



(10) **DE 10 2008 037 141 B4** 2020.07.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 037 141.6**
(22) Anmeldetag: **08.08.2008**
(43) Offenlegungstag: **26.02.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.07.2020**

(51) Int Cl.: **B60T 13/66** (2006.01)
B60T 8/88 (2006.01)
B60T 8/00 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
2007-208869 10.08.2007 JP

(73) Patentinhaber:
Hitachi, Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Hoefer & Partner Patentanwälte mbB, 81543 München, DE

(72) Erfinder:
Nishino, Kimio, Atsugi-shi, Kanagawa, JP;
Innami, Toshiyuki, Atsugi-shi, Kanagawa, JP;
Matsubara, Kenichiro, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP;
Sugawara, Toshiharu, Hitachi-shi, Ibaraki, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 43 314	A1
DE	100 33 835	A1
DE	198 07 366	A1
DE	198 07 369	A1
WO	98/ 35 867	A1

(54) Bezeichnung: **Bremsregelvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Bremsregelvorrichtung (1), die aufweist:

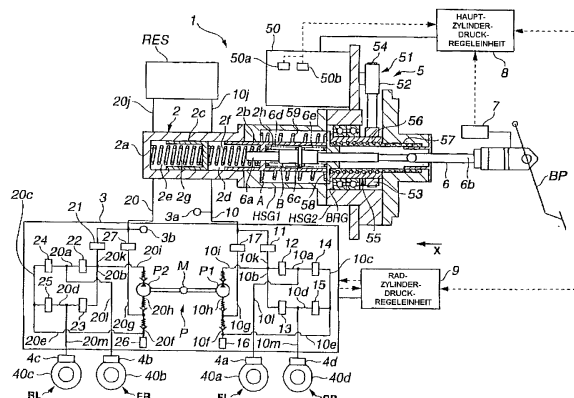
einen Hauptzylinder (2) zur Erhöhung eines Innendrucks (Pwc) eines Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) eines Fahrzeugs;
einen Verstärker (5) zur Erhöhung des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Hauptzylinders (2) gemäß einer Betätigung oder unabhängig von einer Betätigung einer Eingabevorrichtung (BP) des Fahrzeugs;

einen Druckregler (3), der mit einer Hydraulikdruckquelle (P) zur Erhöhung des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders (2) versehen ist; und
einen Regelabschnitt (8, 9), ausgelegt zum:

Auswählen eines von mehreren Backupmodi, und Regeln des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) im ausgewählten Backupmodus, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelabschnitt (8,9) eine erste Regeleinheit (8), die zur Signalübertragung am Verstärker (5) angeschlossen ist und den Verstärker (5) regelt; und
eine zweite Regeleinheit (9), die zur Signalübertragung am Druckregler (3) angeschlossen ist und den Druckregler (3) regelt, umfasst;

die Backupmodi
- einen druckreglerbasierten Modus, in welchem die zweite Regeleinheit (9) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Druckreglers (3) regelt, und

- einen verstärkerbasierten Modus, in welchem die erste Regeleinheit (8) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Verstärkers (5) regelt, ...



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich generell auf eine Bremsregelvorrichtung oder ein Bremsregelsystem, das aufweist: einen Hauptzylinder zur Erhöhung eines Innendrucks eines Radzylinders (Radzylinderdrucks) eines Fahrzeugs gemäß einer Betätigung einer Eingabevorrichtung eines Fahrzeugs; ein Verstärkersystem zur Erhöhung des Radzylinderdrucks durch eine Betätigung des Hauptzylinders unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung, und ein Druckreglersystem mit einer Hydraulikdruckquelle zur Erhöhung des Radzylinderdrucks unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Bremsregelvorrichtung, die den Radzylinderdruck regeln kann, selbst wenn das Verstärkersystem defekt ist.

[0002] Die internationale PCT-Veröffentlichung mit der Nummer WO 98/35367 offenbart ein Kfz-Bremsystem, das einen Bremskraftverstärker, um die Betätigung eines Bremspedals durch die Betätigung eines Hauptzylinders zu unterstützen, und ein ABS (Antiblockier-Bremssystem) umfasst, das mit einer Hydraulikpumpe versehen ist. Wenn der Bremskraftverstärker versagt, dann regelt das Bremssystem die Radzylinderdrücke durch die Betätigung der Hydraulikpumpe anstelle des Bremskraftverstärkers.

[0003] DE 198 07 369 A1 offenbart eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Bremsregelvorrichtung bereitzustellen, die die Radzylinderdrücke, wo möglich, durch die Betätigung eines Verstärkersystems regeln kann, um eine geeignete Bremskraft, wie vom Fahrer gewünscht, bereitzustellen, selbst wenn das Verstärkersystem defekt ist.

[0005] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1. Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

[0006] Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist eine Bremsregelvorrichtung auf:

einen Hauptzylinder zur Erhöhung eines Innendrucks eines Radzylinders eines Fahrzeugs gemäß einer Betätigung einer Eingabevorrichtung des Fahrzeugs; einen Verstärker zur Erhöhung des Innendrucks des Radzylinders durch eine Betätigung des Hauptzylinders unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung, wobei der Verstärker einen Elektromotor zur Betätigung des Hauptzylinders umfasst; einen Druck-

regler, der mit einer Hydraulikdruckquelle zur Erhöhung des Innendrucks des Radzylinders unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders versehen ist; eine Vielzahl von Sensoren, die Informationen sammeln, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung zu messen; und einen Regelabschnitt, der umfasst: eine erste Regeleinheit, die zur Signalübertragung am Verstärker angeschlossen ist und den Verstärker regelt, wobei die erste Regeleinheit einen Prozessor und einen Treiber zum Antrieb des Elektromotors umfasst; und eine zweite Regeleinheit, die zur Signalübertragung am Druckregler angeschlossen ist und den Druckregler regelt, wobei der Regelabschnitt ausgelegt ist zum: Erfassen,

dass sich zumindest entweder der Verstärker oder die erste Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen von einem der Backupmodi gemäß dem Defektzustand, wobei die Backupmodi die Funktion zumindest entweder des Verstärkers oder des Druckreglers auf unterschiedliche Art und Weise beschränken und die Backupmodi erste, zweite und dritte Backupmodi umfassen; Auswählen des ersten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Prozessor der ersten Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen des zweiten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Treiber der ersten Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen des dritten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks des Radzylinders im ausgewählten Backupmodus.

[0007] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Bremsregelsystem auf: einen Hauptzylinder zur Erhöhung eines Innendrucks eines Radzylinders eines Fahrzeugs gemäß der Betätigung einer Eingabevorrichtung eines Fahrzeugs; einen Verstärker zur Erhöhung des Innendrucks des Radzylinders durch eine Betätigung des Hauptzylinders unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung, wobei in der Verstärker einen Elektromotor zur Betätigung des Hauptzylinders umfasst; einen Druckregler, der mit einer Hydraulikdruckquelle versehen ist und den Innendruck des Radzylinders erhöht; eine Mehrzahl von Sensoren zur Sammlung von Informationen, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung zu messen; und einen Regelabschnitt, der umfasst: eine erste Regeleinheit, die zur Signalübertragung am Verstärker angeschlossen ist und den Verstärker regelt; wobei die erste Regeleinheit einen Prozessor und einen Treiber zum Antrieb des Elektromotors umfasst; und eine zweite Regeleinheit, die zur Signalübertragung am Druckregler angeschlossen ist und den

Druckregler regelt, wobei der Regelabschnitt ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich zumindest entweder der Verstärker oder die erste Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen von einem der Backupmodi gemäß dem Defektzustand, wobei die Backupmodi eine Betätigung zumindest entweder des Verstärkers oder des Druckreglers auf unterschiedliche Art und Weise beschränken und die Backupmodi erste, zweite und dritte Backupmodi umfassen; Auswählen des ersten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Prozessor der ersten Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen des zweiten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Treiber der ersten Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; Auswählen des dritten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks des Radzylinders im gewählten Backupmodus.

[0008] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Bremsregelsystem auf: einen Hauptzylinder zur Erhöhung eines Innendrucks eines Radzylinders eines Fahrzeugs gemäß einer Betätigung einer Eingabevorrichtung des Fahrzeugs; eine Verstärkereinrichtung zur Erhöhung des Innendrucks des Radzylinders unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung, wobei die Verstärkereinrichtung einen Elektromotor zur Betätigung des Hauptzylinders umfasst; eine Druckregeleinrichtung zur Erhöhung des Innendrucks des Radzylinders unabhängig von einer Betätigung des Hauptzylinders, wobei die Druckregeleinrichtung eine Hydraulikdruckquelle umfasst; eine Einrichtung zur Sammlung von Informationen, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung zu messen; eine erste Regeleinrichtung zur Regelung der Verstärkereinrichtung, wobei die erste Regeleinrichtung einen Prozessor und eine Treibereinrichtung zum Antrieb des Elektromotors umfasst; und eine zweite Regeleinrichtung, zur Regelung der Druckregeleinrichtung; eine Einrichtung zur Erfassung, dass sich zumindest entweder die Verstärkereinrichtung oder die erste Regeleinrichtung in einem Defektzustand befindet; eine Einrichtung zur Auswahl von einem der Backupmodi gemäß dem Defektzustand, wobei die Backupmodi eine Betätigung zumindest entweder der Verstärkereinrichtung oder der Druckregeleinrichtung auf unterschiedliche Art und Weise beschränken, und die Backupmodi erste und zweite Backupmodi umfassen; eine Einrichtung zum Erfassen, dass sich der Prozessor in einem Defektzustand befindet und zum Erzeugen eines ersten Anzeigesignals einer Anforderung für den ersten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Prozessor in einem Defektzustand befindet; eine Einrichtung zum Erfassen, dass sich die Treibereinrichtung in einem Defektzustand befindet und zur Erzeugung eines zwei-

ten Anzeigesignals einer Anforderung für den zweiten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich die Treibereinrichtung in einem Defektzustand befindet; eine Einrichtung zum Regeln des Innendrucks des Radzylinders durch eine Betätigung der Druckreglereinrichtung gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung als Reaktion auf die Erzeugung von zumindest einem der ersten und zweiten Signale.

Figurenliste

[0009] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Zeichnung, die eine Systemkonfiguration eines Kfz-Bremssystems veranschaulicht, die mit einer Bremsregelvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung versehen ist.

Fig. 2 eine schematische Zeichnung, die eine elektrische Schaltung eines Hauptzylinderdruck-Regelsystems in der Bremsregelvorrichtung von **Fig. 1** veranschaulicht.

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das einen Regelprozess zur Behandlung von Defekten im Hauptzylinderdruck-Regelsystem von **Fig. 2** veranschaulicht.

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm, das einen Regelprozess veranschaulicht, der ausgeführt wird, wenn ein Backupmodus **3** beim Regelprozess von **Fig. 3** ausgewählt wurde.

Fig. 5A, Fig. 5B und **Fig. 5C** jeweils ein Zeitschaubild, wobei **Fig. 5A** ein Beispiel veranschaulicht, wie sich ein Hydraulikdruck in der Bremsregelvorrichtung von **Fig. 1** bei einem Backupmodus **1** mit der Zeit verändert, **Fig. 5B** ein Beispiel veranschaulicht, wie sich der Hydraulikdruck bei einem Backupmodus **2** mit der Zeit verändert, und **Fig. 5C** ein Beispiel veranschaulicht, wie sich der Hydraulikdruck bei einem Backupmodus **3** oder Backupmodus **4** mit der Zeit verändert.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] [Systemkonfiguration der Bremsregelvorrichtung] **Fig. 1** veranschaulicht schematisch eine Systemkonfiguration eines Kfz-Bremssystems, das mit der Bremsregelvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung versehen ist. Das Kfz-Bremssystem umfasst vier Räder, d. h. ein linkes Vorderrad „FL“, ein rechtes Vorderrad „FR“, ein linkes Hinterrad „RL“ und ein rechtes Hinterrad „RR“. In **Fig. 1** kennzeichnen die gestrichelten Pfeile die Signalströme. In der nachfolgenden Beschrei-

bung wird angenommen, dass sich die x-Achse horizontal von rechts nach links, wie in **Fig. 1** dargestellt, erstreckt.

[0011] Eine Bremsregelvorrichtung **1** umfasst einen Hauptzylinder **2**, einen Vorratsbehälter „RES“, einen Druckregler (eine Druckregeleinrichtung) oder einen Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**, Radzylinder **4a**, **4b**, **4c** und **4d**, die an den entsprechenden Rädern **FL**, **FR**, **RL** und **RR** vorgesehen sind, einen Verstärker (eine Verstärkereinrichtung) oder einen Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**, der mit dem Hauptzylinder **2** verbunden ist, eine Eingangsstange **6**, einen Bremsenbetätigungssensor **7**, eine Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **8** zur Regelung des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** und eine Radzylinderdruck-Regelmechanismus **9** zur Regelung des Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**. Die Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **8** als erste Regeleinrichtung (erste Regeleinrichtung) und die Radzylinderdruck-Regelmechanismus **9** als zweite Regeleinrichtung (zweite Regeleinrichtung) bilden einen Regelabschnitt.

[0012] Ein Bremspedal „BP“ als Eingabevorrichtung wird von einem Fahrer betätigt. Die Eingangsstange **6** und das Bremspedal **BP** dienen als Einrichtung, um einen Innendruck des Hauptzylinders **2** (einen Hauptzylinderdruck „Pmc“) zu erhöhen oder zu reduzieren. Der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** und die Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **8** dienen als weitere Einrichtung zur Erhöhung oder Reduzierung des Hauptzylinderdrucks Pmc.

[0013] Der Hauptzylinder **2** weist eine Längsachse auf, die sich in der x-Achsenrichtung erstreckt. Der Hauptzylinder **2** ist ein sogenannter Tandem-Hauptzylinder und umfasst einen primären Kolben **2b** und einen sekundären Kolben **2c**, die im Inneren eines hohlen Zylinderabschnitts **2a** angeordnet sind. Eine primäre Flüssigkeitskammer **2d** ist als Raum definiert, der von einer inneren Umfangsfläche des Zylinderabschnitts **2a** und einer längs verlaufenden Oberfläche des primären Kolbens **2b**, die in der positiven x-Achsenrichtung gegenüberliegt, und einer längs verlaufenden Oberfläche des sekundären Kolbens **2c** umgeben ist, die in der negativen x-Achsenrichtung gegenüberliegt. Eine sekundäre Flüssigkeitskammer **2e** ist als Raum definiert, der von der inneren Umfangsfläche des Zylinderabschnitts **2a**, einer Bodenfläche des Zylinderabschnitts **2a** und einer längs verlaufenden Oberfläche des sekundären Kolbens **2c** umgeben ist, die in der positiven x-Achsenrichtung gegenüberliegt.

[0014] Die primäre Flüssigkeitskammer **2d** ist zum Flüssigkeitsaustausch mit einem Hydraulikkreisabschnitt **10** des Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** hydraulisch verbunden, während die sekundäre Flüssigkeitskammer **2e** zum Flüssigkeitsaustausch mit einem Hydraulikkreisabschnitt **20** des Radzylinder-

druck-Regelmechanismus **3** verbunden ist. Das Fassungsvermögen der primären Flüssigkeitskammer **2d** ändert sich, wenn sich der primäre Kolben **2b** und der sekundäre Kolben **2c** im Zylinderabschnitt **2a** relativ zueinander verschieben. Eine Rückstellfeder **2f** ist in der primären Flüssigkeitskammer **2d** zur Vorspannung des primären Kolbens **2b** in der negativen x-Achsenrichtung in Bezug auf den sekundären Kolben **2c** angeordnet. Das Fassungsvermögen der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** ändert sich, wenn sich der sekundäre Kolben **2c** im Zylinderabschnitt **2a** verschiebt. Eine Rückstellfeder **2g** ist in der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** zur Vorspannung des sekundären Kolbens **2c** in der negativen x-Achsenrichtung angeordnet.

[0015] Die Eingangsstange **6** umfasst einen ersten längs verlaufenden Endbereich **6a**, der sich durch eine Trennwand **2h** des primären Kolbens **2b** erstreckt, wobei sich der erste längs verlaufende Endbereich **6a** in der x-Achsenrichtung auf der positiven Seite der Eingangsstange **6** befindet. Der erste längs verlaufende Endbereich **6a** der Eingangsstange **6** umfasst einen Bereich, der in der primären Flüssigkeitskammer **2d** liegt. Der erste längs verlaufende Endbereich **6a** der Eingangsstange steht durch eine Abdichtung in engem Flüssigkeitskontakt mit der Trennwand **2h** des primären Kolbens **2b** und kann sich ferner relativ zur Trennwand **2h** in der x-Achsenrichtung verschieben. Die Eingangsstange **6** umfasst einen zweiten mit dem Bremspedal **BP** verbundenen längs verlaufenden Endbereich **6b**, wobei sich der zweite längs verlaufende Endbereich **6b** in der x-Achsenrichtung auf der negativen Seite der Eingangsstange **6** befindet. Das Niederdrücken des Bremspedals **BP** bewirkt eine Bewegung der Eingangsstange **6** in der positiven x-Achsenrichtung und das Freigeben des Bremspedals **BP** eine Bewegung der Eingangsstange **6** in der negativen x-Achsenrichtung.

