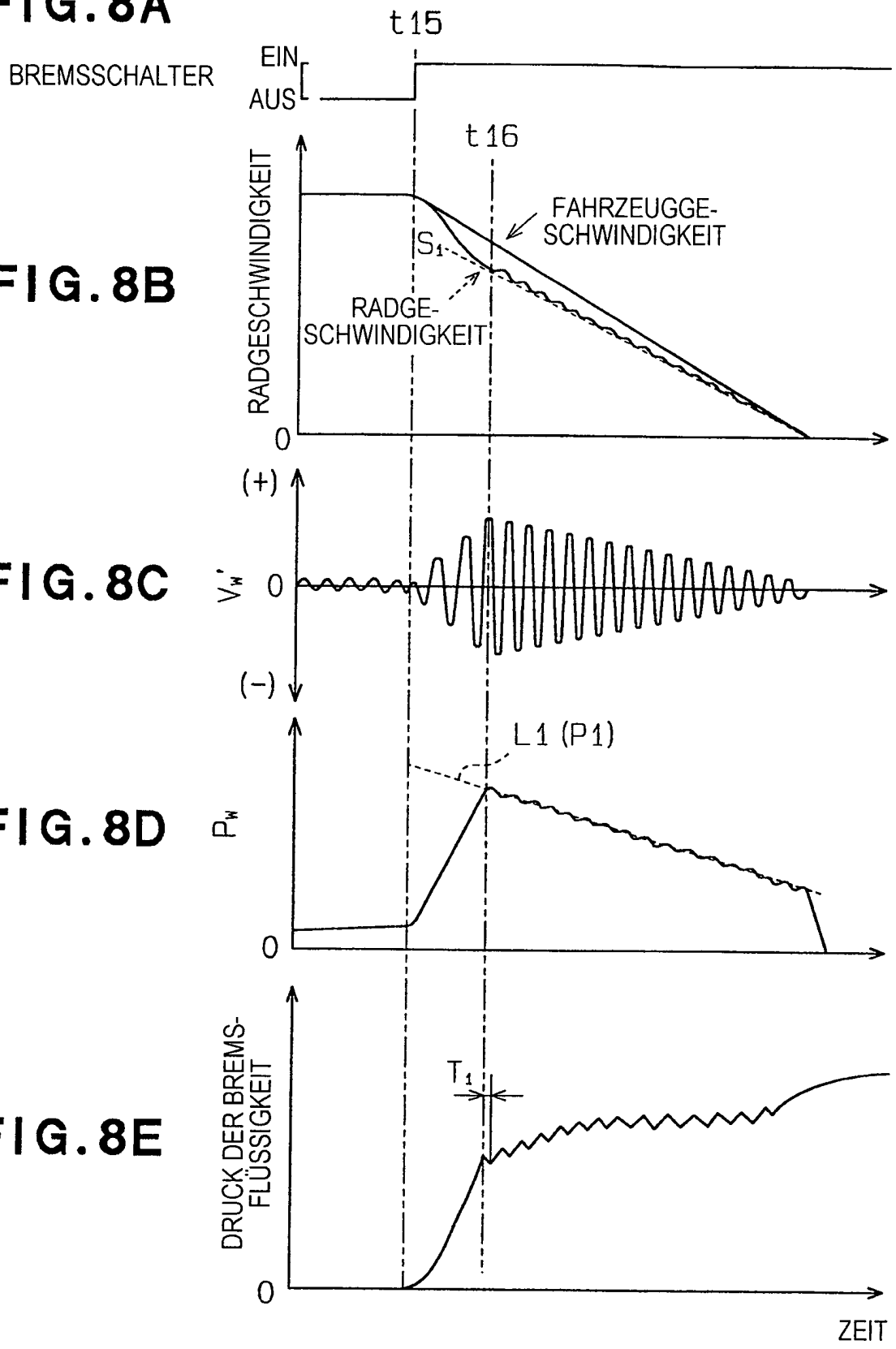


FIG.8B

FIG.8C

FIG.8D

FIG.8E

FIG. 9

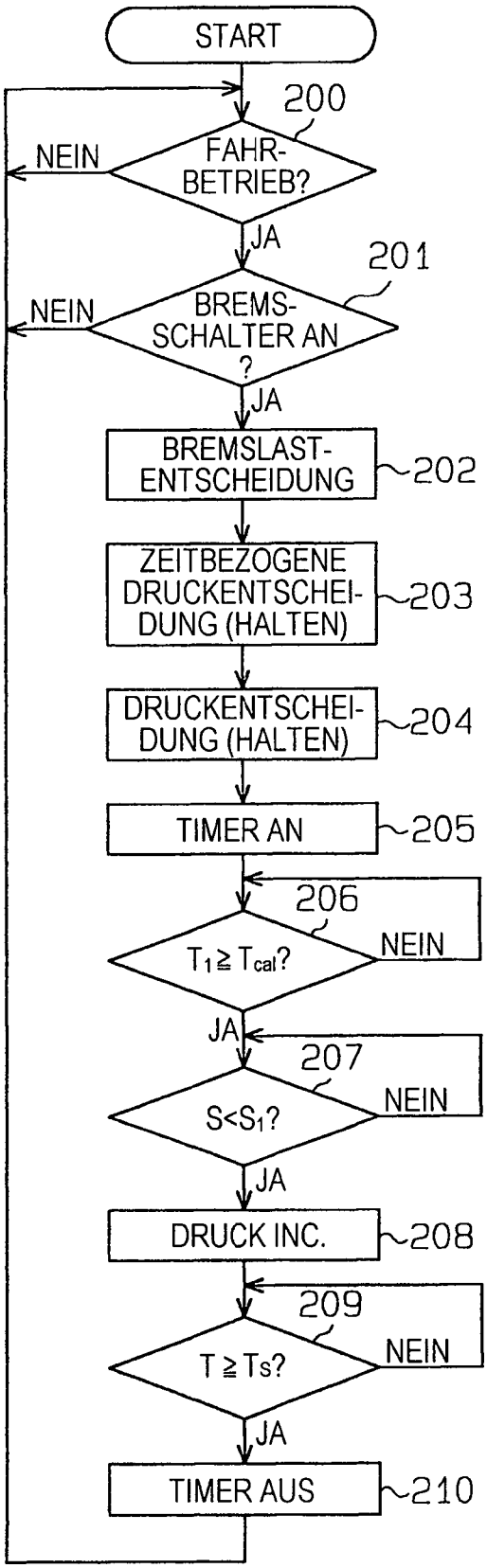

START
200
FAHR-BETRIEB?
NEIN
JA
201
BREMS-SCHALTER AN ?
NEIN
JA
BREMSLAST-ENTSCHEIDUNG
202
ZEITBEZOGENE DRUCKENTSCHEI-DUNG (HALTEN)
203
DRUCKENTSCHEI-DUNG (HALTEN)
204
TIMER AN
205
206
T1 ≧ Tcal?
NEIN
JA
207
S<S1?
NEIN
JA
DRUCK INC.
208
209
T ≧ Ts?
NEIN
JA
TIMER AUS
210

