



(10) **DE 10 2011 083 113 A1** 2012.05.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 083 113.4**

(22) Anmeldetag: **21.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **03.05.2012**

(51) Int Cl.: **B60T 13/74 (2012.01)**
B60T 13/128 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
2010-218872 29.09.2010 JP

(74) Vertreter:
HOFFMANN - EITLE, 81925, München, DE

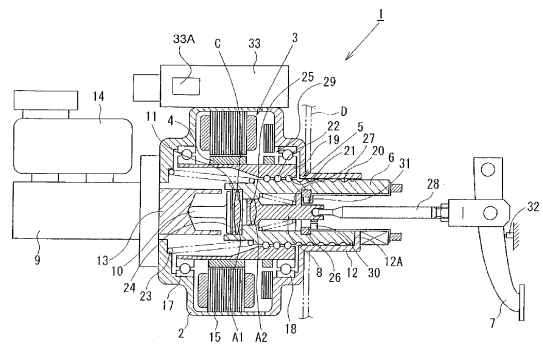
(71) Anmelder:
Hitachi Automotive Systems, Ltd., Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP

(72) Erfinder:
Takayama, Toshio, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Sakuma, Masaru, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verstärker**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung stellt einen elektrischen Verstärker mit verbesserter Genauigkeit der Verstärkungssteuerung bereit. Wenn ein Stempel (8) durch die Betätigung eines Bremspedals (7) bewegt wird, wird ein Elektromotor (3) gesteuert, basierend auf einer Relativverschiebung zwischen dem Stempel (8) und dem Linearbewegungselement (6), die durch einen Relativverschiebungssensor (30) detektiert wird, und wird ein Kugel- und Gewindemechanismus (5) entsprechend angetrieben, um das Linearbewegungselement (6) zu veranlassen, dem Stempel (8) zu folgen. Das Linearbewegungselement (6) drückt einen Kolben (13) eines Hauptzylinders (9) durch ein Reaktionselement (11), wodurch eine Bremskraft erzeugt wird. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Teil der Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder (9) zum Bremspedal (7) über das Reaktionselement (11) zurückgeführt. Wenn ein Referenzpositionssensor (31) detektiert, dass eine Relativposition des Stößels (8) zum Linearbewegungselement (6) mit einer vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt, wird ein Detektionswert des Relativverschiebungssensors (30) als ein Relativverschiebungs-Referenzwert gespeichert und wird eine Relativverschiebung zwischen dem Stößel (8) und dem Linearbewegungselement (6) basierend auf dem Relativverschiebungs-Referenzwert bestimmt.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Verstärker zur Verwendung bei einem Bremssystem eines Fahrzeugs.

[0002] Als eine Art von Verstärker zur Verwendung mit einem Bremssystem eines Fahrzeugs ist ein elektrischer Verstärker bekannt, der einen Elektromotor anhand einer Betätigung eines Bremspedals antreibt, einen Kolben eines Hauptzylinders über einen Rotations-/Linearbewegungsumwandlungsmechanismus, wie etwa einen Kugel- und Gewindemechanismus vorrückt, und dadurch einen Brems hydraulikdruck erzeugt. Beispielsweise die internationale Veröffentlichung Nr. 2009/068404 offenbart diese Art elektrischen Verstärkers. Der offenbarte Bremskraftverstärker wird dafür konfiguriert, ein Teil einer Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder während eines Bremsvorgangs über ein Reaktionselement, das aus einem elastischen Körper, wie etwa Gummi, hergestellt ist, ähnlich Weise bei einem pneumatischen Verstärker rückzukoppeln, in dem ein negativer Einlassdruck eines Motors als Verstärkungsquelle verwendet wird, der in vielen Fahrzeugen eingesetzt wird. Diese Konfiguration realisiert eine Rückkopplung einer Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder an das Bremspedal mit einer einfachen Struktur.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0003] Ein Verstärker, der konfiguriert ist, einen Teil einer Reaktionskraft aus einem Hauptzylinder an ein Bremspedal, wie oben erwähnt, rückzukoppeln, erforderte eine hohe Genauigkeit bezüglich der Größen der entsprechenden Teile und der Installationsposition und die Detektion verschiedener Arten von Sensoren, um die Steuergenauigkeit zu verbessern.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Verstärker mit verbesserter Steuergenauigkeit bereitzustellen.

[0005] Um die vorstehende und andere Aufgaben zu lösen, ist die vorliegende Erfindung ein Verstärker, der ein Eingabeelement, das konfiguriert ist, anhand einer Betätigung eines Bremspedals vorwärts oder rückwärts bewegt zu werden, ein Verstärkungselement, das so angeordnet ist, dass es relativ zum Eingabeelement beweglich ist, einen Aktuator, der konfiguriert ist, das Verstärkungselement anzutreiben, einen Schubkraftübertragungsmechanismus, der konfiguriert ist, eine Schubkraft des Eingabeelementes und des Verstärkungselementes an einen Hauptzylinder zu übertragen, und eine Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder an das Eingabeelement und das Verstärkungselement in einem vorbestimmten Ver-

hältnis zu übertragen, einen Relativverschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine relative Verschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement zu detektieren, eine Steuervorrichtung, die konfiguriert ist, einen Betrieb des Aktuators zu steuern, basierend auf der durch den relativen Verschiebungsdetektor detektierten Relativverschiebung, und einen Referenzpositionsdetektor, der konfiguriert ist, zu detektieren, dass eine Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit einer vorbestimmten Referenzposition zusammenfällt, beinhaltet.

[0006] Gemäß dem Verstärker der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die Steuergenauigkeit zu verbessern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0007] [Fig. 1](#) ist eine vertikale Querschnittsansicht, die eine Strukturübersicht eines elektrischen Verstärkers gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert.