[0016] Die Bewegung der Eingangsstange **6** und/oder des primären Kolbens **2b** in der positiven x-Achsenrichtung setzt ein Betriebsmittel in der primären Flüssigkeitskammer **2d** unter Druck. Das unter Druck gesetzte Betriebsmittel in der primären Flüssigkeitskammer **2d** wird dem Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** durch den Hydraulikkreisabschnitt **10** zugeführt. Der erhöhte Hydraulikdruck in der primären Flüssigkeitskammer **2d** drückt den sekundären Kolben **2c** in die positive x-Achsenrichtung. Die Bewegung des sekundären Kolbens **2c** in die positive x-Achsenrichtung setzt ein Betriebsmittel in der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** unter Druck. Das unter Druck gesetzte Betriebsmittel in der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** wird dem Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** durch einen Hydraulikkreisabschnitt **20** zugeführt.

[0017] Da die primäre Flüssigkeitskammer **2d** durch die Bewegung der Eingangsstange **6** unter Druck

gesetzt werden kann, kann das Niederdrücken des Bremspedals **BP** den Hauptzylinderdruck P_{mc} erhöhen, um eine Bremskraft zu erzeugen, selbst wenn ein Elektromotor **50** zum Antreiben des primären Kolbens **2b** ausgefallen ist und stillsteht. Der Hauptzylinderdruck P_{mc} wird durch die Eingangsstange **6** auf das Bremspedal **BP** übertragen, um eine auf das Bremspedal **BP** aufgebrachte Reaktionskraft oder eine zusätzliche Vorrichtung, wie z. B. eine Feder, zu erzeugen. Dies ist vorteilhaft, um die Bremsregelvorrichtung zu verkleinern und die Montierbarkeit der Bremsregelvorrichtung am Fahrzeug zu verbessern.

[0018] Ein Bremsenbetätigungssensor **7** ist am zweiten längs verlaufenden Endbereich **6b** der Eingangsstange **6** angeordnet, um die Betätigung des Bremspedals **BP** abzutasten und eine Anforderung des Fahrers für eine Bremskraft zu messen. Der Bremsenbetätigungssensor **7** misst eine Verschiebung der Eingangsstange **6** in der x-Achsenrichtung, wobei er als Hubsensor zur Messung des Hubs des Bremspedals **BP** dient. Bei dieser Ausführungsform umfasst der Bremsenbetätigungssensor **7** zwei Verschiebungssensoren **7a** und **7b**, um Anzeigesignale der Verschiebung der Eingangsstange **6** an die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** auszugeben. Das Vorsehen der redundanten Verschiebungssensoren ermöglicht die Erkennung einer Anforderung des Fahrers für eine Bremskraft durch einen der Sensoren, selbst wenn der andere Sensor anormal wird und versagt, ein Signal auszugeben.

[0019] Der Bremsenbetätigungssensor **7** kann ein Niederdrückkraftsensor zur Messung einer Niederdrückkraft auf das Bremspedal **BP** sein oder aus einem Hubsensor und einem Niederdrückkraftsensor zusammengesetzt sein.

[0020] Der Vorratsbehälter **RES** umfasst zumindest zwei Flüssigkeitskammern, die durch eine Trennwand voneinander getrennt sind. Die Flüssigkeitskammern des Vorratsbehälters **RES** sind mit der primären Flüssigkeitskammer **2d** und der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** des Hauptzylinders **2** durch Flüssigkeitsdurchgänge **10j** bzw. **20j** verbunden.

[0021] Der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **3** dient als hydraulische Regeleinheit für dynamische Fahrzeugregelungen, wie z. B. eine ABS-Regelung, und eine Stabilisierungsregelung des Fahrzeugverhaltens. Der Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** führt den Radzylindern **4a**, **4b**, **4c** oder **4d** als Reaktion auf ein von der Radzylinderdruck-Regereinheit ausgegebenes Regelsignal ein unter Druck gesetztes Betriebsmittel zu.

[0022] Jeder Radzylinder **4a**, **4b**, **4c** oder **4d** ist aus einem Zylinder, einem Kolben, einem mit dem Kolben verbundenen Belag usw. zusammengesetzt. Wenn es jedem Radzylinder **4a**, **4b**, **4c** oder **4d** zugeführt

wird, bewegt das Betriebsmittel den Kolben, um den Belag auf eine Bremsscheibe **40a**, **40b**, **40c** oder **40d** zu pressen. Da jede Bremsscheibe **40a**, **40b**, **40c** oder **40d** mit jeweils einem der Räder **FL**, **FR**, **RL** und **RR** verbunden ist, führt ein auf die Bremsscheibe **40a**, **40b**, **40c** oder **40d** aufgebrachtes Bremsmoment aufgrund der Reibung zu einer Bremskraft die zwischen den entsprechenden Rädern **FL**, **FR**, **RL** und **RR** und einer Straßenoberfläche aufgebracht wird.

[0023] Der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** regelt die Verschiebung des primären Kolbens **2b** in der x-Achsenrichtung, um den Hauptzylinderdruck P_{mc} als Reaktion auf ein von der Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** ausgegebenes Regelsignal zu regeln. Der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** umfasst den Elektromotor **50**, ein Reduzierungsgetriebe **51** und einen Wandler **55** einer Rotation in eine Translation.

[0024] Die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** umfasst eine Verarbeitungsschaltung, die Sensorsignale vom Bremsenbetätigungssensor **7** und vom Elektromotor **50** sowie ein Regelsignal von der Radzylinderdruck-Regereinheit **9** empfängt und die Betätigung des Elektromotors **50** gemäß den Sensorsignalen und dem Regelsignal regelt.

[0025] Die Radzylinderdruck-Regereinheit **9** umfasst eine Verarbeitungsschaltung, die eine gewünschte Bremskraft der Räder **FL**, **FR**, **RL** und **RR** auf der Basis eines Fahrzeugzwischenabstands in Bezug auf ein vorausfahrende Fahrzeug, von Straßeninformationen, Zustandsvariablen des eigenen Fahrzeugs, wie z. B. eine Giergeschwindigkeit, Längsbeschleunigung, Querbewegung, Lenkrad-Lenkswinkel, Radgeschwindigkeiten und eine Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet. Auf der Basis des Ergebnisses der Berechnung regelt die Radzylinderdruck-Regereinheit **9** die Betätigung von Aktuatoren des Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**, wie z. B. von Magnetventilen und hydraulischen Pumpen.

[0026] Die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** und die Radzylinderdruck-Regereinheit **9** kommunizieren miteinander und benutzen die Regelsignale, die Zustandsvariablen des Fahrzeugs, die Informationen in Bezug auf Defekte, die Betriebszustände der Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** und der Radzylinderdruck-Regereinheit **9** gemeinsam.

[0027] [Radzylinderdruck-Regelmechanismus]
Nachfolgend wird der Hydraulikkreis des Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** beschrieben. Der Hydraulikkreis umfasst zwei voneinander unabhängige Abschnitte, d. h. er umfasst einen primären Abschnitt und einen sekundären Abschnitt. Der primäre Abschnitt nimmt ein Betriebsmittel von der primären Flüssigkeitskammer **2d** des Hauptzylinders **2** auf

und regelt die Bremskräfte des linken Vorderrads **FL** und rechten Hinterrads **RR** über den Hydraulikkreisabschnitt **10**. Der sekundäre Abschnitt nimmt ein Betriebsmittel von der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** des Hauptzylinders **2** auf und regelt die Bremskräfte des rechten Vorderrads **FR** und linken Hinterrads **RL** über den Hydraulikkreisabschnitt **20**. Auf diese Weise umfasst der Hydraulikkreis eine so genannte X-Leitungsanordnung. Selbst wenn einer der primären und sekundären Abschnitte versagt kann der andere Abschnitt dementsprechend Bremskräfte an zwei diagonalen Rädern erzeugen, um das dynamische Verhalten des Fahrzeugs stabil zu halten.

[0028] Nachfolgend wird der primäre Abschnitt beschrieben, der einen Aufbau aufweist, der identisch zu dem des sekundären Abschnitts ist. Ein Auslass-Absperrventil **11** ist in einem Flüssigkeitsdurchgang **10k** des Hydraulikkreisabschnitts **10** zwischen dem Hauptzylinder **2** (auf einer stromaufwärtsseitigen Seite) und einer Gruppe von vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** (auf einer stromabwärtsseitigen Seite) angeordnet. Das Auslass-Absperrventil **11** wird geöffnet, wenn das vom Hauptzylinder **2** unter Druck gesetzte Betriebsmittel den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** zugeführt wird.

[0029] Ein stromabwärtsseitiges Ende des Flüssigkeitsdurchgangs **10k** verzweigt sich in die Flüssigkeitsdurchgänge **10a** und **10b**, die entsprechend mit den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** über Flüssigkeitsdurchgänge **10l** und **10m** verbunden sind. Druckerhöhungsventile **12** und **13** sind in den Flüssigkeitsdurchgängen **10a** bzw. **10b** vorgesehen. Die Druckerhöhungsventile **12** und **13** werden geöffnet, wenn das vom Hauptzylinder **2** oder einer Hydraulikpumpe „P“ als Hydraulikdruckquelle unter Druck gesetzte Betriebsmittel den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** zugeführt wird.

[0030] Die Flüssigkeitsdurchgänge **10a** und **10b** sind entsprechend mit Rückführungsdurchgängen **10c** und **10d** auf der stromabwärtsseitigen Seite der Druckerhöhungsventile **12** und **13** verbunden. Druckreduzierventile **14** und **15** sind in den Rückführungsdurchgängen **10c** bzw. **10d** vorgesehen. Die Druckreduzierventile **14** und **15** werden geöffnet, wenn die Innendrücke der vorderen linken und hinteren rechten Radzylinder **4a** und **4d** (Radzylinderdrücke **Pwc**) reduziert werden müssen. Die Rückführungsdurchgänge **10c** und **10d** sind mit einem einzigen Rückführungsdurchgang **10e** verbunden. Der Rückführungsdurchgang **10e** ist mit einem innen liegenden Vorratsbehälter **16** verbunden.

[0031] Ein Ansaugdurchgang **10g** verzweigt sich von einem Punkt des Hydraulikkreisabschnitts **10** auf der stromaufwärtsseitigen Seite des Auslass-Ab-

sperrventils **11**. Ein Einlass-Absperrventil **17** ist im Ansaugabschnitt **10g** vorgesehen, um einen Flüssigkeitsaustausch durch den Ansaugdurchgang **10g** zu ermöglichen oder zu verhindern. Das Einlass-Absperrventil wird z. B. geöffnet wenn das vom Hauptzylinder **2** unter Druck gesetzte Betriebsmittel der Hydraulikpumpe **P** zugeführt werden muss, so dass die Hydraulikpumpe **P** das Betriebsmittel weiter unter Druck setzen kann und es den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** zuführen kann. Der Ansaugdurchgang **10g** und einen Rückführungsdurchgang **10f**, der mit dem innen liegenden Vorratsbehälter **16** verbunden ist, sind mit einem Ansaugdurchgang **10h** verbunden.

[0032] Der Hydraulikkreisabschnitt **10** umfasst neben dem Hauptzylinder **2** die Hydraulikpumpe **P** als Hydraulikdruckquelle, um die Hauptzylinderdrücke **Pwc** zu erhöhen. Die Hydraulikpumpe **P** ist eine Zahnradpumpe, die eine erste Hydraulikpumpe **P1** und eine zweite Hydraulikpumpe **P2** umfasst. Wenn z. B. ein höherer Hydraulikdruck als der vom Hauptzylinder erzeugte Hydraulikdruck bei einem Zustand des automatischen Bremsens, wie z. B. einem Zustand der Stabilisierungsregelung des Fahrzeugverhaltens angefordert wird, dann wird die Hydraulikpumpe **P** geregelt, um den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** einen höheren Hydraulikdruck als den Hauptzylinderdruck **Pmc** zuzuführen. Die erste Hydraulikpumpe **P1** ist mit dem Ansaugdurchgang **10h** und einem Ausstoßdurchgang **10i** verbunden und mit dem Flüssigkeitsdurchgang **10k** über den Ausstoßdurchgang **10i** verbunden.

[0033] Ein Elektromotor **M** ist ein bürstenloser Gleichstrommotor und umfasst eine Ausgangswelle, die mit der ersten Hydraulikpumpe **P1** und der zweiten Hydraulikpumpe **P2** verbunden ist. Der Elektromotor **M** wird durch elektrische Energie angetrieben, die gemäß einem Regelsignal zugeführt wird, das von der Radzylinderdruck-Regeleinheit **9** ausgegeben wird und treibt die erste Hydraulikpumpe **P1** und die zweite Hydraulikpumpe **P2** an.

[0034] Das Auslass-Absperrventil **11**, das Einlass-Absperrventil **17**, die Druckerhöhungsventile **12** und **13** und die Druckreduzierventile **14** und **15** sind elektromagnetische Ventile, die durch Einschalten oder Ausschalten ihrer Elektromagnete geöffnet oder geschlossen werden. Die Öffnungen dieser Ventile werden individuell geregelt, indem Antriebströme gemäß den Ansteuerungssignalen angelegt werden, die von der Radzylinderdruck-Regeleinheit **9** ausgegeben werden.

[0035] Das Auslass-Absperrventil **11** und die Druckerhöhungsventile **12** und **13** sind drucklos geöffnete Ventile, während das Einlass-Absperrventil **17** und die Druckreduzierventile **14** und **15** drucklos ge-

geschlossene Ventile sind. Dies ermöglicht dem vom Hauptzylinder unter Druck gesetzten Betriebsmittel, die vorderen linken und hinteren rechten Radzylinder **4a** und **4d** zu erreichen, um eine Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, zu erzeugen, selbst wenn die Zuführung von elektrischer Energie zu den Ventilen anormal gestoppt wurde. Jedoch sind die Ventile nicht dermaßen beschränkt, sondern das Auslass-Absperrventil **11** und die Druckerhöhungsventile **12** und **13** können drucklos geschlossene Ventile sein und das Einlass-Absperrventil **17** und die Druckreduzierventil **14** und **15** können drucklos geöffnete Ventile sein.

[0036] Der Hydraulikkreisabschnitt **20** weist einen ähnlichen Aufbau wie der Hydraulikkreisabschnitt **10** auf.

[0037] Ein Hauptzylinderdrucksensor **3a** ist im Hydraulikkreisabschnitt **10** zwischen dem Hauptzylinder **2** und dem Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** vorgesehen, um den Hauptzylinderdruck **P_{mc}**, d. h. den Hauptzylinderdruck in der primären Flüssigkeitskammer **2d** des Hauptzylinders **2** zu messen. Ein Hauptzylinderdrucksensor **3b** ist im Hydraulikkreisabschnitt **20** im Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** vorgesehen, um den Hauptzylinderdruck **P_{mc}**, d. h. den Hydraulikdruck in der sekundären Flüssigkeitskammer **2e** des Hauptzylinders **2** zu messen. Die Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** geben Anzeigesignale des Hauptzylinderdrucks **P_{mc}** an die Hauptzylinderdruck-Regелеinheit **8** und die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** aus. Die Anzahl und die Positionen der Hauptzylinderdrucksensoren können unter Berücksichtigung der Regelbarkeit, ausfallsicheren Funktionen, usw. bestimmt werden.

[0038] Nachfolgend wird die Funktion des Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** bei der Bremsregelung beschrieben. Bei einem Zustand der normalen Regelung, wird das Betriebsmittel im Hauptzylinder **2** den Radzylindern **4a**, **4b**, **4c** und **4d** durch die Hydraulikkreisabschnitte **10** und **20** zugeführt, wobei eine Bremskraft erzeugt wird.

[0039] Bei einem Zustand der ABS-Regelung für das linke Vorderrad **FL** wird der vorderen linken Radzylinder **4a** durch Öffnen des Druckreduzierventils **14** und Schließen des Druckerhöhungsventils **12** drucklos gemacht, um das Betriebsmittel aus dem vorderen linken Radzylinder **4a** abzulassen. Wenn sich das linke Vorderrad **FL** aus einem Sperrzustand durch das Druckablassen regeneriert, dann wird der vordere linke Radzylinder **4** durch Öffnen des Druckerhöhungsventils **12** und Schließen des Druckreduzierventils **14** erneut unter Druck gesetzt. Dabei wird die Hydraulikpumpe **P** geregelt, um den Flüssigkeitsdurchgang **10k** mit dem Betriebsmittel zu füllen, das vom vorderen linken Radzylinder **4a** für den innen liegenden Vorratsbehälter **16** freigegeben wurde.

[0040] Bei einem Zustand der automatischen Bremsregelung, wie z. B. einen Zustand der Stabilisierungsregelung des Fahrzeugverhaltens, werden die Auslass-Absperrventile **11** und **21** geschlossen und die Einlass-Absperrventile **17** und **27** geöffnet. Gleichzeitig wird die Hydraulikpumpe **P** betätigt, so dass das Betriebsmittel vom Hauptzylinder **2** durch die Ansaugdurchgänge **10g**, **10h**, **20g** und **20h**, die Hydraulikpumpe **P** und die Ausstoßdurchgänge **10i** und **20i** den Flüssigkeitsdurchgängen **10k** und **20k** zugeführt wird. Darüber hinaus werden in die Auslass-Absperrventile **11** und **21** oder die Druckerhöhungsventile **12**, **13**, **22** und **23** geregelt, um die Radzylinderdrücke **P_{wc}** auf die Solldruckwerte anzupassen, die benötigt werden, um eine gewünschte Bremskraft zu erzeugen.