FIG.10

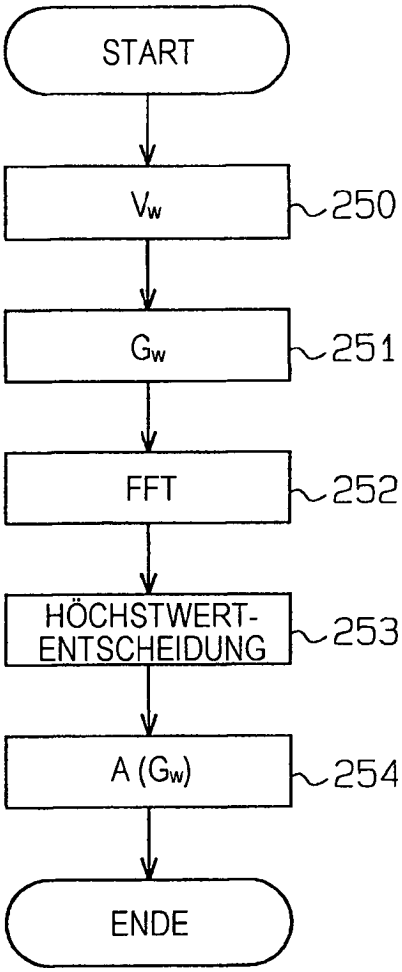

START
V_w
250
G_w
251
FFT
252
HÖCHSTWERT-ENTSCHEIDUNG
253
A (G_w)
254
ENDE

FIG.11A

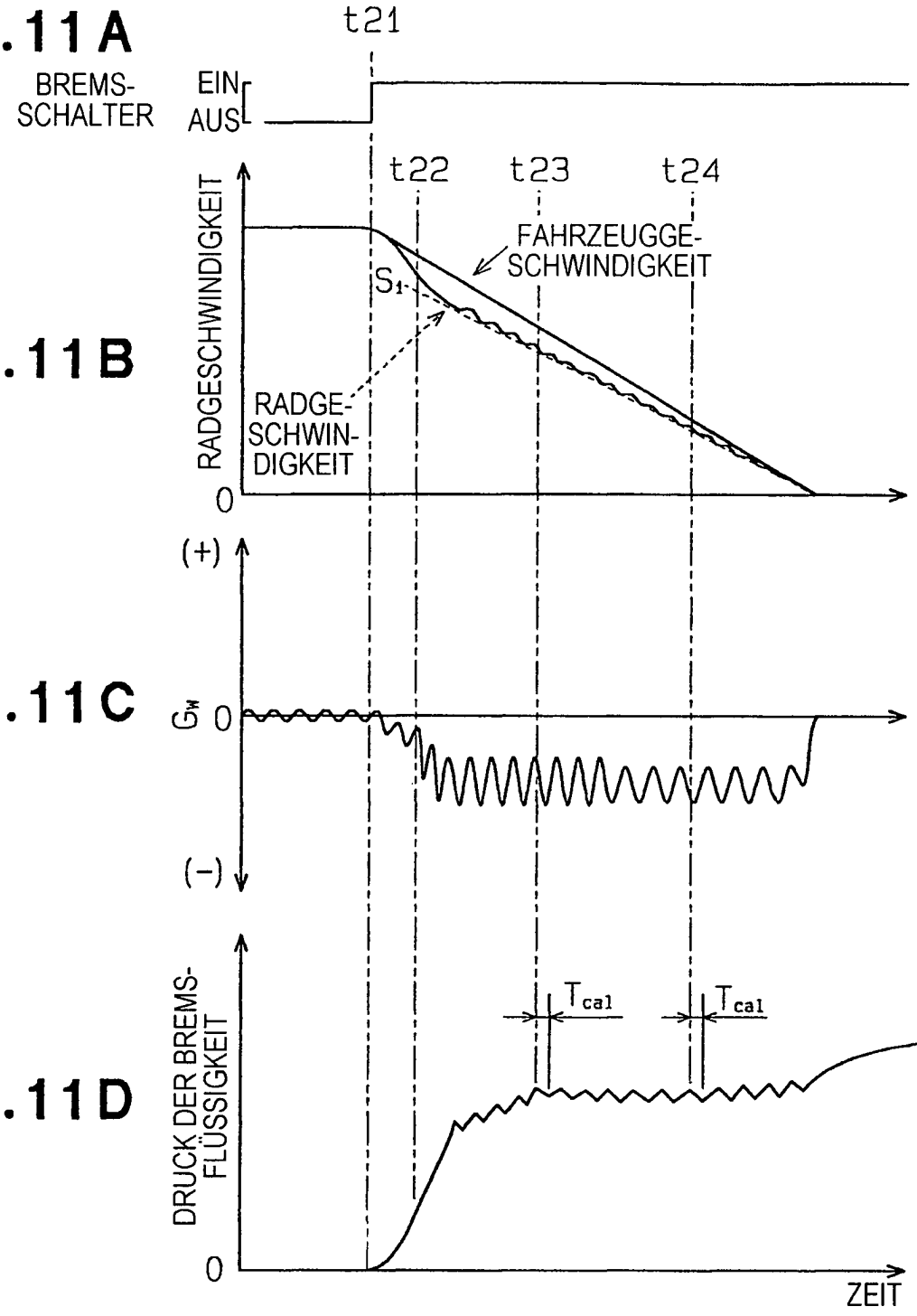


FIG.11B

FIG.11C