[0008] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2F](#) illustrieren, wie ein Linearbewegungselement, ein Stößel und ein Reaktionselement des elektrischen Verstärkers, der in [Fig. 1](#) gezeigt sind, arbeiten;

[0009] [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung des in [Fig. 1](#) gezeigten elektrischen Verstärkers illustriert;

[0010] [Fig. 4](#) ist eine Graphik, welche die Steuerung eines Elektromotors des in [Fig. 1](#) gezeigte elektrischen Verstärkers illustriert;

[0011] [Fig. 5](#) ist ein Zeitdiagramm, das ein Beispiel eines Betriebs des in [Fig. 1](#) gezeigten elektrischen Verstärkers illustriert;

[0012] [Fig. 6](#) illustriert ein Bremspedal und dessen Umgebung eines elektrischen Verstärkers gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 7](#) illustriert einen Rückkehrschalter eines Linearbewegungselementes und dessen Umgebung, eines elektrischen Verstärkers gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0014] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung des elektrischen Verstärkers gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert;

[0015] [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung zum Bestimmen einer Anfangsposition illustriert, basierend auf einem Bremsschalter in Schritt S3 im Flussdiagramm von [Fig. 8](#);

[0016] **Fig. 10** ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung zur Bestimmung der Anfangsposition illustriert, basierend auf dem Rückkehrschalter in Schritt S3 im Flussdiagramm von **Fig. 8**;

[0017] **Fig. 11** ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung zum Bestimmen der Anfangsposition illustriert, basierend auf dem Bremsschalter und dem Rückkehrschalter in Schritt S3 im Flussdiagramm von **Fig. 8**;

[0018] **Fig. 12** ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung zum Bestimmen der Anfangsposition illustriert, basierend auf einer Stromversorgung an den Elektromotor in Schritt S3 im Flussdiagramm von **Fig. 8**;

[0019] **Fig. 13** ist ein Flussdiagramm, das die Steuerung zum Bestimmen der Anfangsposition illustriert, basierend auf einer Zeitdauer, wenn kein Strom dem Elektromotor in Schritt S3 im Flussdiagramm von **Fig. 8** zugeführt wird;

[0020] **Fig. 14A** bis **Fig. 14C** illustrieren Abmessungsfehler eines Raums zwischen dem Stößel und einem Reaktionselement im in **Fig. 1** gezeigten elektrischen Verstärker;

[0021] **Fig. 15** ist eine Graphik, welche die Eingangs-/Ausgangs-Charakteristik des in **Fig. 1** gezeigten elektrischen Verstärkers illustriert;

[0022] **Fig. 16** ist ein Blockdiagramm, das eine Strukturübersicht einer Einstellvorrichtung eines elektrischen Verstärkers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung detailliert unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Zuerst wird ein elektrischer Verstärker gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **Fig. 5** beschrieben. Wie in **Fig. 1** gezeigt, beinhaltet der elektrische Verstärker **1** gemäß der vorliegenden Erfindung einen Elektromotor **3**, einen Kugel- und Gewindemechanismus **5**, einen Stößel **8**, einen Ausgabestab **10**, und ein Reaktionselement **11**, die alle in einem Gehäuse **2** enthalten sind. Der Kugel- und Gewindemechanismus **5** funktioniert als ein Rotations-/Linearbewegungs-Umwandlungsmechanismus zum Umwandeln einer Rotation eines Rotors **4** des Elektromotors **3** in eine Linearbewegung. Der Stößel **8** ist in ein Linearbewegungselement **6** des Kugel- und Gewindemechanismus **5** eingeführt und mit dem Bremspedal **7** gekoppelt. Der Ausgabestab **10** überträgt eine Schubkraft des Linearbewegungselementes **6** und des Stößels **8** an einen Hauptzylinder **9**. Das Reakti-

onselement **11** ist zwischen Ausgabestab **10**, Linearbewegungselement **6** und Stößel **8** angeordnet.

[0024] Das Gehäuse **2** ist in einer Motorraumseite eines Armaturen Bretts **D** angebracht, welches eine Trennwand ist, die einen Fahrzeuginnenraum von einem Motorraum oder dergleichen trennt, und ist so angeordnet, dass sich ein zylindrischer Teil **12** des Gehäuses **2** an seiner Rückseite durch das Armaturenbrett **D** in den Fahrzeuginnenraum erstreckt. Der Hauptzylinder **9**, der konzentrisch zum zylindrischen Teil **12** angeordnet ist, ist an der Front des Gehäuses **2** angebracht. Ein Kolben **13** des Hauptzylinders **9** ist in das Gehäuse **2** eingeführt. Der Hauptzylinder **9** ist ein bekannter Hauptzylinder, der in einem Reservoir **14** Bremsfluid vorhält und einen hydraulischen Bremsdruck durch Verschieben des Kolbens **13** erzeugt, um dadurch einer Bremsvorrichtung jedes Rads den hydraulischen Bremsdruck zuzuführen. Der Hauptzylinder kann entweder durch einen Hauptzylinder vom Tandemtyp oder einen Hauptzylinder vom Einzeltyp ausgeführt sein.

[0025] Der Elektromotor **3** dient als eine Anordnung zum Antreiben des Kugel- und Gewindemechanismus **5** und beinhaltet einen im Gehäuse **2** fixierten Stator **15** und einen durch den Stator **15** eingeführten und durch diesen drehbar gelagerten zylindrischen Rotor **4**. Der Elektromotor **3** kann eine Umdrehung des Rotors **4**, basierend auf einem Steuerstrom, steuern und kann beispielsweise durch einen Synchronmotor oder einen Induktionsmotor ausgeführt sein.

[0026] Der Kugel- und Gewindemechanismus **5** beinhaltet ein zylindrisches Drehelement **19**, ein Linearbewegungselement **6** und eine Mehrzahl von Kugeln **22**. Das Drehelement **19** ist drehbar durch das Gehäuse **2** über Lager **17** und **18** gehalten. Das Linearbewegungselement **6** ist durch das Rotationselement **19** und den zylindrischen Teil **12** des Gehäuses **2** eingeführt und wird so gehalten, dass es längs der Axialrichtung beweglich ist und daran gehindert wird, um die Achse zu rotieren. Die Kugeln **22** arbeiten als Rollkörper, die alle zwischen helikalen Kugelrillen **20** und **21** angeordnet sind, welche auf den gegenüberliegenden Oberflächen des Linearbewegungselements **6** und des Drehelements **19** ausgebildet sind. Eine Rotation des Drehelements **19** verursacht eine drehende Bewegung der Kugeln **20** und veranlasst dadurch das Linearbewegungselement **6**, sich längs der Axialrichtung zu bewegen. Weiterhin kann der Kugel- und Gewindemechanismus **5** auch eine Linearbewegung des Linearbewegungselements **6** in eine Rotation des Drehelements **19** umwandeln. Die vorliegende Ausführungsform verwendet den Kugel- und Gewindemechanismus **5** als einen Rotations-/Linearbewegungs-Umwandlungsmechanismus, kann aber einen anderen Typ von Rotations-/Linearbewegungs-Umwandlungsmechanismus einsetzen, der in der Lage ist, eine Rotation des Rotors **4** des Elektromotors **3**

in eine Linearbewegung umzuwandeln, wie etwa einen Rollen- und Gewindemechanismus.