[0041] (Verstärkungsregelung durch den Radzylinderdruck-Regelmechanismus) Wenn ein Bremspedal von einem Fahrer niedergedrückt wird, dann erzeugt ein Hauptzylinder im Allgemeinen einen Hydraulikdruck gemäß dem Niederdrücken des Bremspedals. Um eine auf das Bremspedal aufgebrachte Niederdrückkraft (die der Axialbewegung der Eingangsstange **6** entspricht) zu verstärken oder zu erhöhen, oder einen höheren Hauptzylinderdruck zu erzeugen, umfasst das Bremssystem ein Verstärkungssystem (das einem Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** und einer Hauptzylinderdruck-Regелеinheit **8** entspricht). Wenn das Verstärkersystem versagt, dann wird es unmöglich, die Niederdrückkraft zu verstärken oder den Hauptzylinderdruck zu erhöhen.

[0042] Die Funktion des Verstärkersystems kann realisiert werden, indem eine Bedingung erreicht wird, bei der die Radzylinderdrücke im Vergleich zum von der Niederdrückkraft des Fahrers erzeugten Hauptzylinderdruck stärker angehoben sind. Bei der Ausführungsform legt die Bremsregelvorrichtung die Soll-Radzylinderdrücke in Bezug auf den Hauptzylinderdruck höher fest und regelt die Radzylinder gemäß den Soll-Radzylinderdrücken, um die Funktion des Verstärkersystems auszuführen, wenn das Verstärkersystem ausgefallen ist. Genauer gesagt regelt die Bremsregelvorrichtung **1** die Auslass-Absperrventile **11** und **21** im Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** in den Backupmodi 1 und 2, die nachfolgend detailliert beschrieben werden.

[0043] Nachfolgend wird beschrieben, wie der Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** eine Funktion einer Verstärkungsregelung durchführt. Im Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** werden die Hydraulikpumpen **P1** und **P2**, die Einlass-Absperrventile **17** und **27** und die Auslass-Absperrventile **11** und **21** geregelt, um die Funktion der Verstärkungsregelung auszuführen. Genauer gesagt werden die Auslass-Absperrventile **11** und **21** durch eine Differenzdruckregelung unter der Bedingung geregelt, dass die Einlass-Absperrventile **17** und **27** geöffnet sind und die

Hydraulikpumpe **P1** vom Elektromotor **M** angetrieben wird, um einen Hydraulikdruck zuzuführen. Nachfolgend wird der Hydraulikkreisabschnitt **10** detailliert beschrieben, der der gleiche wie der Hydraulikkreisabschnitt **20** ist.

[0044] (Regelung des Auslass-Absperrventils) Das Auslass-Absperrventil **11** umfasst eine Spule zur Induzierung einer elektromagnetischen Anziehungskraft, ein bewegliches Element, das von der elektromagnetischen Anziehungskraft zur Einstellung einer Ventilöffnung bewegt wird, und einen Ventilkörper, der hydraulisch mit stromaufwärtsseitigen und stromabwärtsseitigen Bereichen des Flüssigkeitsdurchgangs **10k** verbunden ist.

[0045] Das bewegliche Element des Auslass-Absperrventils **11** wird einer Kraft „Fwc“, die aus einem Hydraulikdruck auf der zu den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** näheren Seite resultiert und in eine Richtung wirkt, um die Ventilöffnungen zu vergrößern, einer Kraft „Fmc“, die aus dem Hauptzylinderdruck Pmc resultiert und in eine Richtung wirkt, um die Ventilöffnungen zu reduzieren, und einer elektromagnetischen Anziehungskraft „Fb“ unterworfen, die in die Richtung wirkt, um die Ventilöffnungen zu reduzieren. Obwohl das Auslass-Absperrventil **11** drucklos offenes Ventil ist und das Auslass-Absperrventil **11** tatsächlich einer Kraft einer Rückstellfeder ausgesetzt ist, um die Ventilöffnungen zu vergrößern, wird eine solche Kraft vernachlässigt. Wenn es notwendig ist, dies zu berücksichtigen, wird in der nachfolgenden Diskussion ein Versatzwert hinzugefügt.

[0046] Das bewegliche Element des Auslass-Absperrventils **11** ist stationär, wenn die drei äußeren Kräfte im Gleichgewicht stehen oder voneinander aufgehoben werden. Insbesondere ist das bewegliche Element stationär, wenn $F_{mc} + F_b - F_{wc} = 0$ (oder $F_b = F_{wc} - F_{mc}$) ist; das bewegliche Element bewegt sich in die Richtung, um die Ventilöffnung zu reduzieren, wenn $F_{mc} + F_b - F_{wc} > 0$ (oder $F_b > F_{wc} - F_{mc}$) ist; und das bewegliche Element bewegt sich in die Richtung, um die Ventilöffnung zu vergrößern, wenn $F_{mc} + F_b - F_{wc} < 0$ (oder $F_b < F_{wc} - F_{mc}$) ist. Da die Kraft Fmc proportional zum Hauptzylinderdruck Pmc ist, und die Kraft Fwc proportional zum Radzylinderdruck Pwc ist, korreliert ein Differenzdruck ΔP mit $(F_{wc} - F_{mc})$. Andererseits hängt die Position des beweglichen Elements von der Beziehung zwischen Fb und $(F_{wc} - F_{mc})$ ab. Daher kann der Differenzdruck ΔP erreicht werden, indem die elektromagnetische Anziehungskraft Fb gleich dem Wert von $(F_{wc} - F_{mc})$ gesetzt wird, der einem Differenzdruck ΔP entspricht, und eine Bewegung des beweglichen Elements ermöglicht wird, um den Differenzdruck ΔP zu erreichen.

[0047] Ein Soll-Differenzdruck ΔP^* wird auf der Basis des Hauptzylinderdrucks Pmc, der von den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** gemessen wird, und einem Soll-Verstärkungsfaktor α^* festgelegt. Der Soll-Differenzdruck ΔP^* kann auf der Basis des Betätigungsbetrags des Bremspedals **BP** festgelegt werden, der vom Bremsenbetätigungssensor **7** gemessen wird, und vom Bremsenbetätigungssensor **7** durch die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** an die Radzylinderdruck-Regleinheit **9** gesendet werden.

[0048] Um die Funktion der Verstärkungsregelung durch den Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** auszuführen, wird der Radzylinderdruck Pwc höher geregelt als der Hauptzylinderdruck Pmc, indem die erste Hydraulikpumpe **P1** betätigt wird, um einen hohen Hydraulikdruck auf der stromabwärtsseitigen Seite des Auslass-Absperrventils **11** zu erzeugen. Dabei kann der Soll-Radzylinderdruck Pwc* erreicht werden, indem die elektromagnetische Anziehungskraft Fb äquivalent dem Soll-Differenzdruck ΔP^* eingestellt wird und dem beweglichen Element des Auslass-Absperrventils **11** ermöglicht wird, sich automatisch zu bewegen. Wenn der Radzylinderdruck Pwc z. B. höher als der Sollwert ist, dann bewegt sich das bewegliche Element automatisch in die Richtung, um die Ventilöffnungen zu vergrößern, so dass das Betriebsmittel aus den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** zum Hauptzylinder **2** abgelassen wird, um den Radzylinderdruck Pwc zu reduzieren, bis der Soll-Differenzdruck ΔP^* erreicht ist. Auf diese Weise wird der Radzylinderdruck Pwc automatisch auf einen Sollwert mit einer mechanischen Rückführung bzw. einem mechanischen Feedback ohne ein Feedback von einem Sensor zur Abtastung des Radzylinderdrucks **Pwc** geregelt.

[0049] Die vorbeschriebene Verstärkungsregelung erfordert kein kompliziertes Feedback-Regelsystem. Selbst wenn Fehler in der Regelung des Elektromotors **M** vorliegen, können solche Fehler durch die Betätigung des Auslass-Absperrventils **11** ausgeglichen werden. Mit anderen Worten erreicht das Auslass-Absperrventil **11** den Soll-Differenzdruck ΔP^* mit einem mechanischen Feedback, wenn die elektromagnetische Anziehungskraft Fb in einer Art Feedforward bzw. Vorwärtskopplung auf der Basis des Hauptzylinderdrucks Pmc äquivalent zum Soll-Differenzdruck ΔP^* festgelegt wird, der der auf das Bremspedal **BP** aufgebrachten Niederdruckkraft entspricht. Demzufolge benötigt das Regelsystem keinen Sensor, um einen Status einer Regelungsvorgabe zu erfassen, die zum Aufbau eines elektronischen Feedback-Regelsystems erforderlich ist. Auf diese Weise ist das Regelsystem sehr stabil.

[0050] (Motorantriebsregelung) Grundsätzlich wird das Einlass-Absperrventil **17** geöffnet und die erste Hydraulikpumpe **P1** angetrieben, während das Auslass-Absperrventil **11** geregelt wird, um die vorge-

nannte Verstärkungsregelung auszuführen. Die erste Hydraulikpumpe **P1** wird vom Elektromotor **M** angetrieben. Der Elektromotor **M** wird geregelt, um sich mit einer Drehzahl zu drehen, die das Minimum darstellt, um den Soll-Radzylinderdruck P_{wc}^* zu erreichen, der auf der Basis des Hauptzylinderdrucks P_{mc} verstärkt wird. Somit kann die erste Hydraulikpumpe **P1** einen benötigten Hydraulikdruck zuführen und ermöglichen, dass die Radzylinderdrücke wie gewünscht geregelt werden.

[0051] Die erste Hydraulikpumpe **P1** nimmt das Betriebsmittel durch die Ansaugdurchgänge **10g** und **10h** auf und stößt es zu den vorderen linken und hinteren rechten Radzylindern **4a** und **4d** aus. Demzufolge ist kein Hubsimulator erforderlich, um den Hub des Bremspedals **BP** zu ermöglichen.

[0052] Für die obige Verstärkungsregelung ist eine Messung durch die Sensoren, mit Ausnahme der Messung des Hauptzylinderdrucks **Pmc**, unnötig. Demzufolge kann die Bremsregelvorrichtung **1** die Verstärkungsregelung durchführen, selbst wenn der Bremsenbetätigungssensor **7** ausgefallen ist. Mit anderen Worten können die Backupmodi **1** und **2** eingesetzt werden, selbst wenn der Bremsenbetätigungssensor **7** ausgefallen ist, wie dies oben detailliert beschrieben wurde.

[0053] [Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus] Nachfolgend werden der Aufbau und die Arbeitsprozesse des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** beschrieben. Der Elektromotor **50** ist ein bürstenloser Dreiphasen-Gleichstrommotor und wird durch elektrische Energie betätigt, die gemäß einem vom der Hauptzylinderdruck-Regereinheit ausgegebenen Regelsignal zugeführt wird, um ein Solldrehmoment zu erzeugen.

[0054] Das Reduzierungsgetriebe **51** reduziert die Ausgangsdrehzahl des Elektromotors **50** durch ein Riemenscheibensystem. Das Reduzierungsgetriebe **51** umfasst eine Antriebsriemenscheibe **52**, eine Abtriebsriemenscheibe **53** und einen Riemen **54**. Die Antriebsriemenscheibe **52** weist einen kleineren Außendurchmesser auf und ist mit der Ausgangswelle des Elektromotors **50** verbunden. Die Abtriebsriemenscheibe **53** weist einen größeren Außendurchmesser auf und ist mit einer Kugelumlaufspindelmutter **56** des Wandler **55** der Rotation in eine Translation verbunden. Der Riemen **54** ist um die Antriebs- und Abtriebsriemenscheiben **52** und **53** gewunden. Das Reduzierungsgetriebe **51** verstärkt das Drehmoment gemäß einem Untersetzungsverhältnis, das ein Verhältnis zwischen den Durchmessern der Antriebs- und Abtriebsriemenscheiben **52** und **53** ist, und überträgt das erhöhte Drehmoment an den Wandler **55** der Rotation in eine Translation.

[0055] Wenn der Elektromotor **50** ein ausreichend großes Drehmoment ausgeben kann, so dass die Drehmomentverstärkung auf der Basis der Drehzahlreduzierung nicht erforderlich ist, dann kann der Elektromotor **50** mit dem Wandler **55** der Rotation in eine Translation ohne das Reduzierungsgetriebe **51** direkt verbunden werden. Dies eliminiert Probleme, die durch das Vorsehen des Reduzierungsgetriebes **51** hinsichtlich der Zuverlässigkeit, des Geräuschs und der Montierbarkeit verursacht werden.

[0056] Der Wandler **55** der Rotation in eine Translation wandelt das vom Elektromotor **50** erzeugte Drehmoment in eine lineare Axialbewegung um, die auf den primären Kolben **2b** in der positiven x-Achsenrichtung aufgebracht wird. Bei der Ausführungsform umfasst der Wandler **55** der Rotation in eine Translation einen Wandler einer Kugelumlaufspindelbewegung. Genauer gesagt umfasst der Wandler **55** der Rotation in eine Translation eine Kugelumlaufspindelmutter **56**, eine Kugelumlaufspindelwelle **57**, eine Kontaktplatte **58** und eine Rückstellfeder **59**.

[0057] Der Zylinderabschnitt **2a** des Hauptzylinders **2** ist an seinem längs verlaufenden Ende auf der negativen x-Seite mit einem ersten Gehäuseteil „**HSG1**“ verbunden. Das erste Gehäuseteil **HSG1** ist an seinem längs verlaufenden Ende auf der negativen x-Seite mit einem zweiten Gehäuseteil „**HSG2**“ verbunden. Die Kugelumlaufspindelmutter **56** ist im zweiten Gehäuseteil **HSG2** vorgesehen und wird durch ein Lager „**BRG**“ in Bezug auf den zweiten Gehäuseteil **HSG2** für eine Drehung um die Längsachse der Kugelumlaufspindelmutter **56** abgestützt. Die Abtriebsriemenscheibe **53** ist eingepasst und an der Außenumfangsfläche eines längs verlaufenden Endbereichs der Kugelumlaufspindelmutter **56** auf der negativen x-Seite der Kugelumlaufspindelmutter **56** befestigt. Die Kugelumlaufspindelwelle **57** weist die Form eines hohlen Zylinders auf und ist in eine zylindrische Öffnung der Kugelumlaufspindelmutter **56** eingeschraubt. Eine Mehrzahl von Kugeln sind für eine Rollbewegung in einem Raum angeordnet, der zwischen einer in der Kugelumlaufspindelmutter **56** definierten Nut und einer in der Kugelumlaufspindelwelle **57** definierten Nut gebildet wird.

[0058] Die Kontaktplatte **58** ist an einem längs verlaufenden Ende der Kugelumlaufspindelwelle **57** auf der positiven x-Seite der Kugelumlaufspindelwelle **57** befestigt. Die längs verlaufende Endfläche der Kontaktplatte **58**, die in der positiven x-Achsenrichtung gegenüberliegt, ist mit dem primären Kolben **2b** verbunden. Der primäre Kolben **2b** ist im ersten Gehäuseteil **HSG1** untergebracht. Der primäre Kolben **2b** umfasst einen längs verlaufenden Endbereich auf der positiven x-Seite, der sich vom ersten Gehäuseteil **HSG1** erstreckt und im Zylinderabschnitt **2a** des Hauptzylinders **2** drehbar eingepasst ist.

[0059] Die Rückstellfeder **59** ist um den primären Kolben **2b** im ersten Gehäuseteil **HSG1** herum angeordnet. Die Rückstellfeder **59** umfasst ein erstes längs verlaufendes Ende, das an einer Bodenfläche „A“ des ersten Gehäuseteils **HSG1** befestigt ist, und ein zweites längs verlaufendes Ende, das an der Kontaktplatte **58** angebracht und befestigt ist, wobei das erste längs verlaufende Ende in der positiven x-Achsenrichtung gegenüberliegt, die Bodenfläche A in der negativen x-Achsenrichtung gegenüberliegt und das zweite längs verlaufende Ende in der negativen x-Achsenrichtung gegenüberliegt. Die Rückstellfeder **59** ist in der x-Achsenrichtung zwischen der Fläche A und der Kontaktplatte **58** zusammengepresst, wobei die Kontaktplatte **58** und die Kugelumlaufspindelwelle **57** in Bezug auf den ersten Gehäuseteil **HSG1** in der negativen x-Achsenrichtung vorgespannt werden.

[0060] Wenn sich die Kugelumlaufspindelmutter **56** als Einheit mit der Abtriebsriemenscheibe **53** dreht, dann verursacht die Drehung eine Bewegung der Kugelumlaufspindelwelle **57** in der x-Achsenrichtung. Der Axial Schub für die Bewegung der Kugelumlaufspindelwelle **57** in die positive x-Achsenrichtung drückt den primären Kolben **2b** in die positive x-Achsenrichtung durch die Kontaktplatte **58**.

[0061] Andererseits wird die Federkraft der Rückstellfeder **58** auf die Kugelumlaufspindelwelle **57** in der negativen x-Achsenrichtung aufgebracht. **Fig. 1** zeigt einen Zustand, bei dem die Kugelumlaufspindelwelle **57** unter der Bedingung keiner Betätigung des Bremspedals in der negativen x-Achsenrichtung maximal verschoben ist und auf einer Anfangsposition liegt. Selbst wenn ein Ausfall zum Ausschalten des Elektromotors **50** führt, und dem Elektromotor **50** die Möglichkeit nimmt, die Kugelumlaufspindelwelle **57** in die negative x-Achsenrichtung während des Bremsvorgangs zurück zu bewegen, d. h. während der primäre Kolben **2b** in die positive x-Achsenrichtung gedrückt wird, um den Hauptzylinderdruck P_{mc} zu erhöhen, bringt die Federkraft der Rückstellfeder **59** die Kugelumlaufspindelwelle **57** auf die Anfangsposition. Demzufolge reduziert sich der Hauptzylinderdruck P_{mc} auf Null. Dies verhindert, dass die Bremskraft unerwünscht beibehalten wird und verhindert dadurch, dass das Fahrzeugverhalten instabil wird.