FIG.11D

FIG.12A

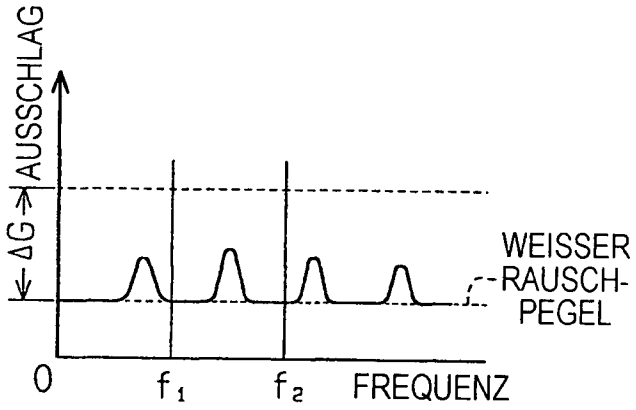


FIG.12B

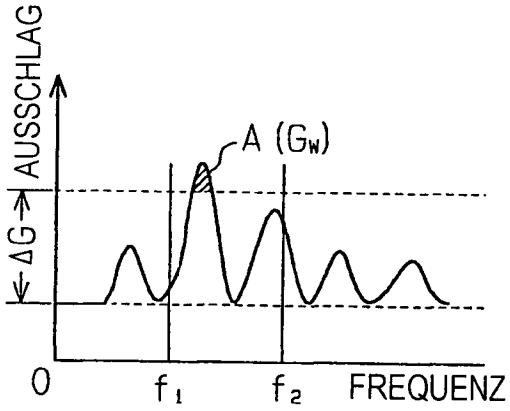


FIG.12C

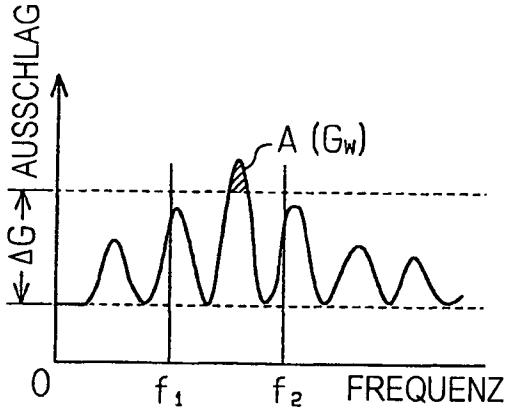


FIG.13

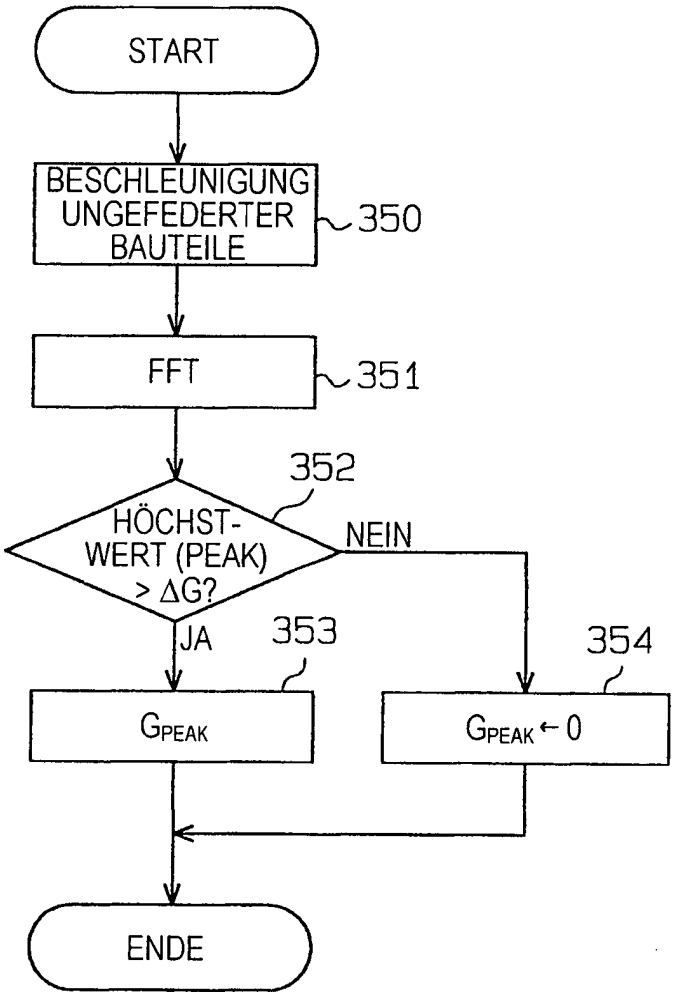