[0027] Des Drehelement **19** ist durch den Rotor **4** des Elektromotors **3** eingeführt und wird so gekoppelt, dass es mit dem Rotor integral drehbar ist. Des Linearbewegungselement **6** hat ein zum Kolben **13** des Hauptzylinders **9** weisendes Front-Ende, um so als ein Verstärkungselement betreibbar zu sein. Der Rückteil des Linearbewegungselements **6** ist durch den zylindrischen Teil **12** des Gehäuses **6** eingeführt und das Linearbewegungselement **6** wird daran gehindert, axial zu drehen und daran, sich über eine zurückgezogene Position rückwärts hinaus zu bewegen, durch einen Stopper **12A**, der im zylindrischen Teil **12** vorgesehen ist. Das Linearbewegungselement **6** wird in Rückzugsrichtung vorgespannt, um am Stopper **12A** anzustoßen, durch die Federkraft einer Rückkehrfeder **23**, welche eine zulaufende Schraubenfeder ist, die zwischen dem Linearbewegungselement **6** und der Vorderwand des Gehäuses **2** angeordnet ist. Die vorliegende Ausführungsform ist so konfiguriert, dass das Drehelement **19** direkt durch den Rotor **4** angetrieben wird, aber in anderen Ausführungsformen kann ein Geschwindigkeitsreduktionsmechanismus, wie etwa ein Getriebe und eine Riemenscheibe, zwischen dem Drehelement **19** und dem Rotor **4** angeordnet sein.

[0028] Der Stößel **8** ist ein anhand des Betriebs des Bremspedals **7** vorwärts und rückwärts bewegbares Eingabeelement und wird beweglich längs der Achsenrichtung im Linearbewegungselement **6** geführt. Eine aus einer Großdurchmesserbohrung **24** und einer Kleindurchmesserbohrung **25** bestehende gestufte Bohrung ist am Vorderende des Linearbewegungselements **6** ausgebildet, welche zum Kolben **13** des Hauptzylinders **9** weist. Das Vorderende des Stößels **8** wird verschieblich in die Kleindurchmesserbohrung **25** eingeführt. Die zurückgezogene Position des Stößels **8** wird durch einen am Linearbewegungselement **6** vorgesehenen Stopper **26** festgelegt. Der Stößel **8** wird in Rückzugsrichtung so vorgespannt, dass er am Stopper **26** anschlägt, durch die Federkraft einer Rückkehrfeder **27**, die eine zulaufende Schraubenfeder ist, welche zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6** angeordnet ist.

[0029] Das Zirkular-Reaktionselement **11**, das aus einem elastischen Körper wie etwa Gummi hergestellt ist, wird in die Großdurchmesserbohrung **24** eingepasst, und ein an einem proximalen Ende des Ausgabestabs **10** ausgebildeter Flansch stößt am Reaktionselement **11** an. Ein vorbestimmter Raum **C** wird zwischen dem Vorderende des Stößels **8**, der in die Kleindurchmesserbohrung **25** eingeführt ist, und dem Reaktionselement **11** definiert, wenn der Stößel **8** in der Rückzugsposition an den Stopper **26** anstoßend lokalisiert ist. Das Reaktionselement **11** ist dafür

konfiguriert, mit dem Linearbewegungselement **6** und dem Stößel **8** in Eingriff zu kommen, um einen Schubkraftübertragungsmechanismus zu bilden, der eine Schubkraft von ihnen zum Hauptzylinder **9** überträgt. Wenn das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** sich vorwärts bewegen, um den Ausgabestab **10** zu veranlassen, den Kolben **13** des Hauptzylinders **9** durch das Reaktionselement **11** zu schieben, wird eine Reaktionskraft an das Linearbewegungselement **6** und den Stößel **8** anhand von Druckaufnahmeflächen des Linearbewegungselements **6** und des Stößels **8** an das Reaktionselement **11** rückgekoppelt, die aus der Querschnittsfläche **A1** der Großdurchmesserbohrung **24** und der Querschnittsfläche **A2** der Kleindurchmesserbohrung **25** bestimmt wird. Das Rückende des Stößels **8** ist mit dem Bremspedal **7** über den Eingabestab **28** gekoppelt.

[0030] Ein Rotationspositionssensor **29** ist am Gehäuse **2** montiert. Der Rotationspositionssensor **29** detektiert eine Rotationsposition des Drehelements **19** des Kugel- und Gewindemechanismus **5**, d. h. den Rotor **9** des Elektromotors **3**, und wird beispielsweise durch einen Drehgeber ausgeführt. Ein Relativverschiebungssensor **30** ist zwischen dem Linearbewegungselement **6** und dem Stößel **8** als ein Relativpositionsdetektor zum Detektieren einer relativen Verschiebung zwischen ihnen angeordnet. Der Relativverschiebungssensor **30** kann beispielsweise durch ein Potentiometer ausgeführt sein, das eine Relativverschiebung als ein Analogsignal detektiert, basierend zum Beispiel auf einer Änderung im Widerstandswert.

[0031] Weiterhin ist ein Referenzpositionssensor **31** am Linearbewegungselement **6** als ein Referenzpositionsdetektor zum Detektieren montiert, ob eine Relativposition des Stößels **8** zum Linearbewegungselement **6** mit einer vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt. Der Referenzpositionssensor **31** detektiert, ob der Stößel **8** relativ zum Linearbewegungselement **6** an der Referenzposition lokalisiert ist, welches eine um eine vorbestimmte Distanz ΔT (siehe [Fig. 2B](#)) vorwärts versetzte (zum Reaktionselement **11** bewegte) Position ist, ab der Position, wo der Stößel **8** maximal zurückgezogen ist, um am Stopper **26** anzuschlagen (siehe [Fig. 2A](#)). Der Referenzpositionssensor **31** kann durch beispielsweise durch einen bekannten Grenzscharter ausgeführt sein. Der Referenzpositionssensor **31** kann entweder ein EIN- oder AUS-Signal beim Detektieren der Referenzposition ausgeben.

[0032] Ein Bremspedalsensor (Bremssscharter) **32** ist auf dem Bremspedal **7** montiert, um zu detektieren, ob das Bremspedal **7** gedrückt wird. Der Bremspedalsensor **32** kann durch einen bekannten Grenzscharter ausgeführt sein, wie im Fall des Referenzpositionssensors **31**, kann aber durch einen bekannten Bremslampenscharter ausgeführt sein, der Strom ei-

ner Bremslampe in Reaktion auf das Pressen des Bremspedals 7 zuführt.

[0033] Eine Steuervorrichtung 33 als ein Steuermitel ist am Gehäuse 2 montiert. Die Steuervorrichtung 33 steuert einen Betrieb des Elektromotors 3 durch Zuführen von Steuerstrom, basierend auf den Detektionssignalen aus verschiedenen Sensoren, einschließlich Ausgabesignalen aus dem Drehpositionssensor 29, den Referenzpositionssensor 31, dem Relativverschiebungssensor 30 und dem Bremspedalsensor 32. Die Steuerung der Steuervorrichtung 33 wird unten unter Bezugnahme auf die Fig. 2A bis Fig. 2F beschrieben.