[0062] Ein Paar von Federn **6d** und **6e** sind hintereinander in einem Ringraum „B“ angeordnet, der zwischen der Eingangsstange **6** und dem primären Kolben **2b** definiert ist. Die Feder **6d** ist an einem längs verlaufenden Ende an einem Flansch **6c**, der um die Eingangsstange **6** ausgebildet ist, und am anderen längs verlaufenden Ende an der Trennwand **2h** starr befestigt, die die primäre Flüssigkeitskammer **2d** definiert. Die Feder **6e** ist an einem längs verlaufenden Ende am Flansch **6c** der Eingangsstange **6** und am anderen längs verlaufenden Ende an der Kontaktplat-

te **58** starr befestigt. Die Federn **6d** und **6e** spannen die Eingangsstange **6** in eine neutrale Position in Bezug auf den primären Kolben **2b** vor und dienen dazu, die Eingangsstange **6** in der neutralen Position in Bezug auf den primären Kolben **2b** unter der Bedingung keiner Bremsenbetätigung zu halten. Wenn die Eingangsstange **6** aus der neutralen Position in Bezug auf den primären Kolben **2b** verschoben wird, dann spannen die Federn **6d** und **6e** die Eingangsstange **6** an der neutralen Position in Bezug auf den primären Kolben **2b** vor.

[0063] Der Elektromotor **50** ist mit einem Drehsensor **50a** versehen, um ein Abtastsignal an die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** auszugeben, wobei das Abtastsignal eine Drehposition der Ausgangswelle des Elektromotors **50** anzeigt. Auf der Basis des Abtastsignals bestimmt die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** den Drehwinkel des Elektromotors **50** und berechnet den Wegbetrag des Wandlers **55** der Rotation in eine Translation oder die Verschiebung des primären Kolbens **2b** in der x-Achsenrichtung.

[0064] Der Elektromotor **50** ist außerdem mit einem Temperatursensor **50b** versehen, um ein Abtastsignal an die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** auszugeben, wobei das Abtastsignal eine Temperatur des Elektromotors **50** anzeigt.

[0065] (Prozess der Verstärkungsregelung) Nachfolgend wird beschrieben, wie die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** die Axialbewegung der Eingangsstange **6** durch den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** verstärkt.

[0066] Die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** mit dem Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** verschiebt den primären Kolben **2b** gemäß der Verschiebung der Eingangsstange **6**, die durch die Betätigung des Bremspedals **BP** erfolgt. Die Axialbewegungen der Eingangsstange **6** und des primären Kolbens **2b** pressen die primäre Flüssigkeitskammer **2d** zusammen, um den Hauptzylinderdruck P_{mc} zu verändern. Die Axialbewegung der Eingangsstange **6** wird dadurch verstärkt: Der Verstärkungsfaktor α hängt von einem Verhältnis zwischen den Querschnittsflächen der Eingangsstange **6** und des primären Kolbens **2b** in der primären Flüssigkeitskammer **2d** ab.

[0067] Der Hauptzylinderdruck P_{mc} wird unter der Bedingung ermittelt, dass die Kräfte, wie durch die Gleichung (1) ausgedrückt, im Gleichgewicht stehen.

$$P_{mc} = (F_{IR} + K \cdot \Delta x) / A_{IR} = (F_{PP} - K \cdot \Delta x) / A_{PP} \quad (1)$$

wobei:

P_{mc} den Hydraulikdruck in der primären Flüssigkeitskammer **2d** (Hauptzylinderdruck) repräsentiert;

F_{IR} die Axialbewegung der Eingangsstange **6** repräsentiert;

F_{PP} die Axialbewegung des primären Kolbens **2b** repräsentiert,

A_{IR} die Druckaufnahme­fläche der Eingangsstange **6** repräsentiert;

A_{PP} die Druckaufnahme­fläche des primären Kolbens **2b** repräsentiert;

K eine Federkonstante der Feder **6d** oder **6e** repräsentiert, und

Δx die relative Verschiebung zwischen der Eingangsstange **6** und dem primären Kolben **2b** repräsentiert

[0068] Die relative Verschiebung Δx ist definiert als $\Delta x = x_{PP} - x_{IR}$, wobei x_{IR} eine Verschiebung der Eingangsstange **6** repräsentiert und x_{PP} eine Verschiebung des primären Kolbens **2b** repräsentiert. Die relative Verschiebung Δx ist gleich Null, wenn sich der primäre Kolben **2b** in einer neutralen Position in Bezug auf die Eingangsstange **6** befindet, ist positiv, wenn der primäre Kolben **2b** von der Eingangsstange **6** in die positive x-Achsenrichtung vorgeschoben ist, und ist negativ, wenn die Eingangsstange **6** vom primären Kolben **2b** vorgeschoben ist. In der Gleichung (1) wird die Reibung zwischen der Eingangsstange **6** und der Dichtung vernachlässigt. Die Axialbewegung F_{PP} des primären Kolbens **2b** kann auf der Basis der Größe des Antriebsstroms des Elektromotors **50** geschätzt werden.

[0069] Andererseits wird der Verstärkungsfaktor α durch die Gleichung (2) ausgedrückt.

$$\alpha = P_{mc} \cdot (A_{IR} + A_{PP}) / F_{IR} \quad (2)$$

[0070] Wenn die Gleichung (2) in die Gleichung (1) eingesetzt wird, wird eine Gleichung (3) erhalten, die den Verstärkungsfaktor α ausdrückt.

$$\alpha = (1 + K \cdot \Delta x / F_{IR}) (A_{IR} + A_{PP}) / A_{IR} \quad (3)$$

[0071] Um die Soll-Kenndaten des Hauptzylinderdrucks P_{mc} in Bezug auf die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** zu erhalten, wird bei der Verstärkungsregelung der Elektromotor **50** (oder die Verschiebung x_{PP} des primären Kolbens **2b**) geregelt. Auf der Basis der Soll-Kenndaten des Hauptzylinderdrucks P_{mc} in Bezug auf die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** werden die Soll-Kenndaten der Verschiebung x_{PP} des primären Kolbens **2b** in Bezug auf die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** ermittelt und dementsprechend werden die Soll-Kenn-

daten der relativen Verschiebung Δx in Bezug auf die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** experimentell oder theoretisch ermittelt. Eine gewünschte relative Verschiebung Δx^* wird auf der Basis der Soll-Kenndaten der relativen Verschiebung Δx in Bezug auf die Verschiebung x_{IR} berechnet. Das heißt, dass ein Wert der gewünschten relativen Verschiebung Δx^* entsprechend einem Wert der Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** berechnet wird.

[0072] Wenn die Drehung des Elektromotors **50** (oder die Verstellung x_{PP} des primären Kolbens **2b**) geregelt wird, um die gewünschte relative Verschiebung Δx^* zu erreichen, die gemäß der gemessenen Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** berechnet wurde, dann baut sich der Hauptzylinderdruck P_{mc} , der der gewünschten relativen Verschiebung Δx^* entspricht, im Hauptzylinder **2** auf.

[0073] Die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** wird durch den Bremsenbetätigungssensor **7** gemessen, die Verschiebung x_{PP} des primären Kolbens **2b** wird auf der Basis des Signals vom Drehsensor **50a** gemessen oder berechnet, und die relative Verschiebung Δx wird als Differenz zwischen den zwei gemessenen Werten berechnet. Die Verstärkungsregelung wird durch Festlegen der gewünschten relativen Verstellung Δx^* auf der Basis der Verschiebung x_{IR} und den Soll-Kenndaten der Änderung und durch Regeln des Elektromotors **50** durch eine Feedbackregelung durchgeführt, damit die gemessene relative Verschiebung Δx und die gewünschte relative Verschiebung Δx^* übereinstimmen. Ein zusätzlicher Hubsensor kann vorgesehen werden, um die Verschiebung x_{PP} des primären Kolbens **2b** direkt zu messen.

[0074] Auf diese Weise wird die Verstärkungsregelung ohne einen teuren Druckkraftsensor ausgeführt, was zu einer Kostenreduzierung führt. Der Verstärkungsfaktor α kann aus dem Verhältnis der Druckaufnahme­flächen $(A_{IR} + A_{PP})/A_{IR}$ durch eine Regelung des Elektromotors **50** beliebig verändert (erhöht oder reduziert) werden, um die relative Verschiebung Δx entsprechend festzulegen.

[0075] Um den Verstärkungsfaktor α konstant zu halten, wird der primäre Kolben **2b** als Einheit mit der Eingangsstange **6** bewegt. Das heißt, dass der Elektromotor **50** geregelt wird, um die relative Verschiebung $\Delta x = 0$ beizubehalten. Bei $\Delta x = 0$ ist der Verstärkungsfaktor α gleich $(A_{IR} + A_{PP})/A_{IR}$, was aus der Gleichung (3) abgeleitet ist. Die konstante Verstärkungsregelung wird durchgeführt, indem A_{IR} und A_{PP} festgelegt werden, um einen Sollwert des Verstärkungsfaktors α zu erreichen, und indem der primäre Kolben **2b** geregelt wird, damit die Verschiebung x_{PP} mit der Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** übereinstimmt, und der Verstärkungsfaktor α dadurch konstant gehalten wird.

[0076] Gemäß der obigen konstanten Verstärkungsregelung erhöht sich der Hauptzylinderdruck P_{mc} in Bezug auf die Verschiebung der Eingangsstange **6** entlang einer Kurve zweiter Ordnung, einer Kurve dritter Ordnung oder einer Kurve höherer Ordnung.

[0077] Andererseits wird eine variable Verstärkungsregelung durchgeführt, indem die gewünschte relative Verschiebung Δx^* gleich einem positiven Wert festgelegt wird und der Elektromotor **50** geregelt wird, um die gewünschte relative Verschiebung Δx^* zu erreichen. Wenn die Eingangsstange **6** sich in die Richtung bewegt, um den Hauptzylinderdruck P_{mc} zu erhöhen, dann wird die Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** geregelt, um konstant größer als die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** zu sein. Gemäß der Gleichung (3) wird der Verstärkungsfaktor α durch den Faktor $(1 + K \cdot \Delta x / F_{IR})$ erhöht. Auf diese Weise dient der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** als Verstärker, der den Verstärkungsfaktor α gemäß der relativen Verschiebung Δx verändern kann und die Niederdrückkraft des Bremspedals **BP** reduzieren kann, während eine Bremskraft, wie vom Fahrer angefordert, erzeugt wird.

[0078] Im Hinblick auf die Regelbarkeit ist es vorteilhaft, dass die Verstärkung $(1 + K \cdot \Delta x / F_{IR})$ gleich 1 ist. Jedoch kann die Verstärkung $(1 + K \cdot \Delta x / F_{IR})$ zeitweise auf über 1 verändert werden, um die Bremskraft höher als das Niveau des Bremsvorgangs des Fahrers zu regeln, z.B. wenn ein dringender Bremsvorgang angefordert wird. Die Verstärkung $(1 + K \cdot \Delta x / F_{IR})$ oberhalb von 1 erzeugt eine größere Bremskraft als vom Fahrer angefordert. Ein solcher dringender Bremsvorgang kann angewendet werden, wenn die Änderungsrate des von Bremsenbetätigungssensor **7** erfassten Werts weit über einem vorgegebenen Grenzwert liegt.

[0079] Die variable Verstärkungsregelung wird durchgeführt, indem der Elektromotor **50** geregelt wird, um die relative Verschiebung Δx zu vergrößern, wenn sich die Eingangsstange **6** in die positive x-Achsenrichtung bewegt, und um den Hauptzylinderdruck P_{mc} dadurch schneller als bei der konstanten Verstärkungsregelung zu erhöhen.

[0080] Bei der obigen variablen Verstärkungsregelung ist die Änderungsrate des Hauptzylinderdrucks P_{mc} in Bezug auf die Verschiebung der Eingangsstange **6** höher als bei der konstanten Verstärkungsregelung. Dementsprechend ist festgelegt, dass sich die Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** schneller erhöht als die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6**. Zusammenfassend gesagt erhöht sich die gewünschte relative Verschiebung Δx^* mit einer vorgegebenen Änderungsrate, wenn sich die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** vergrößert.

[0081] Die variable Verstärkungsregelung kann einen temporären Vorgang umfassen, bei dem der Elektromotor **50** so geregelt wird, dass die Verschiebung x_{pp} des Hauptzylinders **2** kleiner die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** ist, wenn sich die Eingangsstange **6** in die Richtung bewegt, um den Hauptzylinderdruck P_{mc} zu erhöhen. Dieser Vorgang kann bei einem Hybrid-Elektrofahrzeug eingesetzt werden, wenn eine regenerative Bremskraft im Hybrid-Elektrofahrzeug erzeugt wird, und das hydraulische Bremsen um den Betrag der regenerativen Bremskraft reduziert ist.

[0082] Obwohl die obige Verstärkungsregelung dadurch ausgeführt wird, dass die relative Verschiebung Δx als geregelte Variable geregelt wird, kann die Verstärkungsregelung durch eine Messung des Hauptzylinderdrucks P_{mc} durch die Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** und eine Regelung des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** (des Elektromotors **50**) durch eine Feedbackregelung ausgeführt werden, damit der Hauptzylinderdruck P_{mc} mit einem Sollwert übereinstimmt. Die Bremsregelvorrichtung **1** kann eines der Regelverfahren situationsgemäß einsetzen.

[0083] Die Verstärkungsregelung auf der Basis der relativen Verschiebung Δx erfordert, wie oben beschrieben, keine Messung des Hauptzylinderdrucks P_{mc} . Als ausfallsichere Funktion wird der gemessene Hauptzylinderdruck P_{mc} jedoch mit einem Sollwert des Hauptzylinderdrucks P_{mc} entsprechend der Verschiebung x_{IR} verglichen, um zu überprüfen, ob der Hauptzylinderdruck P_{mc} normal ist, oder nicht.

[0084] (Automatische Bremsregelung) Zum Zeitpunkt einer automatischen Bremsregelung, bei der das Bremspedal **BP** nicht betätigt wird und die Eingangsstange **6** nicht verschoben wird, erzeugt und regelt die Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8** den Hauptzylinderdruck P_{mc} durch den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**. Bei der automatischen Bremsregelung wird die Verschiebung des primären Kolbens geregelt, damit der Hauptzylinderdruck P_{mc} mit einem Sollwert übereinstimmt. Die automatische Bremsregelung kann für eine Regelung des Fahrzeugverhaltens, wie z. B. eine Fahrzeug-Folgeregelung, eine Fahrbahnabweichungs-Verhinderungsregelung, eine Hindernis-Ausweichregelung, usw. eingesetzt werden. Der Sollwert des Hauptzylinderdrucks P_{mc} wird auf der Basis einer Soll-Bremskraft berechnet, die von einer Regeleinheit ausgegeben wird, die für die Regelung des Fahrzeugverhaltens vorgesehen ist.

[0085] Die Regelung des primären Kolbens **2b** für die automatische Bremsregelung kann unter Verwendung einer gespeicherten Tabelle ausgeführt werden, die eine Beziehung zwischen der Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** und dem Hauptzylinder-

derdruck P_{mc} definiert und durch die Verschiebung x_{pp} als Zielwert aus der Tabelle abgeleitet wird, so dass die Verschiebung x_{pp} den Sollwert des Hauptzylinderdrucks P_{mc} erreicht. Genauer gesagt wandelt die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** den Drehwinkel des Elektromotors **50** in die Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** um und regelt den Elektromotor **50** durch eine Feedback-Regelung, damit die Verschiebung x_{pp} mit der oben ermittelten Soll-Verschiebung x_{pp}^* übereinstimmt.

[0086] Der Hauptzylinderdruck P_{mc} kann durch eine Feedback-Regelung geregelt werden, indem die Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** so justiert wird, dass der gemessene Hauptzylinderdruck P_{mc} mit den Sollwert für das automatische Bremsen übereinstimmt. Die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** kann Informationen hinsichtlich des Sollwerts für das automatische Bremsen von einer externen Vorrichtung empfangen.

[0087] Die Verstärkungsregelung auf der Basis der Tabelle erfordert keine Messung des Hauptzylinderdrucks P_{mc} , wie dies oben beschrieben wurde. Als ausfallsichere Funktion wird der gemessene Hauptzylinderdruck P_{mc} jedoch mit einem Sollwert des Hauptzylinderdrucks P_{mc} verglichen, der der Verschiebung x_{IR} entspricht, um zu überprüfen, ob der Hauptzylinderdruck P_{mc} normal ist, oder nicht.

[0088] [Elektrische Schaltung des Hauptzylinderdrucksystems] **Fig. 2** veranschaulicht schematisch eine elektrische Schaltung eines Hauptzylinderdruck-Regelsystems in der Bremsregelvorrichtung von **Fig. 1**. In **Fig. 2** ist die Radzylinderdruck-Regereinheit **9** ein elektrisches Steuergerät (ECU) für die Fahrodynamikregelung (VDC).