START
BESCHLEUNIGUNG UNGEFEDERTER BAUTEILE
350
FFT
351
352
HÖCHST-WERT (PEAK) > ΔG?
NEIN
JA
353
354
GPEAK
GPEAK ← 0
ENDE

FIG.14A

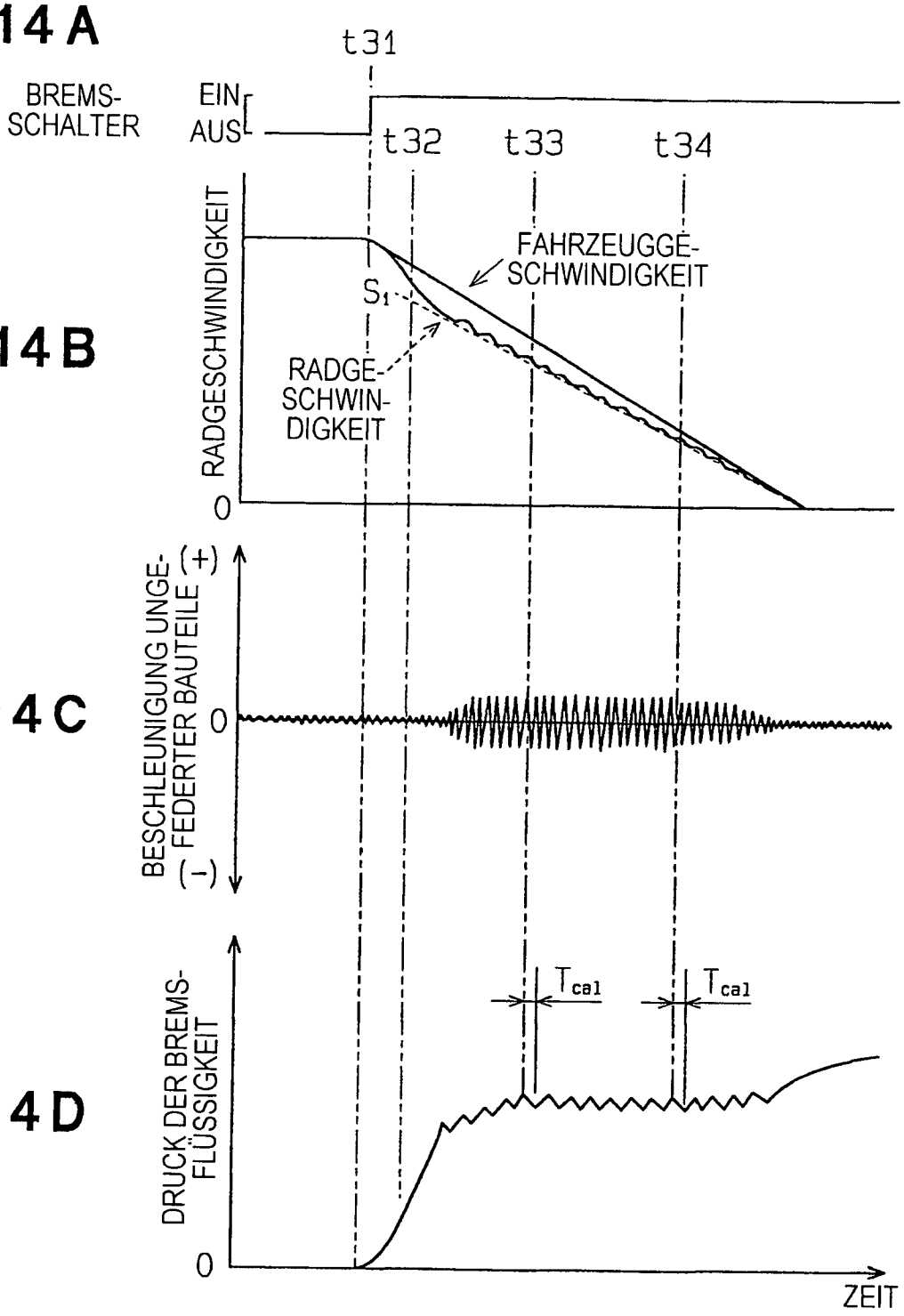


FIG.14B

FIG.14C