[0034] Wie in Fig. 2A gezeigt, wenn das Fahrzeug sich in einem nicht gebremsten Zustand befindet, wobei das Bremspedal 7 nicht gedrückt wird, sind das Linearbewegungselement 6 und der Stößel 8 an ihren entsprechend zurückgezogenen Positionen lokalisiert, welche durch den Stopper 12A und den Stopper 26 definiert sind, durch Aufnehmen der Federkräfte der Rückkehrfedern 23 und 27. Zu diesem Zeitpunkt wird der vorgegebene Raum C zwischen dem Reaktionselement 11 und dem Stößel 8 ausgebildet. Weiterhin detektiert in diesem Zustand der Relativverschiebungssensor 30 die Relativverschiebung zwischen dem Linearbewegungselement 6 und dem Stößel 8, der Referenzpositionssensor 31 detektiert nicht die Referenzposition und der Bremspedalsensor 32 detektiert nicht das Herunterdrücken des Bremspedals 7.

[0035] Wie in Fig. 2B gezeigt, wenn das Bremspedal 7 gedrückt wird, wird der Stößel 8 relativ zum Linearbewegungselement 6 um eine vorbestimmte Distanz ΔT durch den Eingabestab 28 vorwärts bewegt, um die vorbestimmte Referenzposition zu erreichen. Zu dieser Zeit detektiert der Referenzpositionssensor 31, dass der Stößel 8 an der Referenzposition lokalisiert ist. Zu diesem Zeitpunkt speichert die Steuervorrichtung 33 den Detektionswert des Relativverschiebungssensors 30 als Relativverschiebungsreferenzwert P_0 und beginnt die Steuerung des Elektromotors 3, basierend auf der Relativverschiebung. Wenn das Bremspedal beginnt, betätigt zu werden, detektiert der Bremspedalsensor 32 dies.

[0036] Wenn das Bremspedal 7 weiter heruntergedrückt wird, berechnet die Steuervorrichtung 33 eine Relativverschiebung ΔP ($\Delta P = P - P_0$) zwischen dem Linearbewegungselement 6 und dem Stößel 8 durch Subtrahieren des Relativverschiebungsreferenzwerts P_0 von einem aktuellen Detektionswert P des Relativverschiebungssensors 30. Dann steuert die Steuervorrichtung 33 den Betrieb des Elektromotors durch Ausgeben von Steuerstrom, basierend auf der Relativverschiebung ΔP , um so das Linearbewegungselement 6 vorwärts zu bewegen (siehe Fig. 2C und Fig. 2D), das Linearbewegungselement

6 an derselben Position zu halten (siehe Fig. 2E), oder das Linearbewegungselement 6 rückwärts zu bewegen (siehe Fig. 2F), um die Relativverschiebung ΔP innerhalb eines vorbestimmten Bereichs zu halten, wodurch das Linearbewegungselement 6 veranlasst wird, der Bewegung des Stößels 8 zu folgen.

[0037] Wenn der Stößel 8 anhand des Drückens des Bremspedals 7 vorwärts geschoben wird, wird auch das Linearbewegungselement 6 vorwärts bewegt, um dem Stößel 8 zu folgen, durch Aufnehmen der Schubkraft des Elektromotors 3, und beginnt, den Ausgabestab 10 durch das Reaktionselement 11 zu schieben, um den Kolben 13 des Hauptzylinders 9 anzuschieben. Als Ergebnis wird eine Bremskraft durch den so erzeugten Hydraulikdruck erzeugt. Das Reaktionselement 11 wird deformiert, indem es zwischen dem Linearbewegungselement 6 und dem Ausgabestab 10 komprimiert wird (siehe Fig. 2C) und stößt am Front-Ende des vorgeschobenen Stößels 8 an (siehe Fig. 2D). Als Ergebnis wird die Reaktionskraft aus dem Kolben 13 des Hauptzylinders 9 an das Linearbewegungselement 6 und den Stößel 8 über das Reaktionselement 11 übertragen. Zu dieser Zeit wird ein Teil der Reaktionskraft über den Stößel 8 anhand des Verhältnisses des A_1 , was die Druckaufnahme­fläche A_1 des Linearbewegungselements 6 zum Reaktionselement 11 ist, zum A_2 ($< A_1$), was eine Druckaufnahme­fläche des Stößels 8 zum Reaktionselement 11 ist, an das Bremspedal 7 rückgekoppelt. Ein solches Drücken des Bremspedals 7 kann eine Bremskraft bei einem vorgegebenen Verstärkungsverhältnis erzeugen und die Bremskraft anhand der Druckkraft steuern.

[0038] Die Ausbildung des vorbestimmten Raums C1 (sogenannter Einsprung-Freiraum) zwischen dem Stößel 8 und dem Reaktionselement 11, wenn ein Bremsvorgang gestartet wird (wenn der Stößel 8 an der Referenzposition lokalisiert ist) gestattet dem Stößel 8, um eine vorbestimmte Distanz vorwärts bewegt zu werden, ohne die Reaktionskraft aus dem Reaktionselement 11 aufzunehmen, wodurch ein rasches Ansteigen der Bremskraft in einer frühen Stufe des Bremsbetriebs ermöglicht wird.

[0039] Als Nächstes wird ein Beispiel eines Steuerablaufs, wenn die Steuervorrichtung 33 den Elektromotor steuert, unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben. Im Flussdiagramm von Fig. 3 wird die Verarbeitung gestartet, wenn der Bremspedalsensor 32 das Herunterdrücken des Bremspedals 7 detektiert. Im Schritt S1 setzt die Steuervorrichtung 33 ein Referenzwert-Einstellflag zurück und die Verarbeitung schreitet zu Schritt S2 fort. In Schritt S2 bestimmt die Steuervorrichtung 33, ob das Bremspedal 7 aktuell betätigt wird, basierend auf der Detektion des Bremspedalsensors 32. Falls die Bestimmungsergebnisse anzeigen, dass das Bremspedal 7 aktuell betätigt wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S3 fort.

[0040] In Schritt 3 bestimmt die Steuervorrichtung 33, ob das Referenzwertesteinstellflag ungesetzt ist. Falls das Referenzwertesteinstellflag ungesetzt ist, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S4 fort, in welchem die Steuervorrichtung 33 den Relativverschiebungs-Referenzwert P0 speichert. Falls andererseits das Referenzwertesteinstellflag gesetzt ist, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S6 fort, weil der Relativverschiebungs-Referenzwert P0 bereits gespeichert worden ist.