[0089] Ein Regelsystem für eine VDC kann z. B. ausgeführt werden, indem das Verhalten eines Fahrzeugs durch Sensoren abgetastet wird, ein Bremsmoment beim Kurvenfahren auf einen äußeres Vorderrad aufgebracht wird, wenn beurteilt wird, dass sich das Fahrzeug in einem Zustand des Übersteuerns befindet, und ein Bremsmoment beim Kurvenfahren auf einen inneres Hinterrad mit einer Reduzierung der Motorleistung aufgebracht wird, wenn beurteilt wird, dass sich das Fahrzeug in einem Zustand des Untersteuerns befindet.

[0090] Die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** umfasst einen Prozessor oder eine Zentraleinheit (**CPU**) **80**, Relaischaltkreise **81a** und **81b**, 5V-Spannungszuführungsschaltkreise **82a** und **82b**, einen Überwachungs-Regelschaltkreis **83**, einen Treiber (eine Antriebseinrichtung) oder einen Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**, einen Phasenstrom-Überwachungsschaltkreis **84b**, einen Datenspeicherschaltkreis **85** und Interfaceschaltkreise (J/F-Schaltkreise) **86a**, **86b**, **86c**, **86d**, **86e**, **86f** und **86g**.

[0091] Eine 12V-Spannung wird der Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** durch einen ECU-Energieversorgungs-Relaischaltkreis **81a** von einem im Fahrzeug montierten Schaltkreis zugeführt. Die 12V-Spannung wird den 5V-Spannungszuführungsschaltkreisen **82a** und **82b** zugeführt. Jeder der 5V-Spannungszuführungsschaltkreise **82a** und **82b** liefert stabile 5V-Spannungen **Vcc1** und **Vcc2**. Die 5V-Spannung **Vcc1** wird der **CPU** **80**, einem Temperatursensor-Interfaceschaltkreis **86b**, den Verschiebungssensor-Interfaceschaltkreisen **86c** und **86d** und einem Hauptzylinderdrucksensor-Interfaceschaltkreis **86e** zugeführt. Die 5V-Spannung **Vcc2** wird dem Überwachungs-Regelschaltkreis **83** zugeführt.

[0092] Der ECU-Energieversorgungs-Relaischaltkreis **81a** wird als Reaktion auf eine Bedingung eingeschaltet, dass ein Inbetriebnahmesignal-Ausgabeabschnitt **88a** ein vorgegebenes Inbetriebnahmesignal (Wecksignal) von außerhalb der Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** und ein von einem CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreis **86f** erzeugtes Inbetriebnahmesignal als Reaktion auf ein durch den CAN-Datenaustausch gesendetes Signal empfängt. Das Inbetriebnahmesignal kann ein Türschaltersignal, ein Bremsschaltersignal oder ein Zündungs-(IGN-) Schaltersignal sein. Die Hauptzylinderdruck-Regereinheit **8** kann alle diese Schaltersignale empfangen und der ECU-Energieversorgungs-Relaischaltkreis **81a** kann eingeschaltet werden, wenn zumindest einer der Schaltersignale einen EIN-Zustand anzeigt.

[0093] Die vom Hauptkabel im Fahrzeug zugeführte 12V-Spannung wird durch einen Filterschaltkreis **87** und einen ausfallsicheren Relaischaltkreis **81b** dem Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** zugeführt, wobei der Filterschaltkreis **87** Störgeräusche beseitigt. Der ausfallsichere Relaischaltkreis **81b** trennt die Verbindung zwischen der 12V-Spannungsquelle und dem Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** selektiv und wird durch die **CPU** **80** und den Überwachungs-Relaischaltkreis **83** ein- oder ausgeschaltet. Daher führt der ausfallsichere Relaischaltkreis **81b** die 12V-Spannung selektiv dem Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** zu oder stellt diese ab. Ein Ein-/Aus-Signalausgabeabschnitt **88b** schaltet den ausfallsicheren Relaischaltkreis **81b** als Reaktion auf ein entweder von der **CPU** **80** oder dem Überwachungs-Regelschaltkreis **83** ausgegebenen Aus-Signal aus.

[0094] Die **CPU** **80** empfängt durch die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreise **86f** und **86g** von außen Anzeigesignale der Informationen hinsichtlich des Fahrzeugs und der Soll-Hydraulikdrücke für das automatische Bremsen. Außerdem empfängt die **CPU** **80** Signale von den Sensoren einschließlich dem Drehsensor **50a**, dem Temperatursensor **50b**, den Verschiebungssensoren **7a** und

7b und den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** durch den Drehsensor-Interfaceschaltkreis **86a**, den Temperatursensor-Interfaceschaltkreis **86b**, die Verschiebungssensor-Interfaceschaltkreise **86c** und **86d** und den Hauptzylinderdrucksensor-Interfaceschaltkreis **86e**

[0095] Die Signale von den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** werden überprüft, um den gemessenen Hauptzylinderdruck **P_{mc}** mit einem Soll-Hauptzylinderdruck während der variablen Verstärkungsregelung auf der Basis der relativen Verschiebung Δx zu vergleichen.

[0096] Auf der Basis der Signale von den außen liegenden Vorrichtungen und den Sensoren gibt die **CPU 80** entsprechende Regelsignale an den Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** aus, der mit dem Elektromotor **50** verbunden ist, um den Elektromotor **50** zu regeln. Ein Phasenstrom-Überwachungsschaltkreis **84b** und ein Phasenspannungs-Überwachungsschaltkreis **84c** ist für jede der drei Phasenausgaben des Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreises **84a** zur Überwachung des Stroms und der Spannung für jede Phase vorgesehen. Die überwachten Werte werden an die **CPU 80** ausgegeben, die den Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** auf der Basis der überwachten Werte regelt.

[0097] Auf diese Weise regelt die **CPU 80** den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** (den Elektromotor **50**) auf der Basis der Informationen hinsichtlich des Ist-Zustands des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**. Wenn die überwachten Werte außerhalb der normalen Bereiche liegen, oder wenn der Elektromotor gemäß dem Regelsignal von der **CPU 80** nicht korrekt arbeitet, dann erfasst oder identifiziert die **CPU 80** Defekte oder Anormalitäten mit dem Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**.

[0098] Der Überwachungs-Regelschaltkreis **83** empfängt und sendet Signale von bzw. zur **CPU 80**, um Ausfälle bzw. Defekte in der **CPU 80**, im Spannungszuführungsschaltkreis **82a** und in der 5V-Spannungsquelle **V_{cc1}** zu überwachen. Wenn ein Defekt erfasst wird, gibt der Überwachungs-Regelschaltkreis **83** rasch ein Signal an den ausfallsicheren Relaischaltkreis **81b** aus, um den ausfallsicheren Relaischaltkreis **81b** abzuschalten und die elektrische Energiezuführung an den Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** abzustellen.

[0099] Andererseits überwacht die **CPU 80** Defekte im Überwachungs-Regelschaltkreis **83**, im 5V-Spannungszuführungsschaltkreis **82b** und in der 5V-Spannungsquelle **V_{cc2}**.

[0100] Der Speicherschaltkreis **85** ist ein EEPROM (elektrisch löschbarer und programmierbarer Lesespeicher), um Signale von der **CPU 80** zu empfan-

gen und zur **CPU 80** zu senden. Zum Beispiel speichert der Speicherschaltkreis **85** die Informationen hinsichtlich der Defekte. Die **CPU 80** ermöglicht dem Speicherschaltkreis **85**, die Informationen hinsichtlich der Defekte zu speichern, indem die erhaltenen Werte (Regelverstärkungen, Versatzwerte für die Sensoren, usw.), die in der Regelung des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** verwendet werden, erlernt werden.

[0101] [Regelprozess der Bremsregelvorrichtung] **Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm, das einen Regelprozess zur Behandlung von Defekten im Hauptzylinderdruck-Regelsystem von **Fig. 2** veranschaulicht, der von der Bremsregelvorrichtung **1** ausgeführt wird.

[0102] An einem Schritt **S1** ermittelt die Bremsregelvorrichtung **1** (genauer gesagt die **CPU 80** oder der Überwachungs-Regelschaltkreis **83**), ob ein Defekt vorliegt, oder nicht. Wenn die Antwort auf den Schritt **S1** negativ (NEIN) ist, d. h. kein Defekt vorliegt, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S5** vor, an dem die Bremsregelvorrichtung **1** fortfährt, eine normale Bremsregelung in einem normalen Regelmodus auszuführen. Wenn die Antwort auf den Schritt **S1** positiv (JA) ist, d. h. zumindest ein Defekt von der **CPU 80** oder dem Überwachungs-Regelschaltkreis **83** erfasst wurde, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S2** vor. Die Bremsregelvorrichtung **1** identifiziert den vorliegenden Defekt am Schritt **S2** bis zu einem Schritt **S4** und wählt einen der Backupmodi an Schritten **S6** bis **S9** gemäß der Identifizierung des Defekts aus.

[0103] Am Schritt **S2** ermittelt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob sich die **CPU 80** in einem Defektzustand befindet, oder nicht. Genauer gesagt überwacht der Überwachungs-Regelschaltkreis **83** einen Zustand der **CPU 80** durch einen bidirektionalen Datenaustausch und ermittelt, ob sich die **CPU 80** in einem Defektzustand befindet, oder nicht. Der Defektzustand ist nicht auf einen Zustand beschränkt, bei dem ein Defekt in der **CPU 80** vorliegt, sondern schließt einen Zustand ein, bei dem ein Defekt im 5V-Spannungszuführungsschaltkreis **82b** und der 5V-Spannungsquelle **V_{cc1}** vorliegt, die der **CPU 80** elektrische Energie zuführt.

[0104] (Backupmodus) Wenn die Antwort auf den Schritt **S2** JA lautet, d. h. wenn sich die **CPU 80** in einem Defektzustand befindet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zum Schritt **S6** vor, an dem die Bremsregelvorrichtung in den Backupmodus **1** eintritt. Im Backupmodus **1** stellt der Überwachungs-Regelschaltkreis **83** die elektrische Energieversorgung an den Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** ab, indem der ausfallsichere Relaischaltkreis **81b** ausgeschaltet wird. Die Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8** sendet Informationen hinsichtlich der Auswahl des

Backupmodus **1** und der Tatsache, dass sich die **CPU 80** im Defektzustand befindet, durch die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreise **86f** und **86g** an die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9**. die Bremsregelvorrichtung **1** warnt den Fahrer, indem eine Warnlampe aufleuchtet oder ein Summer ertönt.

[0105] Wenn die Informationen der Auswahl des Backupmodus **1** empfangen werden, tritt die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** in einen Modus der Verstärkungsregelung ein, bei dem die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** den Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** auf der Basis der Signale der Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** misst und die Einlass-Absperrventile **17** und **27**, die Auslass-Absperrventile **11** und **21** und den Elektromotor **M** gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** regelt. Die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** kann anders ausgelegt werden, um das Signal vom Bremsenbetätigungssensor **7** zu empfangen und den Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** auf der Basis des Signals vom Bremsenbetätigungssensor **7** zu messen.

[0106] Wenn die Antwort auf den Schritt **S2** NEIN lautet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S3** vor. Am Schritt **S3** ermittelt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob sich der Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** in einem Defektzustand befindet, oder nicht. Der Defektzustand ist nicht auf einen Zustand beschränkt, bei dem ein Defekt im Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** selbst vorliegt, sondern schließt einen Zustand ein, bei dem es unmöglich ist, den Elektromotor **50** normal anzutreiben, wenn ein Defekt im Phasenstrom-Überwachungsschaltkreis **84b**, Phasenspannungs-Überwachungsschaltkreis **84c**, Drehsensor-Interfaceschaltkreis **86a**, im Drehsensor **50a**, Elektromotor **50** und mit diesen verbundenen Leitungen vorliegt. Die **CPU 80** erfasst, dass sich der Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** in einem Defektzustand befindet, wenn zumindest einer der Werte der Dreiphasenströme und Spannungen außerhalb eines vorgegebenen Normalbereichs liegt, oder wenn der Elektromotor **50** gemäß seiner Regelung nicht korrekt arbeitet.

[0107] (Backupmodus **2**) Wenn die Antwort auf den Schritt **S3** JA lautet, d. h. wenn sich der Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** in einem Defektzustand befindet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S7** vor, bei dem die Bremsregelvorrichtung **1** in den Backupmodus **2** eintritt. Im Backupmodus **2** stellt die **CPU 80** die elektrische Energieversorgung an den Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a** ab, indem der ausfallsichere Relaischaltkreis **81b** ausgeschaltet wird, um dadurch die Regelung des Elektromotors **50** zu stoppen. Die Hauptzylinderdruck-Regелеinheit **8** sendet Informationen hinsichtlich der Auswahl des Backupmodus **2** über die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkrei-

se **86f** und **86g** an die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9**. Die Bremsregelvorrichtung **1** warnt den Fahrer, indem die Warnlampe aufleuchtet oder der Summer ertönt.

[0108] Wenn die Informationen der Auswahl des Backupmodus **2** empfangen werden, tritt die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** in einen Modus der Verstärkungsregelung ein, bei dem die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** den Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** auf der Basis der Signale des Bremsenbetätigungssensors **7** (der Verschiebungssensoren **7a** und **7b**) misst und die Einlass-Absperrventile **17** und **27**, die Auslass-Absperrventile **11** und **21** und den Elektromotor **M** gemäß dem Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** regelt. Die Radzylinderdruck-Regелеinheit **9** kann anders konfiguriert werden, um das Signal von den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** zu empfangen und den Betätigungsbetrag des Bremspedals **BP** auf der Basis der Signale von den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** zu messen.

[0109] Wenn die Antwort auf den Schritt **S3** NEIN lautet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S4** vor. Am Schritt **S4** ermittelt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob sich die Sensoren in einem Defektzustand befinden, oder nicht. Der Defektzustand ist nicht auf einen Zustand beschränkt, bei dem ein Defekt bei den Verschiebungssensoren **7a** und **7b** und den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** vorliegt, sondern schließt einen Zustand ein, bei dem es unmöglich ist, die Sensoren normal zu verwenden, wenn ein Defekt in den Verschiebungssensor-Interfaceschaltkreisen **86c** und **86d**, dem Hauptzylinderdrucksensor-Interfaceschaltkreis **86e** und den mit diesem verbundenen Leitungen vorliegt. Die **CPU 80** erfasst, dass sich die Sensoren in einem Defektzustand befinden, wenn zumindest eines der Signale, die durch die Interfaceschaltkreise und die 5V-Spannungsquelle **Vcc1** außerhalb eines vorgegebenen Normalbereichs liegt.

[0110] (Backupmodus **3**) Wenn die Antwort auf den Schritt **S4** JA lautet, d. h. wenn sich die Sensoren in einem Defektzustand befinden, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S8** vor, an dem die Bremsregelvorrichtung **1** in einen Backupmodus **3** eintritt. **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das einen Regelprozess veranschaulicht, der durchgeführt wird, wenn der Backupmodus **3** im Regelprozess von **Fig. 3** gewählt wird. Während dem Regelprozess von **Fig. 4** beurteilt die Bremsregelvorrichtung **1**, welcher Sensor defekt ist und wählt einen der Backupmodi **31** bis **33** unter Berücksichtigung der Zustände der Sensoren aus.

[0111] An einem Schritt **S81** beurteilt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob der Verschiebungssensor **7a** normal verwendet werden kann, oder nicht. Wenn die

Antwort auf den Schritt **S81** JA lautet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung zu einem Schritt **S84** vor, bei dem die Bremsregelvorrichtung in den Backupmodus **31** eintritt.

[0112] Im Backupmodus **31** misst die Bremsregelvorrichtung **1** die Betätigung des Bremspedals **BP** unter Verwendung des Verschiebungssensors **7b** ohne den Verschiebungssensor **7a**. Mit Ausnahme dieses Punktes arbeitet die Bremsregelvorrichtung **1** wie im normalen Regelmodus. Zudem warnt die Bremsregelvorrichtung **1** den Fahrer, indem eine Warnlampe aufleuchtet oder der Summer ertönt, und zeichnet den Defekt im Speicherschaltkreis **85** auf. Außerdem sendet die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** Informationen des Defekts des Verschiebungssensors **7a** über die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreise **86f** und **86g** an die Radzylinderdruck-Regleinheit **9** oder an andere externe Vorrichtungen.

[0113] Wenn die Antwort auf den Schritt **S81** NEIN lautet, d. h. wenn der Verschiebungssensor **7a** normal verwendet werden kann, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S82** vor. Am Schritt **S82** beurteilt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob der Verschiebungssensor **7a** normal verwendet werden kann, oder nicht. Wenn die Antwort auf den Schritt **S82** JA lautet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S85** vor, bei dem die Bremsregelvorrichtung **1** in den Backupmodus **32** eintritt.

[0114] Im Backupmodus **32** misst die Bremsregelvorrichtung die Betätigung des Bremspedals **BP** unter Verwendung des Verschiebungssensors **7a** ohne den Verschiebungssensor **7b**. Mit Ausnahme dieses Punktes ist der Backupmodus **32** der gleiche wie der Backupmodus **31**.

[0115] Wenn die Antwort auf den Schritt **S82** NEIN lautet, d. h. wenn der Verschiebungssensor **7b** normal verwendet werden kann, dann rückt die Bremsregelvorrichtung zu einem Schritt **S83** vor. Am Schritt **S83** beurteilt die Bremsregelvorrichtung **1**, ob die Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** normal verwendet werden können oder nicht. Wenn die Antwort auf den Schritt **S83** JA lautet, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S86** vor, bei dem die Bremsregelvorrichtung **1** in den Backupmodus **33** eintritt.