FIG.14D

FIG.15A

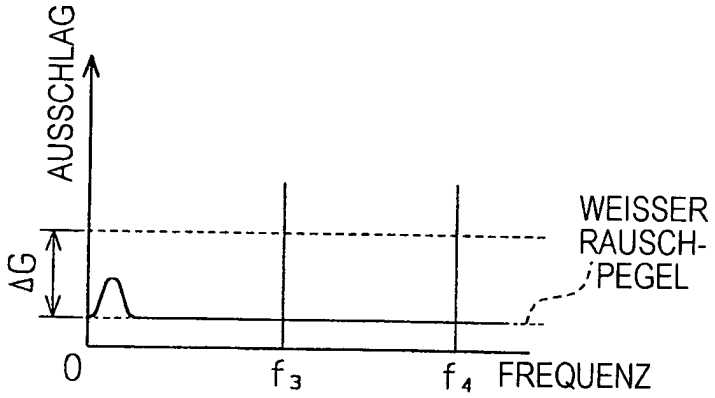


FIG.15B

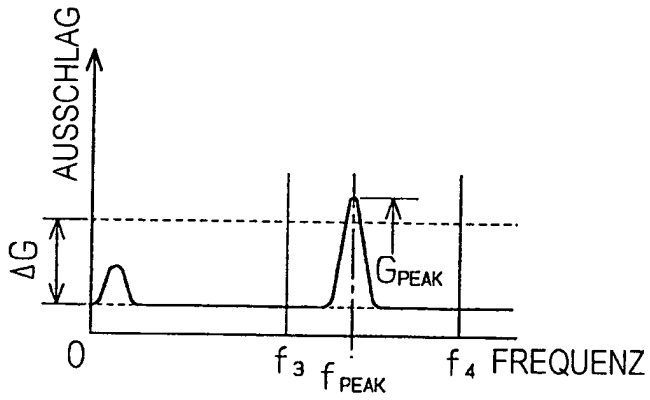


FIG.15C

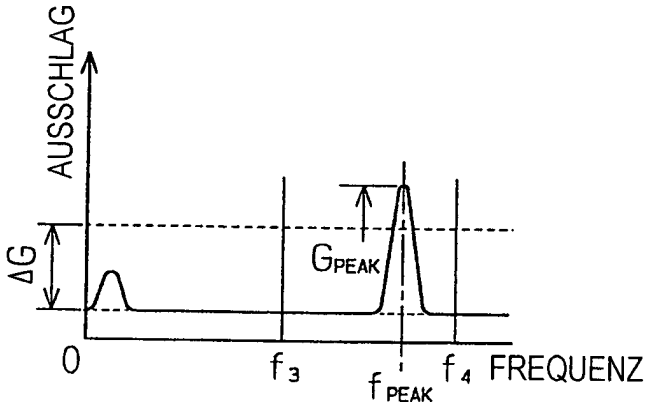


FIG.16

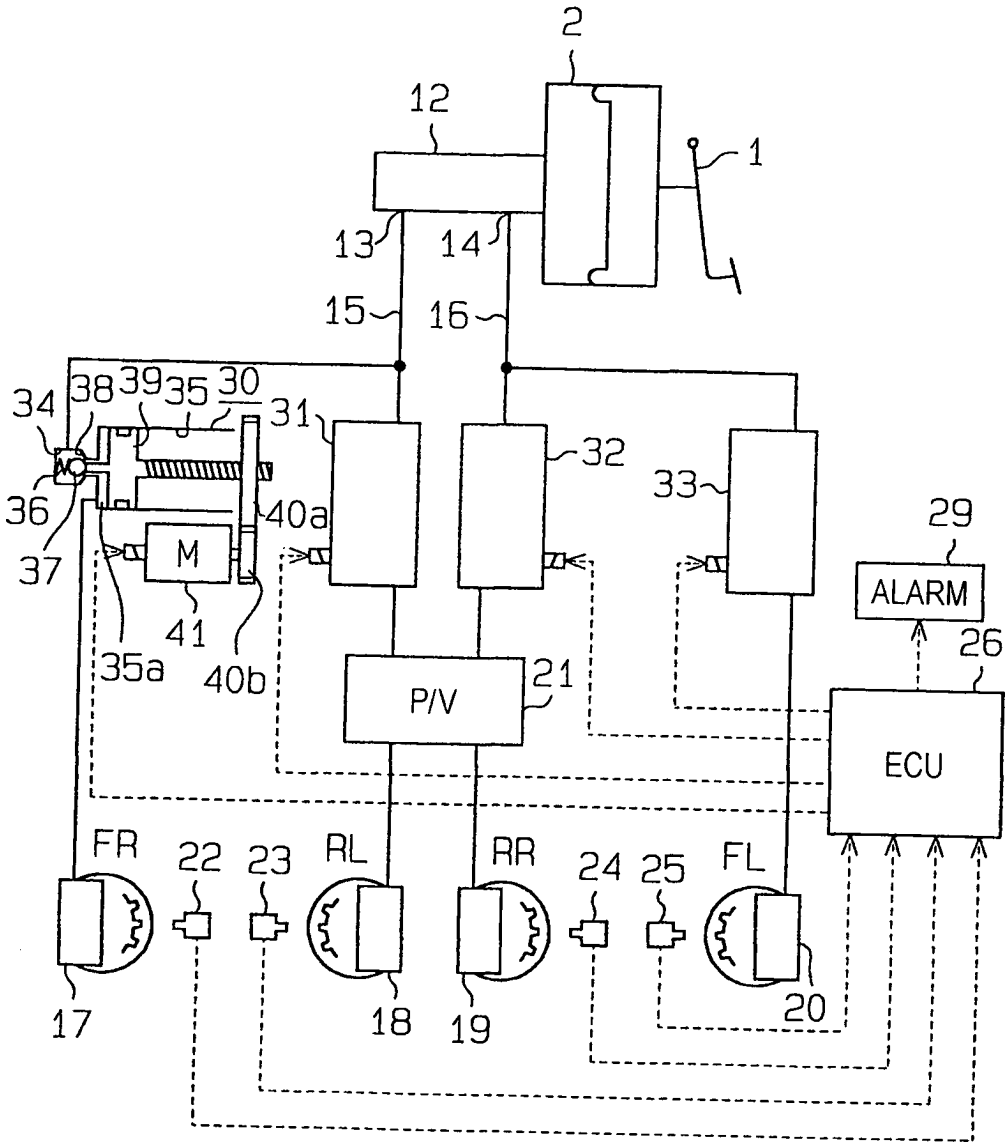

2
12
1
13
14
15
16
34
38
39
35
30
31
32
33
36
40a
37
M
41
35a
40b
P/V
21
29
ALARM
26
ECU
FR
22
23
RL
RR
24
25
FL
17
18
19
20

FIG.17A
STAND DER TECHNIK

FIG.17B
STAND DER TECHNIK