[0041] In Schritt S4 bestimmt die Steuervorrichtung 33, ob der Referenzpositionssensor 31 detektiert, dass der Stößel 8 an der Referenzposition lokalisiert ist. Falls die Referenzposition nicht detektiert wird, kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück, weil der Stößel 8 noch nicht die Referenzposition erreicht. Falls die Referenzposition detektiert wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S5 fort. In Schritt S5 speichert die Steuervorrichtung 33 als den Relativverschiebungs-Referenzwert P0 den Detektionswert des Relativverschiebungssensors 30, wenn der Referenzpositionssensor 31 detektiert, dass der Stößel 8 die Referenzposition erreicht. Gleichzeitig setzt die Steuervorrichtung 33 das Referenzwertesteinstellflag. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S6 fort.

[0042] In Schritt S6 berechnet die Steuervorrichtung 33 die Relativverschiebung ΔP ($\Delta P = P - P_0$) des Stößels 8 aus dem Relativverschiebungs-Referenzwert P0 relativ zum Linearbewegungselement 6 durch Subtrahieren des im obigen Schritt gespeicherten Relativverschiebungs-Referenzwerts P0 vom aktuellen Detektionswert P des Relativverschiebungssensors 30. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S7 fort.

[0043] In Schritt S7 vergleicht die Steuervorrichtung 33 die Relativverschiebung ΔP mit einem unteren Grenzwert α eines vorbestimmten Bereichs von α bis β . Falls die Relativverschiebung ΔP größer als der untere Grenzwert α ist ($\Delta P > \alpha$), bestimmt die Steuervorrichtung 33, dass der Stößel 8 zumindest nicht rückwärts bewegt ist. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S8 fort.

[0044] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, ist der untere Grenzwert α des vorbestimmten Bereichs von α bis β ein Wert, der als ein Zielwert eines Relativverschiebungsbetrags zum Steuern des Elektromotors 3 in der Richtung, die das Linearbewegungselement 6 rückwärts bewegt, während der obere Grenzwert β ein Wert ist, der als ein Zielwert eines Relativverschiebungsbetrags zum Steuern der Elektromotors 3 in der Richtung eingestellt wird, die das Linearbewegungselement 6 vorwärts bewegt. In der vorliegenden Ausführungsform ist der untere Grenzwert α ein Wert, wenn die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Stößel 8 und dem Linearbewegungselement 6 Null ist, das

heißt der Bewertungswert des Relativverschiebungssensors 30 gleich dem Relativverschiebungs-Referenzwert P0 ist. Der obere Grenzwert β ist ein Wert, der zum Bereitstellen von Hysterese für die Eingabe/Ausgabe-Charakteristik erforderlich ist, und wird als ein kleinerer Wert als der oben beschriebene Raum C1 eingestellt.

[0045] In Schritt S8 vergleicht die Steuervorrichtung 33 die Relativverschiebung ΔP mit dem oben erwähnten, oberen Grenzwert β . Falls die Relativverschiebung ΔP größer als der obere Grenzwert β ist ($\Delta P > \beta$), bestimmt die Steuervorrichtung 33, dass der Stößel 8 aktuell vorwärts bewegt wird, das heißt das Bremspedal 7 aktuell heruntergedrückt wird, und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S9 fort.

[0046] In Schritt S9 bestimmt die Steuervorrichtung 33, ob der Steuerstrom, der dem Elektromotor 3 zuzuführen ist, um so die Relativverschiebung ΔP des oberen Grenzwerts β zu reduzieren, gleich oder kleiner einem vorbestimmten Grenzwert ist. Falls der Steuerstrom gleich einem oder kleiner als ein Grenzwert ist, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S10 fort, in welchem die Steuervorrichtung 33 eine Rückkopplungssteuerung auf den Elektromotor 3 anwendet, um so die Relativverschiebung ΔP auf den oberen Grenzwert β zu reduzieren, und dreht den Elektromotor 3 in der Richtung, die das Linearbewegungselement 6 vorwärts bewegt. Dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück. Falls andererseits der Steuerstrom den Grenzwert übersteigt, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S11 fort, in welchem die Steuervorrichtung 33 den Elektromotor so steuert, dass dessen Rotationsposition aufrecht erhalten wird. Dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück. Als Ergebnis ist es möglich, eine Zufuhr von Überstrom an den Elektromotor 3 zu verhindern, um den Elektromotor 3 zu schützen.

[0047] Weiterhin bestimmt in Schritt S8, falls die Relativverschiebung ΔP gleich oder kleiner dem oberen Grenzwert β ist ($\Delta P \leq \beta$), die Steuervorrichtung 33, dass der Betrieb des Stößels 8 angehalten ist, d. h. der Druck des Bremspedals 7 bei einem im Wesentlichen konstanten Pegel gehalten wird, und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S11 fort, in welchem die Steuervorrichtung 33 den Elektromotor, so steuert, dass dessen Drehposition aufrecht erhalten wird. Dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück.

[0048] In Schritt S7, falls die Relativverschiebung ΔP gleich oder kleiner dem unteren Grenzwert α ist ($\Delta P \leq \alpha$), bestimmt die Steuervorrichtung 33, dass der Stößel 8 rückwärts bewegt wird, d. h. dass Bremspedal 7 aktuell freigegeben wird, und die Verarbeitung schreitet zu Schritt S12 fort. In Schritt S12 wendet die Steuervorrichtung 33 eine Rückkopplungssteuerung am Elektromotor 3 an, um so die Relativverschiebung

ΔP auf den unteren Grenzwert α zu erhöhen, und dreht den Elektromotor **3** in der Richtung, die das Linearbewegungselement **6** rückwärts bewegt. Dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück.

[0049] In Schritt S2, falls die Steuervorrichtung **33** feststellt, dass das Bremspedal **7** aktuell nicht betätigt wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S13 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** die Stromversorgung an den Elektromotor **3** stoppt, oder einen solchen Zustand aufrecht erhält, dass Strom nicht an den Elektromotor **3** geliefert wird, und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S14 fort. In Schritt S14 bestimmt die Steuervorrichtung **33**, ob eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise ungefähr 2 Minuten, verstrichen sind, seit der Bremspedalsensor **32** detektiert hat, dass der Status des Bremspedals **7** sich von einem gedrückten Zustand zu einem gelösten Zustand verändert hat. Falls die vorgegebene Zeit verstrichen ist, wird diese Verarbeitung des Flussdiagramms beendet.