[0116] Im Backupmodus **33** verhindert die Bremsregelvorrichtung **1** die Regelung des Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** durch die Feedbackregelung auf der Basis des Hauptzylinderdrucks **P_{mc}**, der von den Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** gemessen wird. Stattdessen regelt die Bremsregelvorrichtung **1** den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** durch einen Prozess (a) oder einen Prozess (b).

[0117] Im Prozess (a) verhindert die Bremsregelvorrichtung **1** eine Feedbackregelung auf der Basis des gemessenen Hauptzylinderdrucks **P_{mc}** für die automatische Bremsregelung. Die Bremsregelvorrichtung **1** ermittelt einen Sollwert der Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** unter Verwendung der gespeicherten Beziehung zwischen dem Hauptzylinderdruck **P_{mc}** und der Verschiebung x_{pp} und passt die Verschiebung x_{pp} durch die Feedbackregelung auf den Sollwert an, wobei die Verschiebung x_{pp} auf der Basis des erfassten Wertes des Drehsensors **50a** gemessen wird.

[0118] Im Prozess (b) verhindert die Bremsregelvorrichtung **1** die automatische Bremsregelung. Bei einer Verstärkungsregelung verhindert die Bremsregelvorrichtung **1** die variable Verstärkungsregelung und führt die konstante Verstärkungsregelung aus, bei der die Verschiebung x_{pp} des primären Kolbens **2b** geregelt wird, um gleichgroß wie die Verschiebung x_{IR} der Eingangsstange **6** zu sein.

[0119] Im Prozess (b) werden die Feedbackregelung auf der Basis des Hauptzylinderdrucks **P_{mc}**, die automatische Bremsregelung des Prozesses (a) und die variable Verstärkungsregelung auf der Basis der relativen Verschiebung Δx verhindert. Das liegt daran, dass die automatische Bremsregelung des Prozesses (a) und die variable Verstärkungsregelung auf der Basis der relativen Verschiebung Δx die oben beschriebene ausfallsichere Funktion auf der Basis des Hauptzylinderdrucks **P_{mc}** ohne die Erfassung des Hauptzylinderdrucks **P_{mc}** nicht bereitstellen.

[0120] Im Backupmodus **33** warnt die Bremsregelvorrichtung **1** den Fahrer dadurch, dass die Warnlampe aufleuchtet oder der Summer ertönt und zeichnet den Defekt im Speicherschaltkreis **85** auf. Darüber hinaus sendet die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** Informationen über den Defekt der Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b** über die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreise **86f** und **86g** an die Radzylinderdruck-Regleinheit **9** oder andere externe Vorrichtungen.

[0121] Wenn die Antwort auf den Schritt **S4** NEIN lautet, d. h. wenn die Sensoren nicht anormal sind, dann rückt die Bremsregelvorrichtung **1** zu einem Schritt **S9** vor, bei dem die Bremsregelvorrichtung **1** in einen Backupmodus **4** eintritt. Im Backupmodus **4** beurteilt die Bremsregelvorrichtung **1**, dass die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** die Ausführung der normalen Regelung durch die Hauptzylinderdruck-Regleinheit **8** fortsetzen kann, weil am Schritt **S2** bis zum Schritt **S4** kein Defekt identifiziert wurde. Dementsprechend warnt die Bremsregelvorrichtung **1** den Fahrer, indem in die Warnlampe aufleuchtet oder der Summer ertönt und zeichnet den Defekt im Speicherschaltkreis **85** auf. Darüber hinaus sendet die Hauptzylinderdruck-Reglein-

heit **8** Informationen des Defekts über die CAN-Datenaustausch-Interfaceschaltkreise **86f** und **86g** an die Radzylinderdruck-Regeleinheit **9** oder andere externe Vorrichtungen.

[0122] (Zeitschaubild) **Fig. 5aA**, **Fig. 5NB** und **Fig. 5C** sind Zeitschaubilder, wobei **Fig. 5A** ein Beispiel zeigt, wie sich ein Hydraulikdruck in der Bremsregelvorrichtung von **Fig. 1** im Backupmodus **1** mit der Zeit verändert, **Fig. 5B** ein Beispiel zeigt, wie sich der Hydraulikdruck im Backupmodus **2** mit der Zeit verändert, und **Fig. 5C** ein Beispiel zeigt, wie sich der Hydraulikdruck im Backupmodus **3** oder im Backupmodus **4** mit der Zeit verändert. Der Hydraulikdruck wird zwischen dem Abschnitt der Auslass-Absperrventile **11** und **21** und dem Abschnitt der Radzylinder **4a**, **4b**, **4c** und **4d** gemessen. In **Fig. 5A**, **Fig. 5B** und **Fig. 5C** wird das Bremspedal auf die gleiche Weise betätigt.

[0123] In beiden Backupmodi **1** und **2** werden die Radzylinderdrücke **Pwc** durch den Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** ohne den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** geregelt. Folglich sind die Kurven in **Fig. 5A** ähnlich wie die Kurven in **Fig. 5B**. Jedoch verwenden die Backupmodi **1** und **2** unterschiedliche Einrichtungen zur Messung der Betätigung des Bremspedals **BP**. Genauer gesagt verwendet der Backupmodus **1** die Hauptzylinderdrucksensoren **3a** und **3b**, während der Backupmodus **2** den Bremsenbetätigungssensor **7** mit dem Signaldatenaustausch der Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8** verwendet.

[0124] Da der Hub des Bremspedals einen ineffektiven Anfangsbereich aufweist, entsteht im Allgemeinen kein Hauptzylinderdruck, bis der Hub des Bremspedals den ineffektiven Anfangsbereich überschreitet. Folglich kann ein Verschiebungssensor eine Betätigung des Bremspedals schneller als ein Hauptzylinderdrucksensor erfassen. Daher ist der Backupmodus **2**, der das Signal des Bremsenbetätigungssensors **7** (der Verschiebungssensoren **7a** und **7b** in) einsetzt, bei der Schnelligkeit des Ansprechens des Hydraulikdrucks überlegen. Demzufolge zeigt der Backupmodus **2** ein vorteilhafteres Ansprechverhalten des Hydraulikdrucks mit einem schnelleren Anstieg als beim Backupmodus **1**, wie dies in **Fig. 5A** und **Fig. 5B** dargestellt ist.

[0125] Das Ansprechverhalten des Hydraulikdrucks im Backupmodus **3** oder **4** ist bei der Schnelligkeit, Gleichmäßigkeit (kleinere Schwankungen), Übereinstimmung mit dem Sollwert und allen anderen Punkten besser als im Backupmodus **2**. Dies liegt daran, dass Radzylinderdrücke **Pwc** durch den Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** im Backupmodus **2** geregelt werden und die Radzylinderdrücke **Pwc** durch Regulieren des Hauptzylinderdrucks **Pmc** durch den Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**

in den Backupmodi **3** und **4** geregelt werden. Mit anderen Worten verwendet der Backupmodus **3** oder **4** die Verstärkungsregelung auf der Basis des Hauptzylinders **2**, obwohl der Backupmodus **2** die Verstärkungsregelung auf der Basis der Hydraulikpumpe **P** einsetzt.

[0126] [Vorteilhafte Effekte] Die Bremsregelvorrichtung **1** erzeugt zumindest die folgenden vorteilhaften Effekte **(1)** bis **(16)**.

[0127] **(1)** Eine Bremsregelvorrichtung, die aufweist: einen Hauptzylinder **(2)** zur Erhöhung eines Innendrucks (**Pwc**) eines Radzylinders **(4a, 4b, 4c, 4d)** eines Fahrzeugs gemäß einer Betätigung einer Eingabevorrichtung (Bremspedal **BP**) des Fahrzeugs; einen Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zur Erhöhung des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders **(4a, 4b, 4c, 4d)** durch eine Betätigung des Hauptzylinders **(2)** unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung (Bremspedal **BP**); einen Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**), der mit einer Hydraulikdruckquelle (Hydraulikpumpe **P**) zur Erhöhung des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders **(4a, 4b, 4c, 4d)** unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders **(2)** versehen ist; und einen Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**), der umfasst: eine erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**), die zur Signalübertragung am Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) angeschlossen ist und den Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) regelt; und eine zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**), die zur Signalübertragung am Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) angeschlossen ist und den Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) regelt, wobei der Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich zumindest entweder der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) oder die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) in einem Defektzustand (**S1 - S4, S84 - S86**) befindet; Auswählen von einem der Backupmodi gemäß dem Defektzustand, wobei die Backupmodi die Funktion zumindest entweder des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) oder des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) auf unterschiedliche Art und Weise (**S6 - S9, S84 - S86**) beschränken; und Regeln des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders **(4a, 4b, 4c, 4d)** im ausgewählten Backupmodus ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie vom Fahrer gewünscht, zu erzeugen, selbst wenn das Verstärkersystem defekt ist und weist Vorteile bei der Sicherheit, der Bedienungsfreundlichkeit und beim Komfort auf.

[0128] **(2)** Die Bremsregelvorrichtung, die ferner einen Sensor (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Haupt-

zylinderdrucksensoren **3a, 3b**) zur Sammlung von Informationen aufweist, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) zu messen, wobei: die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) umfasst: einen Prozessor (**CPU 80**); und eine Schaltung (Überwachungs-Regelschaltkreis **83**) zur Überwachung eines Zustands des Prozessors (**CPU 80**); wobei die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) an die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ein Anzeigesignal einer Anfrage für einen Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung sendet, dass der Prozessor (**CPU 80**) sich in einem Defektzustand befindet; und die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) den Innendruck (**Pwc**) eines Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) als Reaktion auf den Empfang des Signals (im Backupmodus **1**) regelt, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie vom Fahrer gewünscht, durch Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) anstelle der Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn das Verstärkersystem einen Defekt aufweist.

[0129] (3) Die Bremsregelungsvorrichtung, wobei die Eingabevorrichtung ein Bremspedal (**BP**) umfasst und der Sensor einem Hubsensor (Bremsenbetätigungssensor **7**) zur Messung eines Hubs des Bremspedals (**BP**) umfasst, ist effektiv um den Hub des Bremspedals (**BP**) schnell zu erfassen und ein vorteilhafteres Ansprechverhalten des Hydraulikdrucks mit einem rascheren Anstieg im Vergleich zur Verwendung eines Hauptzylinderdrucks Sensors zu erreichen.

[0130] (4) Die Bremsregelvorrichtung, wobei der Sensor einen Hauptzylinderdrucksensor (**3a, 3b**) zur Messung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfasst, ist effektiv, um eine Verstärkungsregelung durch die Regelungen des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) auf der Basis des Hauptzylinderdrucks **Pmc** durchzuführen, selbst wenn der Hubsensor (Bremsenbetätigungssensor **7**) einen Defekt aufweist und die Betätigung des Bremspedals (**BP**) auf der Basis des Signals des Hauptzylinderdrucksensors (**3a, 3b**) für eine genaue Regelung der Hydraulikdrücke präzise zu messen, weil der Hauptzylinderdrucksensor (**3a, 3b**) eine größere Änderungsrate eines Sensorwerts in Bezug auf den Hub des Bremspedals (**BP**) als ein Verschiebungssensor anzeigt, nachdem der Hub des Bremspedals (**BP**) den ineffektiven Anfangsbereich überschritten hat, um die Erzeugung eines Hauptzylinderdrucks zu beginnen.

[0131] (5) Die Bremsregelvorrichtung, die ferner einen Sensor (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a, 3b**) zur Sammlung von Informationen umfasst, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) zu messen, wobei: der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Elektromotor (**50**) zur Betätigung des Hauptzylinders (**2**) umfasst; die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) umfasst: einen Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) zum Antrieb des Elektromotors (**50**); und eine Schaltung (Phasenstrom-Überwachungsschaltkreis **84b**, Phasenspannungs-Überwachungsschaltkreis **84c**) zur Überwachung eines Zustands des Treibers (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**), die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) an die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ein Anzeigesignal einer Anforderung für einen Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung sendet, dass sich der Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) in einem Defektzustand befindet; und die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) den Innendruck (**Pwc**) eines Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) als Reaktion auf den Empfang des Signals (im Backupmodus **2**) regelt, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie vom Fahrer angefordert, durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) anstelle der Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn der Elektromotor **50** nicht normal geregelt werden kann.

[0132] (6) Die Bremsregelvorrichtung, wobei der Hauptzylinder (**2**) einen Kolben (primären Kolben **2b**) zur Erhöhung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfasst und der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Mechanismus (Wandler **55** für eine Rotation in eine Translation) zur Bewegung des Kolbens (primären Kolbens **2b**) des Hauptzylinders (**2**) durch eine Übertragung eines Ausgangsdrehmoments des Elektromotors (**50**) auf den Kolben (in primären Kolbens **2b**) umfasst, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, zu erzeugen, selbst wenn der Elektromotor (**50**) im Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Defekt aufweist, und weist Vorteile bei der Sicherheit, Bedienungs-freundlichkeit und beim Komfort auf.

[0133] (7) Die Bremsregelvorrichtung, die ferner eine Mehrzahl von Sensoren (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a, 3b**) zur Sammlung von Informationen umfasst, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) zu messen, wo-

bei die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a**, **4b**, **4c**, **4d**) durch Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) gemäß einer Ausgabe einer Normalstellung die Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) in einem Defektzustand (im Backupmodus **31**, Backupmodus **32**) befindet, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie vom Fahrer gewünscht, durch fortgesetzte Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) einen Defekt aufweist.

[0134] (8) Die Bremsregelvorrichtung, wobei die Eingabevorrichtung ein Bremspedal (**BP**) umfasst und die Sensoren eine Mehrzahl von Hubsensoren (**7a**, **7b**) zur Messung eines Hubs des Bremspedals (**BP**) umfassen, ist effektiv, um die ausfallsichere Eigenschaft der Bremsregelvorrichtung **1** zu verbessern.

[0135] (9) Die Bremsregelvorrichtung, wobei: der Hauptzylinder (**2**) einen Kolben (primären Kolben **2b**) zur Erhöhung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfasst; die Sensoren einen Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) zur Messung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfassen; der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Elektromotor (**50**) zur Betätigung des Hauptzylinders (**2**) umfasst; der Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ausgelegt ist zum: Festlegen einer Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) des Kolbens (primären Kolbens **2b**) des Hauptzylinders (**2**) gemäß einem Sollwert des Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**); und Schätzen einer momentanen Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (**2b**) des Hauptzylinders (**2**) gemäß einem Drehungsbetrag des Elektromotors (**50**); und die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a**, **4b**, **4c**, **4d**) durch eine Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**), um die geschätzte momentane Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (primären Kolbens **2b**) unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) bei der Regelung eines automatischen Bremsens auf die gewünschte bzw Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) als Reaktion auf die Erfassung anzupassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) in einem Defektzustand (im Backupmodus **33**) befindet, ist effektiv, um eine geeignete

Bremskraft, wie vom Fahrer gewünscht, durch fortgesetzte Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) unter der Regelung des automatischen Bremsens zu erzeugen, selbst wenn der Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) einen Defekt aufweist.

[0136] (10) Die Bremsregelvorrichtung, wobei: der Hauptzylinder (**2**) einen Kolben (primären Kolben **2b**) zur Erhöhung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfasst; die Sensoren einen Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) zur Messung eines Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) umfassen; der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Elektromotor (**50**) zur Betätigung des Hauptzylinders (**2**) umfasst; der Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ausgelegt ist zum: Festlegen einer Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) des Kolbens (primären Kolbens **2b**) des Hauptzylinders (**2**) gemäß einem Sollwert des Innendrucks (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**); und Schätzen einer momentanen Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (primären Kolbens **2b**) des Hauptzylinders (**2**) gemäß einem Drehungsbetrag des Elektromotors (**50**); und die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a**, **4b**, **4c**, **4d**) durch Justieren der Verschiebung des Kolbens (primären Kolbens **2b**) durch den Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) gemäß dem gemessenen Hub des Bremspedals (**BP**), um den Innendruck (**Pmc**) des Hauptzylinders (**2**) durch einen konstanten Verstärkungsfaktor als Reaktion auf die Erfassung zu erhöhen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor in einem Defektzustand (im Backupmodus **33**) befindet, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, durch eine fortgesetzte Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) mit einer verbesserten ausfallsicheren Eigenschaft zu erzeugen, selbst wenn der Hauptzylinderdrucksensor (**3a**, **3b**) einen Defekt aufweist.