[0050] Auf diese Weise steuert die Steuervorrichtung **33** einen Betrieb des Elektromotors **3** anhand eines Betriebs des Bremspedals **7**, so dass das Linearbewegungselement **6** einer Bewegung des Stößels **8** folgt, wodurch eine Bremskraft bei einem vorbestimmten Verstärkungsverhältnis erzeugt wird, um eine Bremskraft anhand einer Pedaldruckkraft zu steuern. Zu dieser Zeit wird der Detektionswert des Relativverschiebungssensors **30** durch den Referenzpositionssensor **31** korrigiert, wodurch es möglich ist, den Einfluss von beispielsweise einer Signalverschiebung des Relativverschiebungssensors **30** aufgrund einer Temperaturänderung zu reduzieren, um die Steuergenauigkeit zu verbessern, während eine stabilisierte Steuerung bereitgestellt wird.

[0051] Zu dieser Zeit, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, wenn die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6** reduziert oder gesteigert wird, jenseits des vorbestimmten Bereichs α bis β , kann eine Justierung des Steuerbetrags, um so den Drehbetrag des Elektromotors **3** proportional zum Wert der Relativverschiebung ΔP zu vergrößern, die Responsivität verbessern und eine hochgenaue und stabilisierte Steuerung bereitstellen.

[0052] Weiter wird im in [Fig. 3](#) gezeigten Standardablauf die Einstellung (Speicherung) des Relativverschiebungs-Referenzwerts P_0 des Relativverschiebungssensors **30** jedesmal durchgeführt, wenn das Bremspedal **7** betätigt wird und der Referenzpositionssensor **31** detektiert, dass der Stößel **8** an der Referenzposition lokalisiert ist. Jedoch ist die Einstellung des Relativverschiebungs-Referenzwerts P_0 nicht darauf beschränkt und kann willkürlich durchgeführt und aktualisiert werden, basierend auf einer verstrichenen Zeit oder einer andere Bedingung.

[0053] Als Nächstes wird ein Beispiel des Betriebs des elektrischen Verstärkers **1** unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) beschrieben. [Fig. 5](#) ist ein Zeitdiagramm, wenn das Bremspedal **7** bei einer vorbestimmten Geschwindigkeit gedrückt wird, in dieser Position gehalten wird, und dann bei einer vorbestimmten Geschwindigkeit gelöst wird.

[0054] Zur Zeit t_0 beginnt ein Fahrer, das Bremspedal **7** zu treten und der Bremspedalsensor **32** detektiert dies. Das Drücken des Bremspedals **7** veranlasst den Stößel **8**, sich vorwärts zu bewegen. Wenn der Stößel **8** zur Zeit t_1 die Referenzposition erreicht, detektiert der Referenzpositionssensor **31** dies und der Detektionswert des Relativverschiebungssensors **30** wird als der Relativverschiebungs-Referenzwert **20** gespeichert. Zu dieser Zeit beginnt die Steuervorrichtung **33**, die Relativverschiebung ΔP aus dem Relativverschiebungs-Referenzwert P_0 zu berechnen. Zur Zeit t_2 , wenn die Relativverschiebung ΔP den oberen Grenzwert β übersteigt, wird begonnen, den Elektromotor **3** zu drehen, was das Linearbewegungselement **6** veranlasst, sich vorwärts zu bewegen, um den Kolben zu drücken, so dass der Hydraulikdruck im Hauptzylinder **9** beginnt, sich zu erhöhen. Danach wird der Hydraulikdruck im Hauptzylinder **9** bei einer vorbestimmten Rate anhand des Vorrückens des Stößels **8** und des Linearbewegungselementes **6** erhöht. Zur Zeit t_3 erhält der Fahrer das Bremspedal **7** auf der gedrückten Position, so dass die Relativverschiebung ΔP innerhalb des oben erwähnten Bereichs des unteren Grenzwerts α bis zum oberen Grenzwert β ($\alpha < \Delta P < \beta$) gehalten wird, und die Drehposition des Elektromotors **3** erhalten wird. Daher wird auch der Hydraulikdruck des Hauptzylinders **9** aufrechterhalten. Danach beginnt zur Zeit t_4 der Fahrer, das Bremspedal **7** rückzuführen, so dass die Relativverschiebung ΔP reduziert wird, um kleiner als der untere Grenzwert α zu sein, der Elektromotor **3** wird gedreht, um das Linearbewegungselement **6** und damit den Kolben **13** zurück zu bewegen, und der Hydraulikdruck im Hauptzylinder **9** wird freigegeben.

[0055] Als Nächstes wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) beschrieben. In der nachfolgenden Beschreibung werden gleiche Elemente durch dieselben Bezugszeichen wie jene in der ersten Ausführungsform beschrieben und nur unterschiedliche Elemente werden im Detail beschrieben.

[0056] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, weist die vorliegende Ausführungsform den Relativverschiebungssensor **30** nicht auf, weist aber stattdessen einen Hubsensor **34** auf, der dafür konfiguriert ist, einen Hub des Bremspedals **7** zu detektieren. Der Hubsensor **34** wird als ein Eingabeelement-Verschiebungsdetektor verwendet, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Stößels **8** zu detektieren. Weiter wird der Rotationspositionssensor **29** als ein Verstärkungsele-

mentverschiebungsdetektor verwendet, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Linearbewegungselementes **6** zu detektieren. Die Steuervorrichtung **33** berechnet die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Linearbewegungselement **6** und dem Stößel **8**, basierend auf einer Differenz eines Detektionswerts P_m des Rotationspositionssensors **29** und einem Detektionswert P_s des Hubsensors **34**. Zu dieser Zeit, wie im Fall der oben beschriebenen ersten Ausführungsform, speichert die Steuervorrichtung **33** die Detektionswerte des Rotationspositionssensors **29** und des Hubsensors **34** als Steuerreferenzwerte P_{m0} und P_{s0} , wenn der Referenzpositionssensor **31** detektiert, dass der Stößel **8** an der Referenzposition lokalisiert ist, und berechnet die Relativverschiebung ΔP aus Differenzen zwischen den aktuellen Detektionswerten P_m und P_s des Rotationspositionssensors **29** und des Hubsensors **34**, und den Steuerreferenzwerten P_{m0} und P_{s0} als den Relativverschiebungs-Referenzwerten. Die Steuervorrichtung **33** steuert einen Betrieb des Elektromotors **3**, basierend auf der so berechneten Relativverschiebung ΔP in derselben Weise wie bei der ersten Ausführungsform.

[0057] Zu dieser Zeit, da das Drehelement **19** des Kugel- und Gewindemechanismus **5** mit dem Rotor **4** des Elektromotors **3** gekoppelt ist, kann die Position (Verschiebung) des Linearbewegungselementes **6** durch Multiplizieren des Detektionswerts P_m des Rotationspositionssensors **29** mit einem vorbestimmten Koeffizienten K_1 oder durch Bezug nehmen auf eine vorgegebene Umwandlungstabelle erhalten werden. Weiter, da der Stößel **8** mit dem Bremspedal **7** über den Eingabestab **28** gekoppelt ist, kann die Position (Verschiebung) des Stößels **8** durch Multiplizieren des Detektionswerts P_s des Hubsensors **34** mit einem vorbestimmten Koeffizienten K_2 oder durch Bezug nehmen auf eine vorbestimmte Umwandlungstabelle erhalten werden. Das Umwandeln von jedem von diesem unter Verwendung von Umwandlungstabellen kann die Positionen des Linearbewegungselements **6** und des Stößels **8** selbst dann bereitstellen, wenn sie in nicht-linearen Positionsbeziehungen stehen. Dann steuert die Steuervorrichtung **33** einen Betrieb des Elektromotors **3**, basierend auf der so erhaltenen Relativverschiebung ΔP , die aus der Position (Verschiebung) des Linearbewegungselements **6** und der Position (Verschiebung) des Stößels **8** berechnet sind, in derselben Weise wie die erste Ausführungsform.

[0058] In diesem Fall wird ein Teil des in [Fig. 3](#) gezeigten Steuerablaufs wie folgt geändert. Als eine erste Differenz speichert in Schritt S5, wenn der Referenzpositionssensor **31** detektiert, dass der Stößel **8** die Referenzposition erreicht, die Steuervorrichtung **33** den Detektionswert des Rotationspositionssensors **29** als Steuerreferenzwert P_{m0} , speichert den Detektionswert des Hubsensors **34** als Steuerreferenzwert P_{s0} und setzt das Referenzwerteinstell-

flag. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S6 fort. In Schritt S6 berechnet die Steuervorrichtung **33** die Position des Linearbewegungselementes **6** durch Subtrahieren des gespeicherten Steuerreferenzwerts P_{m0} vom aktuellen Detektionswert P_m des Rotationspositionssensors **29** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem vorbestimmten Koeffizienten K_1 , oder durch Bezugnahme auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle. Weiterhin berechnet die Steuervorrichtung **33** die Position des Stößels **8** durch Subtrahieren des gespeicherten Steuerreferenzwerts P_{s0} vom aktuellen Detektionswert P_s des Hubsensors **34** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem vorbestimmten Koeffizienten K_2 , oder durch Bezugnahme auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle. Dann berechnet die Steuervorrichtung **33** die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6** ($\Delta P = K_1 \cdot (P_m - P_{m0}) - K_2 \cdot (P_s - P_{s0})$). Die Steuervorrichtung **33** steuert einen Betrieb des Elektromotors **3**, basierend auf der so berechneten Relativverschiebung ΔP durch Vergleichen mit dem vorbestimmten Bereich α bis β .

[0059] Im oben beschriebenen Steuerablauf speichert die Steuervorrichtung **33** die Steuerreferenzwerte P_{m0} und P_{s0} sowohl für den Detektionswert P_m des Rotationspositionssensors **29**, der die Position des Linearbewegungselements **6** anzeigt, als auch den Detektionswert P_s des Hubsensors **34**, der die Position des Stößels **8** anzeigt. Jedoch kann die Steuervorrichtung **33** einen Relativverschiebungsreferenzwert für eine Differenz (Relativverschiebung) zwischen ihnen speichern und kann die Relativverschiebung ΔP basierend auf diesem Relativverschiebungsreferenzwert berechnen.

[0060] Als Nächstes wird eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die [Fig. 7](#) bis [Fig. 13](#) beschrieben. In der folgenden Beschreibung werden gleiche Elemente durch dieselben Bezugszeichen wie jene in der zweiten Ausführungsform beschrieben und nur abweichende Elemente werden detailliert beschrieben.

[0061] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, weist die vorliegende Ausführungsform den Referenzpositionssensor **31** nicht auf, sondern hat stattdessen einen auf dem zylindrischen Teil des Gehäuses **2** angeordneten Rückkehrpositionssensor **35** zum Detektieren, dass das Linearbewegungselement **6** des Kugel- und Gewindemechanismus **5** an einer vorbestimmten Basisposition lokalisiert ist. Der Rückkehrpositionssensor **35** detektiert, dass das Linearbewegungselement **6** an der "Linearbewegungselement-Basisposition (Verstärkungselement-Basisposition, Linearbewegungselement-Rückzugsgrenzposition)" lokalisiert ist, was die maximal zurückgezogene Position relativ zum Gehäuse **2** ist. Der Rückkehrpositionssensor **35** kann beispielsweise durch einen bekannt-

ten Grenzscharter wie im Falle des Referenzpositionssensors **31** in der ersten und zweiten Ausführungsform ausgeführt sein, oder kann durch irgendeine andere Vorrichtung ausgeführt werden, die zum Ausgeben entweder eines EIN- oder AUS-Signals in der Lage ist, bei Detektion, dass das Linearbewegungselement **6** an der Linearbewegungselement-Basisposition lokalisiert ist.

[0062] Weiterhin detektiert der Bremspedalsensor **32**, dass das Bremspedal **7** nicht gedrückt ist, das heißt detektiert, dass der mit dem Bremspedal **7** über den Eingabestab **28** gekoppelten Stößel **8** an einer "Stempelbasisposition (Eingabeelement-Basisposition, Stempelrückzugsgrenzposition)" lokalisiert ist, was die maximal zurückgezogene Position ist.

[0063] Die Steuervorrichtung **33** speichert als einen Basiswert $Pm0'$ den Detektionswert des Rotationspositionssensors **29**, wenn das Linearbewegungselement **6** an der Linearbewegungselement-Basisposition lokalisiert ist. Weiter speichert die Steuervorrichtung **33** als einen Basiswert $Ps0'$ den Detektionswert des Hubsensors **34**, wenn der Stößel **8** an der Basisposition lokalisiert ist. Dann berechnet die Steuervorrichtung **33** die Verschiebung des Linearbewegungselements **6** durch Subtrahieren des Basiswerts $Ps0'$ vom aktuellen Detektionswert Ps des Rotationspositionssensors **29** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem oben erwähnten Koeffizienten $K1$, oder durch Bezug nehmen auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle, um sie zu berechnen. Weiterhin berechnet die Steuervorrichtung **33** die Verschiebung des Stößels **8** durch Subtrahieren des Basiswertes $Ps0'$ vom aktuellen Detektionswert Ps des Hubsensors **34** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem oben erwähnten Koeffizienten $K2$, oder durch Bezug nehmen auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle, um sie zu berechnen. Dann berechnet die Steuervorrichtung **33** die Relativverschiebung $\Delta P'$ zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6** aus einer Differenz zwischen der berechneten Verschiebung des Linearbewegungselementes und der Verschiebung des Stößels **8**

$$(\Delta P' = K1 \cdot (Pm - Pm0') - K2 \cdot (Ps - Ps0')).$$

[0064] Danach berechnet die Steuervorrichtung **33** die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6**, basierend auf der Position, die der Stößel **8** erreicht, nachdem er aus der Stempelbasisposition um die oben erwähnte vorbestimmte Distanz ΔT (siehe [Fig. 2B](#)) relativ zum Linearbewegungselement **6** bewegt worden ist ($\Delta P = \Delta P' - \Delta T = K1 \cdot (Pm - Pm0') - K2 \cdot (Ps - Ps0') - \Delta T$). Die Steuervorrichtung **33** steuert einen Betrieb des Elektromotors, basierend auf der so erhaltenen Relativverschiebung ΔP .