[0137] (11) Eine Bremsregelvorrichtung (**1**), die aufweist: einen Hauptzylinder (**2**) zur Erhöhung eines Innendrucks (**Pwc**) eines Radzylinders (**4a**, **4b**, **4c**, **4d**) eines Fahrzeugs gemäß der Betätigung einer Eingabevorrichtung (eines Bremspedals **BP**) eines Fahrzeugs; einen Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zur Erhöhung des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a**, **4b**, **4c**, **4d**) durch eine Betätigung des Hauptzylinders (**2**) unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**), wobei der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) einen Elektromotor (**50**) zur Betätigung des Hauptzylinders (**2**) umfasst; einen Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**), der mit einer Hydraulikdruckquelle (Hydraulikpumpe **P**) zur Erhöhung des In-

nendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders (**2**) versehen ist; eine Mehrzahl von Sensoren (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a, 3b**) zur Sammlung von Informationen, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) zu messen; und einen Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**, Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**), der umfasst: eine erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**), die zur Signalübertragung am Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) angeschlossen ist und den Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) regelt; wobei die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) einen Prozessor (**CPU 80**) und einen Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) zum Antrieb des Elektromotors (**50**) umfasst; und eine zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**), die zur Signalübertragung am Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) angeschlossen ist und den Druckregler (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) regelt, wobei der Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**, Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich zumindest entweder der Verstärker (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) oder die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) in einem Defektzustand befindet; Auswählen von einem der Backupmodi gemäß dem Defektzustand, wobei die Backupmodi die Betätigung zumindest entweder des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) oder des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) auf unterschiedliche Art und Weise beschränken und die Backupmodi erste, zweite und dritte Backupmodi umfassen; Auswählen des ersten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Prozessor (**CPU 80**) der ersten Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) in einem Defektzustand befindet; Auswählen des zweiten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) der ersten Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) in einem Defektzustand befindet; Auswählen des dritten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a, 3b**) in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks (**Pwc**) des Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) im gewählten Backupmodus, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, durch die geeignete Auswahl von einem der Backupmodi erzeugen, selbst wenn das Verstärkersystem einen Defekt aufweist, und Vorteile bei der Sicherheit, Bedienungsfreundlichkeit und beim Komfort auf.

[0138] (12) Die Bremsregelvorrichtung, wobei: die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) eine Schaltung (Überwachungs-Regelschaltkreis

83) zur Überwachung eines Zustands des Prozessors (**CPU 80**) umfasst; die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) an die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**) ein erstes Anzeigesignal einer Anfrage für den ersten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung sendet, dass sich der Prozessor (**CPU 80**) in einem Defektzustand befindet; und die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**) den Innendruck (**Pwc**) eines Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) als Reaktion auf den Empfang des ersten Signals (im Backupmodus **1**) regelt, ist effektiv um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) anstelle einer Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn das Verstärkersystem einen Defekt aufweist,

[0139] (13) Die Bremsregelvorrichtung, wobei: die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) eine Schaltung (Phasenstrom-Überwachungsschaltkreis **84b**, Phasenspannungs-Überwachungsschaltkreis **84c**) zur Überwachung eines Zustands des Treibers (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) umfasst; die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) an die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**) ein zweites Anzeigesignal einer Anfrage für den zweiten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung sendet, dass sich der Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) in einem Defektzustand befindet; und die zweite Regeleinheit (Radzylinderdruck-Regelereinheit **9**) den Innendruck (**Pwc**) des Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (des Bremspedals **BP**) als Reaktion auf den Empfang des zweiten Signals (im Backupmodus **2**) regelt, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, durch eine Betätigung des Druckreglers (Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3**) anstelle einer Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn der Elektromotor nicht normal geregelt werden kann.

[0140] (14) Die Bremsregelvorrichtung, wobei: die erste Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regelereinheit **8**) ausgelegt ist zum: Erfassen, dass sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **7c, 7d**) in einem Defektzustand befindet; und Regeln des Innendrucks des Radzylinders (**4a, 4b, 4c, 4d**) durch eine Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) gemäß einer Ausgabe einer Normalstellung die Sensoren (Verschiebungssensoren **7a, 7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a, 3b**) im drit-

ten Backupmodus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) in einem Defektzustand (im Backupmodus **31**, Backupmodus **33**) befindet, ist effektiv, um eine geeignete Bremskraft, wie von einem Fahrer gewünscht, durch eine fortgesetzte Betätigung des Verstärkers (Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5**) zu erzeugen, selbst wenn zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren (**3a**, **3b**) einen Defekt aufweist.

[0141] (15) Die Bremsregelvorrichtung, wobei der Regelabschnitt (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) einen Warnvorgang im ausgewählten Backupmodus ausführt, ist effektiv, damit ein Fahrer rasch den Defektzustand erkennen kann, und verbessert daher die Sicherheit und die Zuverlässigkeit.

[0142] (16) Die Bremsregelvorrichtung, wobei der Regelabschnitt (Radzylinderdruck-Regeleinheit **8**, Radzylinderdruck-Regeleinheit **9**) ausgelegt ist zur Durchführung: eines ersten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des ersten Backupmodus, ob sich der Prozessor (**CPU 80**) der ersten Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) in einem Defektzustand befindet, oder nicht; eines zweiten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des zweiten Backupmodus, ob sich der Treiber (Dreiphasen-Motorantriebsschaltkreis **84a**) der ersten Regeleinheit (Hauptzylinderdruck-Regeleinheit **8**) nach dem ersten Vorgang in einem Defektzustand befindet, oder nicht; eines dritten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des dritten Backupmodus, ob sich zumindest einer der Sensoren (Verschiebungssensoren **7a**, **7b**, Hauptzylinderdrucksensoren **3a**, **3b**) nach dem zweiten Vorgang in einem Defektzustand befindet, oder nicht, ist effektiv, um die Auswahl von einem der Backupmodi effizient auszuführen. Dies liegt daran, dass es die Erfassung der Defekte, mit Ausnahme der Defekte in der **CPU 80**, erfordert, dass die **CPU 80** normal ist, und die Erfassung der Defekte der Sensoren bedeutungslos ist, wenn der Elektromotor **50** ausgefallen ist,

[0143] Die Bremsregelvorrichtung **1** gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann folgendermaßen modifiziert werden.

[0144] Obwohl die Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** einen Hydraulikkreis aufweist, wie er in **Fig. 1** dargestellt ist, kann der Hydraulikkreis beliebig modifiziert werden, wenn der modifizierte Radzylinderdruck-Regelmechanismus die gleichen Funktionen bereitstellen kann.

[0145] Obwohl der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** den Elektromotor **50** und den Wandler **55** für eine Rotation in einer Translation zur Bewe-

gung des primären Kolbens **2b** und zu Erhöhung des Hauptzylinderdrucks umfasst, kann der Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus **5** aufgebaut sein, um den Hauptzylinderdruck unter Verwendung einer Vakuumpumpe zu erhöhen, oder kann einen Mechanismus eines anderen Typs umfassen, die von einem Elektromotor angetrieben wird, um den Hauptzylinderdruck zu erhöhen.

[0146] Obwohl der Elektromotor **50** durch einen bürstenlosen Dreiphasen-Gleichstrommotor ausgeführt ist, kann der Elektromotor **50** durch einen Elektromotor eines anderen Typs, wie z. B. einen Gleichstrommotor oder einen Wechselstrommotor ausgeführt sein. Bürstenlose Dreiphasen-Gleichstrommotoren sind generell vorteilhaft bei der Regelbarkeit, Laufruhe und Toleranz.

[0147] Obwohl das Reduzierungsgetriebe **51** durch einen Riemenscheibensystemmechanismus ausgeführt ist, kann das Reduzierungsgetriebe **51** durch einen Zahnradmechanismus anders ausgeführt werden.

[0148] Obwohl der Wandler **55** für eine Rotation in eine Translation durch einen Kugelumlaufspindelmechanismus ausgeführt ist, kann der Wandler **55** für eine Rotation in eine Translation durch einen Zahnstangenmechanismus anders ausgeführt werden.

[0149] Obwohl die Hydraulikpumpe **P** im Radzylinderdruck-Regelmechanismus **3** durch eine Zahnradpumpe ausgeführt ist, kann die Hydraulikpumpe **P** durch eine Kolbenpumpe oder eine Trochoidpumpe anders ausgeführt werden. Zahnradpumpen haben in genereller Vorteile bei der Laufruhe.

[0150] Die Anmeldung basiert auf einer früheren japanischen Patentanmeldung mit der Nummer 2007-208869 vom 10. August 2007. Die gesamten Inhalte dieser japanischen Patentanmeldung mit der Nummer 2007-208869 werden hiermit durch Bezugnahme miteinbezogen.

[0151] Obwohl die Erfindung zuvor mit Bezug auf bestimmte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Modifikationen und Variationen der oben beschriebenen Ausführungsformen werden dem Durchschnittsfachmann angesichts der obigen Lehre einleuchten. Der Umfang der Erfindung ist mit Bezug auf die nachfolgenden Ansprüche definiert.

[0152] Zusammenfassend ist festzustellen: eine Bremsregelvorrichtung für ein Fahrzeug weist auf: einen Hauptzylinder zur Erhöhung eines Radzylinderdrucks gemäß der Betätigung eines Bremspedals; einen Verstärker zur Erhöhung des Radzylinderdrucks durch eine Betätigung des Hauptzylinders

unabhängig von der Betätigung des Bremspedals; einen Druckregler, der mit einer Hydraulikdruckquelle zur Erhöhung des Radzylinderdrucks unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders versehen ist; und einen Regelabschnitt, der umfasst: eine erste Regeleinheit zur Regelung des Verstärkers; und eine zweite Regeleinheit zur Regelung des Druckreglers. Der Regelabschnitt erfasst, dass sich zumindest entweder der Verstärker oder die erste Regeleinheit in einem Defektzustand befindet; wählt einen der Backupmodi gemäß dem Defektzustand aus, wobei die Backupmodi die Betätigung zumindest entweder des Verstärkers oder des Druckreglers auf unterschiedliche Art und Weise einschränken; und regelt den Radzylinderdruck im gewählten Backupmodus.
(Fig. 1)

Bezugszeichenliste

[0154]

1	Bremsregelvorrichtung
2	Hauptzylinder
2a	Zylinderabschnitt
2b	primärer Kolben
2c	sekundärer Kolben
2d	primäre Flüssigkeitskammer
2e	sekundäre Flüssigkeitskammer
2f	Rückstellfeder
2g	Rückstellfeder
2h	Trennwand
3	Druckregler, Radzylinderdruck-Regelmechanismus
3a, 3b	Hauptzylinderdrucksensoren
4a, 4b, 4c, 4d	Radzylinder
5	Verstärker, Hauptzylinderdruck-Regelmechanismus
6	Eingangsstange
6a	erster längs verlaufender Endabschnitt
6b	zweiter längs verlaufender Endabschnitt
7	Bremsenbetätigungssensor

7a, 7b	Verschiebungssensoren
8	Hauptzylinderdruck-Regeleinheit
9	Radzylinderdruck-Regeleinheit
10, 20	Hydraulikabschnitt
10a, 10b, 10j,	Flüssigkeitsdurchgang
10k, 10l, 10m,	
20j, 20k	
10c, 10d, 10e, 10f	Rückführungsdurchgang
10g, 10h, 20g,	Ansaugdurchgang
20h	
10i, 20i	Ausstoßdurchgang
11,21	Auslass-Absperrventil
12, 13, 22, 23	Druckerhöhungsventil
14, 15	Druckreduzierventil
16	innen liegender Vorratsbehälter
17, 27	Einlass-Absperrventil
50	Elektromotor
51	Reduzierungsgetriebe
55	Wandler einer Rotation in eine Translation
FL, FR, RL, RR	vorderes linkes, vorderes rechtes, hinteres linkes, hinteres rechtes Rad
BP	Bremspedal
CPU	Zentraleinheit
P	Hydraulikpumpe
P1, P2	Erste, zweite Hydraulikpumpe
M	Elektromotor
RES	Vorratsbehälter

Patentansprüche

1. Bremsregelvorrichtung (1), die aufweist:

einen Hauptzylinder (2) zur Erhöhung eines Innendrucks (Pwc) eines Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) eines Fahrzeugs;

einen Verstärker (5) zur Erhöhung des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Hauptzylinders (2) gemäß einer Betätigung oder unabhängig von einer Betätigung einer Eingabevorrichtung (BP) des Fahrzeugs;

einen Druckregler (3), der mit einer Hydraulikdruckquelle (P) zur Erhöhung des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) unabhängig von der Betätigung des Hauptzylinders (2) versehen ist; und

einen Regelabschnitt (8, 9), ausgelegt zum:
Auswählen eines von mehreren Backupmodi, und Regeln des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) im ausgewählten Backupmodus, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regelabschnitt (8,9)

eine erste Regeleinheit (8), die zur Signalübertragung am Verstärker (5) angeschlossen ist und den Verstärker (5) regelt; und

eine zweite Regeleinheit (9), die zur Signalübertragung am Druckregler (3) angeschlossen ist und den Druckregler (3) regelt, umfasst;

die Backupmodi

- einen druckreglerbasierten Modus, in welchem die zweite Regeleinheit (9) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Druckreglers (3) regelt, und

- einen verstärkerbasierten Modus, in welchem die erste Regeleinheit (8) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Verstärkers (5) regelt, umfassen; und

der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zum Auswählen des druckreglerbasierten Modus aus den Backupmodi, wenn erfasst wird, dass sich zumindest der Verstärker (5) und/oder die erste Regeleinheit (8) in einem Defektzustand befinden.

2. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner einen Sensor (7a, 7b, 3a, 3b) zur Sammlung von Informationen aufweist, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) zu messen, wobei:

die erste Regeleinheit (8) umfasst:

einen Prozessor (80); und

eine Schaltung (83) zur Überwachung eines Zustands des Prozessors (80); wobei

die erste Regeleinheit (8) an die zweite Regeleinheit (9) ein Signal sendet, welches eine Anforderung für den druckreglerbasierten Modus als Reaktion auf die Erfassung, dass der Prozessor (80) sich in einem Defektzustand befindet, anzeigt; und

die zweite Regeleinheit (9) den Innendruck (Pwc) eines Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Druckreglers (3) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) als Reaktion auf den Empfang des Signals regelt.

3. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner einen Sensor (7a, 7b, 3a, 3b) zur Sammlung von Informationen umfasst, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) zu messen, wobei:

der Verstärker (5) einen Elektromotor (50) zur Betätigung des Hauptzylinders (2) umfasst;

die erste Regeleinheit (8) umfasst:

- einen Treiber (84a) zum Antrieb des Elektromotors (50); und

- eine Schaltung (84b, 84c) zur Überwachung eines Zustands des Treibers (84a);

die erste Regeleinheit (8) an die zweite Regeleinheit (9) ein Signal sendet, welches eine Anforderung für den druckreglerbasierten Modus als Reaktion auf die Erfassung, dass der Prozessor (80) sich in einem Defektzustand befindet, anzeigt, und

die zweite Regeleinheit (9) den Innendruck (Pwc) eines Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Druckreglers (3) gemäß dem gemessenen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) als Reaktion auf den Empfang des Signals regelt.

4. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Hauptzylinder (2) einen Kolben (2b) zur Erhöhung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfasst und der Verstärker (5) einen Mechanismus (55) zur Bewegung des Kolbens (2b) des Hauptzylinders (2) durch eine Übertragung eines Ausgangsdrehmoments eines Elektromotors (50) des Verstärkers (5) auf den Kolben (2b) umfasst.

5. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, die ferner eine Mehrzahl von Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) zur Sammlung von Informationen umfasst, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) zu messen, wobei der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zum:

Erfassen, dass sich zumindest einer der Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) in einem Defektzustand befindet; und Auswählen des verstärkerbasierten Modus, in welchem die erste Regeleinheit (8) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch Betätigung des Verstärkers (5) gemäß einer Ausgabe einer Normalstellung der Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) als Reaktion auf die Erfassung, dass sich zumindest einer der Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) in einem Defektzustand befindet, regelt.

6. Bremsregelvorrichtung, nach einem der Ansprüche 2, 3 oder 5, wobei die Eingabevorrichtung ein Bremspedal (BP) umfasst und der Sensor einem Hubsensor (7) zur Messung eines Hubs des Bremspedals (BP) umfasst.

7. Bremsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 2, 3, 5 oder 6, wobei der Sensor einen Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) zur Messung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfasst, und der Regelabschnitt ausgelegt ist zum Auswählen und

Ausführen des verstärkerbasierten Modus, wenn erfasst wird, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) in einem Defektzustand befindet.

8. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:
 der Hauptzylinder (2) einen Kolben (2b) zur Erhöhung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfasst;
 die Sensoren einen Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) zur Messung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfassen;
 der Verstärker (5) einen Elektromotor (50) zur Betätigung des Hauptzylinders (2) umfasst;
 der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zum:
 - Festlegen einer Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) des Kolbens (2b) des Hauptzylinders (2) gemäß einem Sollwert des Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2); und
 - Schätzen einer momentanen Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (2b) des Hauptzylinders (2) gemäß einem Drehungsbetrag des Elektromotors (50); und
 die erste Regeleinheit (8) ausgelegt ist zum:
 - Erfassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor in (3a, 3b) in einem Defektzustand befindet; und
 Regeln des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) im verstärkerbasierten Modus durch eine Betätigung des Verstärkers (5), um die geschätzte momentane Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (2b) unabhängig von der Betätigung der Eingabevorrichtung (BP) bei der Regelung eines automatischen Bremsens auf die Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) als Reaktion auf die Erfassung anzupassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) in einem Defektzustand befindet.

9. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:
 der Hauptzylinder (2) einen Kolben (2b) zur Erhöhung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfasst;
 die Sensoren einen Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) zur Messung eines Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2) umfassen;
 der Verstärker (5) einen Elektromotor (50) zur Betätigung des Hauptzylinders (2) umfasst;
 der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zum:
 - Festlegen einer Soll-Verschiebung (x_{pp}^*) des Kolbens (2b) des Hauptzylinders (2) gemäß einem Sollwert des Innendrucks (Pmc) des Hauptzylinders (2); und
 - Schätzen einer momentanen Verschiebung (x_{pp}) des Kolbens (2b) des Hauptzylinders (2) gemäß einem Drehungsbetrag des Elektromotors (50); und
 die erste Regeleinheit (8) ausgelegt ist zum:
 - Erfassen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor (3a, 3b) in einem Defektzustand befindet; und
 - Regeln des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) im verstärkerbasierten Modus durch Justieren der Verschiebung des Kolbens (2b) durch den Verstärker (5) gemäß dem gemessenen Hub des Bremspedals (BP), um den Innendruck (Pmc) des

Hauptzylinders (2) durch einen konstanten Verstärkungsfaktor als Reaktion auf die Erfassung zu erhöhen, dass sich der Hauptzylinderdrucksensor in einem Defektzustand befindet.

10. Bremsregelvorrichtung (1) nach Anspruch 1, umfassend
 eine Mehrzahl von Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) zur Sammlung von Informationen, die verwendet werden, um einen Betätigungsbetrag der Eingabevorrichtung (BP) zu messen;
 wobei die erste Regeleinheit (8) einen Prozessor (80) und einen Treiber (84a) zum Antrieb des Elektromotors (50) umfasst;
 wobei die Backupmodi einen ersten und zweiten druckreglerbasierten Modus umfassen, in welchen die zweite Regeleinheit (9) den Innendruck (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) durch eine Betätigung des Druckreglers (3) regelt; und
 wobei der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zum:
 Auswählen des ersten druckreglerbasierten Modus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Prozessor (80) der ersten Regeleinheit (8) in einem Defektzustand befindet;
 Auswählen des zweiten druckreglerbasierten Modus als Reaktion auf die Erfassung, dass sich der Treiber (84a) der ersten Regeleinheit (8) in einem Defektzustand befindet; und
 Regeln des Innendrucks (Pwc) des Radzylinders (4a, 4b, 4c, 4d) im gewählten druckreglerbasierten Modus durch Betätigung des Druckreglers (3) abhängig vom gemessenen Betrag der Betätigung der Eingabevorrichtung (BP).

11. Bremsregelvorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Regelabschnitt (8, 9) ausgelegt ist zur Durchführung:
 eines ersten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des ersten druckreglerbasierten Modus, ob sich der Prozessor (80) der ersten Regeleinheit (8) in einem Defektzustand befindet, oder nicht;
 eines zweiten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des zweiten druckreglerbasierten Modus, ob sich der Treiber (84a) der ersten Regeleinheit (8) nach dem ersten Vorgang in einem Defektzustand befindet, oder nicht; und
 eines dritten Vorgangs zur Ermittlung in Bezug auf die Auswahl des verstärkerbasierten Modus, ob sich zumindest einer der Sensoren (7a, 7b, 3a, 3b) nach dem zweiten Vorgang in einem Defektzustand befindet, oder nicht.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

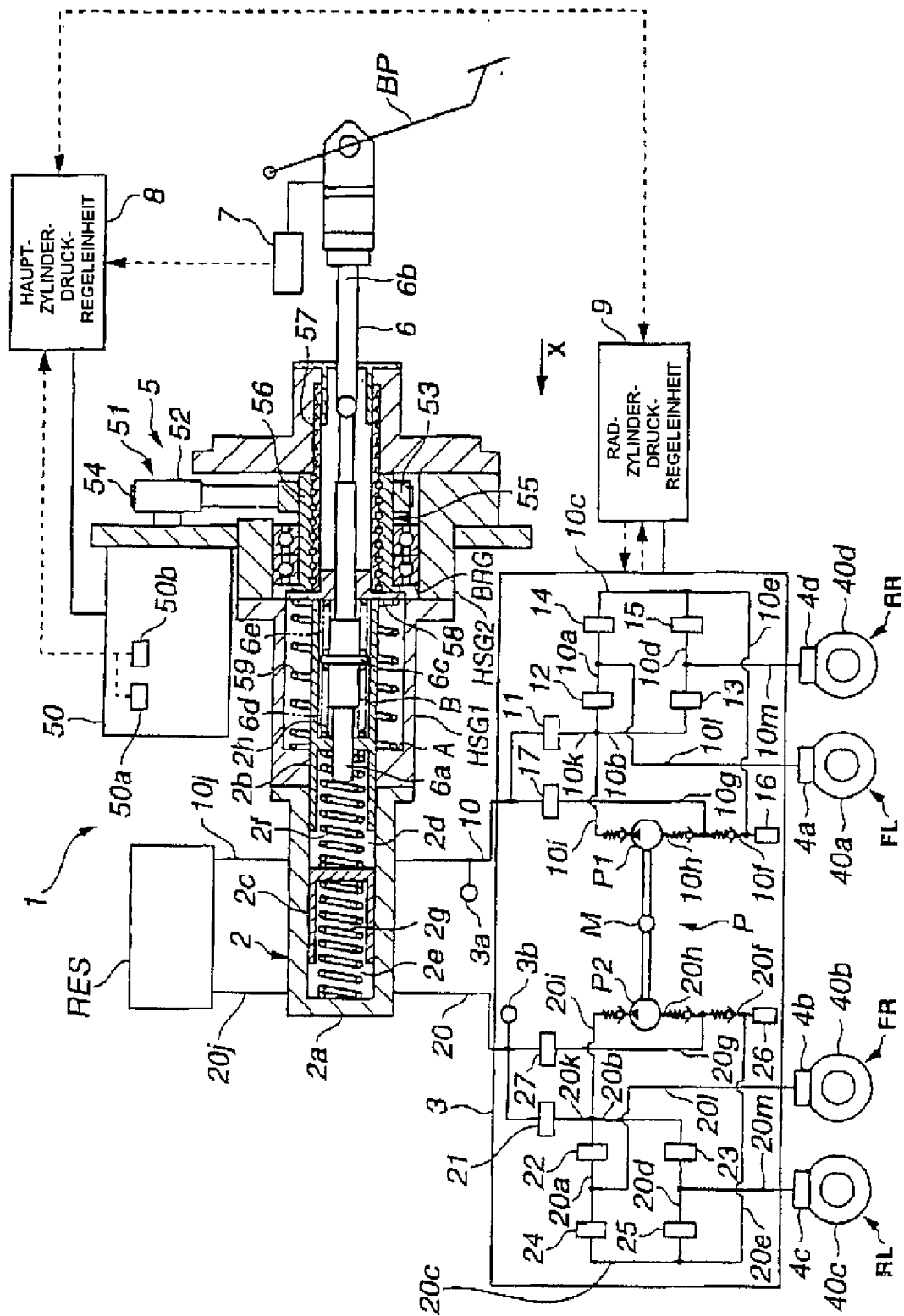


FIG.2

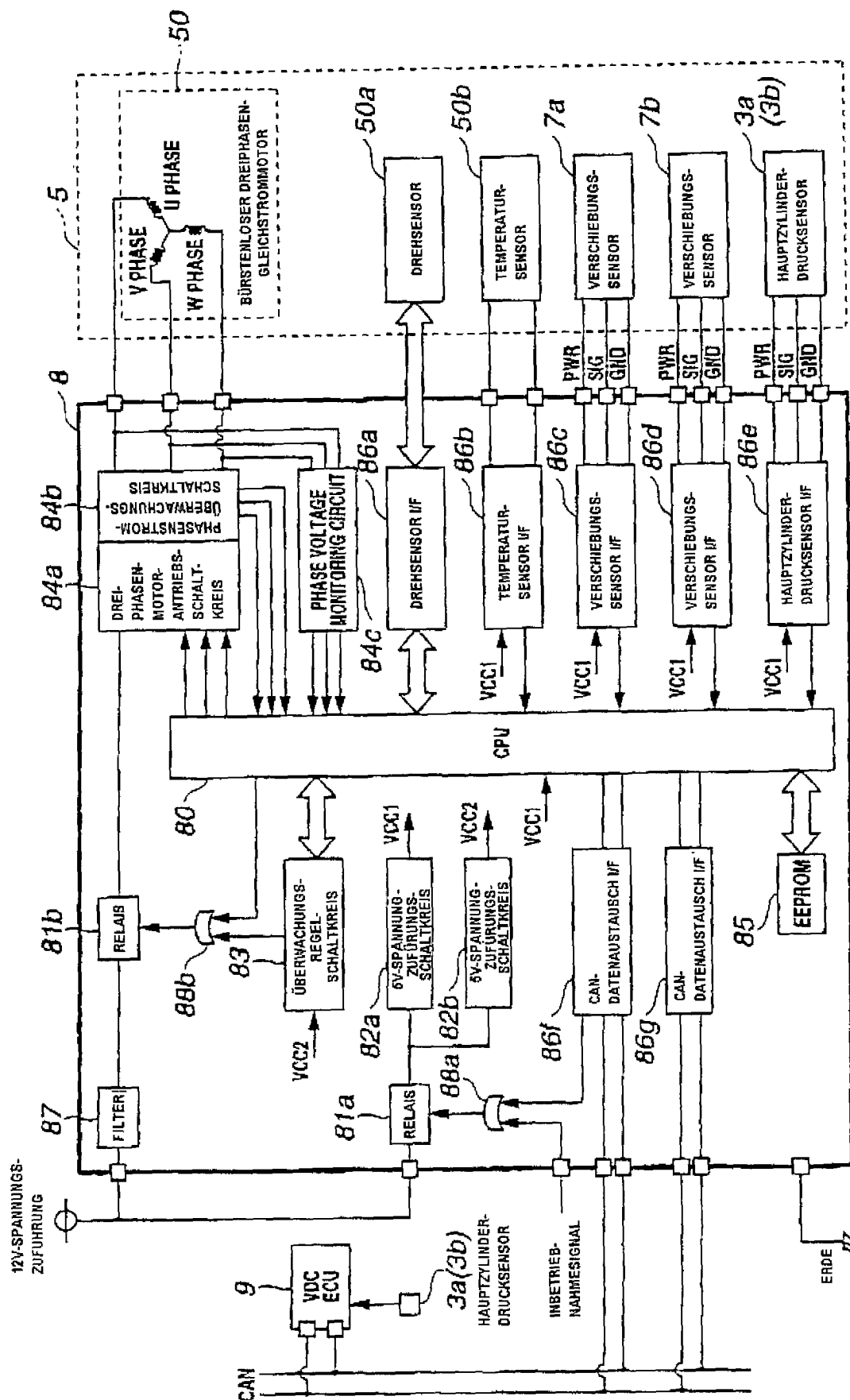


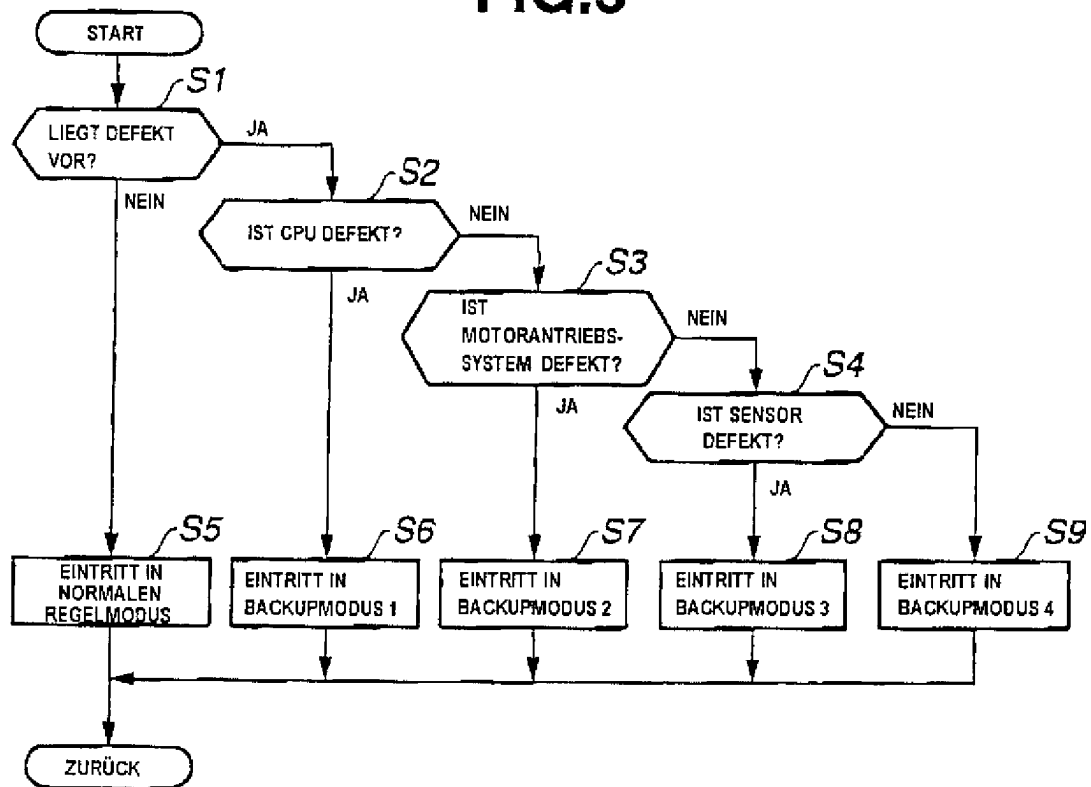
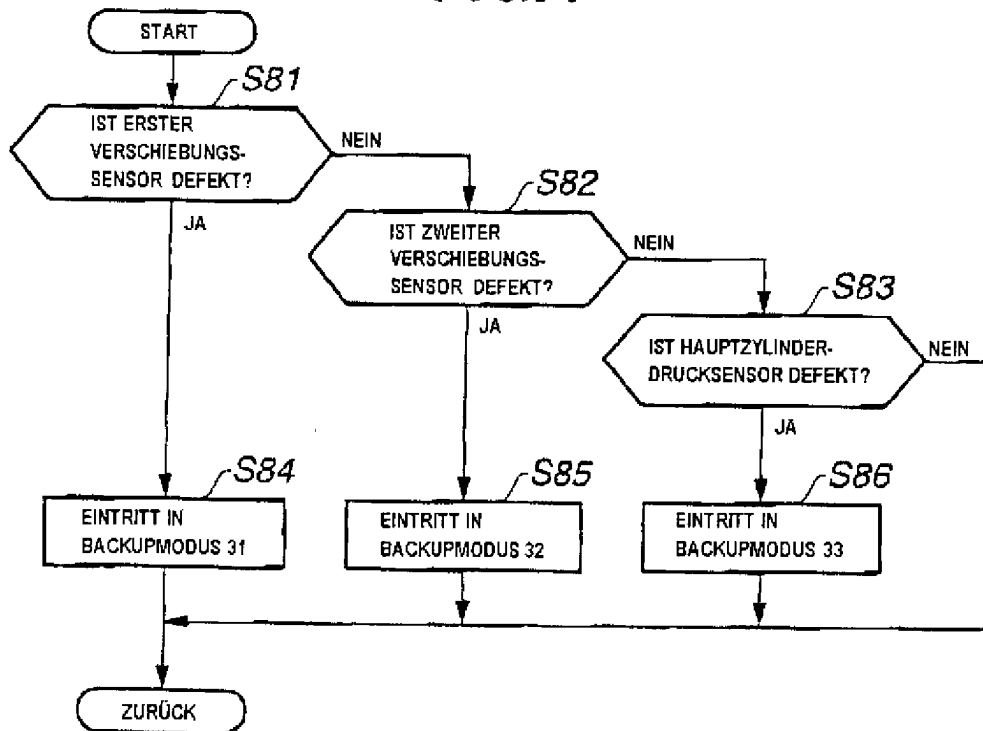
FIG.3**FIG.4**

FIG.5A

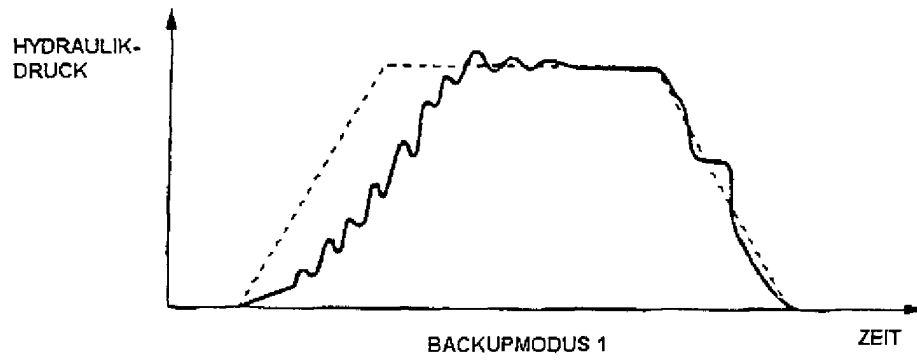


FIG.5B

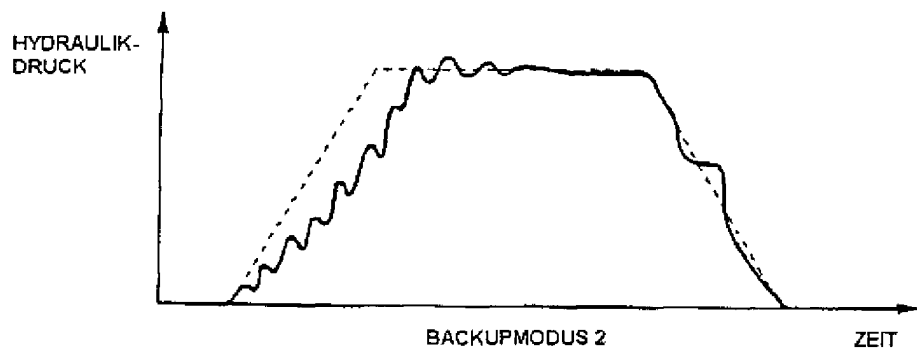


FIG.5C