[0065] Die Steuervorrichtung **33** kann direkt detektieren, dass das Linearbewegungselement **6** an der Linearbewegungselement-Basisposition lokalisiert ist, basierend auf dem Detektionswert des Rückkehrpositionssensors **35**, oder kann dies indirekt detektieren, durch Selektieren eines nicht gebremsten Zustands beispielsweise daraus, ob der Bremsschalter (Bremspedalsensor) **32** ein- oder ausgeschaltet ist, oder ob dem Elektromotor **3** Strom zugeführt wird. Weiterhin kann die Steuervorrichtung **33** direkt detektieren, dass der Stößel **8** an der Stempelbasisposition lokalisiert ist, durch Detektieren, ob der Bremsschalter (Bremspedalsensor) **32** ein- oder ausgeschaltet ist, oder kann das indirekt durch Detektieren eines nicht gebremsten Zustandes beispielsweise aus der Detektion des Rückkehrpositionssensors **35** oder ob dem Elektromotor **3** Strom zugeführt wird, detektieren.

[0066] Als Nächstes wird ein Beispiel eines Steuerablaufs zum Durchführen der Steuerung gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#) beschrieben. In [Fig. 8](#) stellt die Steuervorrichtung **33** in Schritt S101 vorbestimmte Anfangswerte am Rotationspositionssensor **29** und dem Hubsensor **34** ein und stellt das Referenzwerteinstellflag rück. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S102 fort. In Schritt S102 bestimmt die Steuervorrichtung **33**, ob das Referenzwerteinstellflag gesetzt ist. Falls das Referenzwerteinstellflag ungesetzt ist, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S103 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** den Referenzwert speichert. Falls andererseits das Referenzwerteinstellflag gesetzt ist, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S105 fort.

[0067] In Schritt S103 bestimmt die Steuervorrichtung **33**, ob das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** jeweils an der Linearbewegungselement-Basisposition bzw. der Stempel-Basisposition lokalisiert sind, basierend auf den entsprechenden Basispositionsbestimmungsflags. Spezifischer kann diese Bestimmungsverarbeitung beispielsweise anhand des in [Fig. 9](#) bis [Fig. 13](#) gezeigten Steuerablaufs durchgeführt werden. Im in [Fig. 9](#) gezeigten Bewertungsprozess bestimmt in Schritt S201 die Steuervorrichtung **33**, ob der Bremspedalsensor **32** detektiert, dass das Bremspedal **7** gedrückt wird. Falls der Bremspedalsensor **32** nicht detektiert, dass das Bremspedal **7** gedrückt wird, bestimmt die Steuervorrichtung, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** jeweils an der Linearbewegungselement-Basisposition und der Stempel-Basisposition lokalisiert sind und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S202 fort. In Schritt S202 setzt die Steuervorrichtung **33** das Basispositionsbestimmungsflag auf 1. Falls andererseits der Bremspedalsensor **32** detektiert, dass das Bremspedal **7** gedrückt wird, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** nicht an ihren

jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S203 fort. In Schritt S203 setzt die Steuervorrichtung das Basispositions-Bestimmungsflag auf 0 rück. Der Bremspedalsensor **32** detektiert die Position des Stößels **8** durch das Bremspedal **7** und den Eingabestab **28** und daher mag es sein, dass dieses Verfahren nicht in der Lage ist, eine hohe Detektionsgenauigkeit aufrecht zu erhalten.

[0068] In einem in [Fig. 10](#) gezeigten Beispiel bestimmt in Schritt S301 die Steuervorrichtung **33**, ob der Rückkehrpositionssensor **35** detektiert, dass das Linearbewegungselement **6** an der zurückgezogenen Position lokalisiert ist. Falls der Rückkehrpositionssensor **35** detektiert, dass das Linearbewegungselement **6** an der rückgezogenen Position lokalisiert ist, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind, und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S302 fort. In Schritt S302 setzt die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 1. Falls andererseits der Rückkehrpositionssensor **35** nicht detektiert, dass das Linearbewegungselement **6** an der rückgezogenen Position lokalisiert ist, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** nicht an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert ist und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S303 fort. In Schritt S303 setzt die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 0 zurück. In diesem Beispiel kann der Rückkehrpositionssensor **35** direkt die Position des Linearbewegungselements **6** detektieren und daher kann eine höhere Detektionsgenauigkeit im Vergleich zur sich auf den Bremspedalsensor **32** stützenden Detektion erwartet werden.

[0069] Ein in [Fig. 11](#) gezeigtes Beispiel ist eine Kombination der Bestimmung, die sich auf den in [Fig. 9](#) gezeigten Bremspedalsensor **32** stützt, und der Bestimmung, die sich auf den in [Fig. 10](#) gezeigten Rückkehrpositionssensor **35** stützt. Falls der Rückkehrpositionssensor **35** in Schritt S401 detektiert, dass das Linearbewegungselement **6** an seiner Basisposition lokalisiert ist, und der Bremspedalsensor **32** in Schritt S402 nicht detektiert, dass das Bremspedal **7** heruntergedrückt wird, bestimmt die Steuervorrichtung, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S403 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 1 setzt. Falls die Bedingung von Schritt S401 und/oder die Bedingung von S402 nicht erfüllt sind, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass der Stößel **8** und das Linearbewegungselement **6** nicht an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind und die Verarbeitung schreitet zu Schritt S404 fort. In Schritt S404 setzt die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag

auf 0 zurück. In diesem Beispiel trifft die Steuervorrichtung **33** eine Bestimmung, basierend auf den Zuständen der zwei Sensoren, wodurch die Detektionsgenauigkeit verbessert werden kann.

[0070] In einem in [Fig. 12](#) gezeigten Beispiel nimmt in Schritt S501 die Steuervorrichtung eine Bestimmung vor, basierend darauf, ob dem Elektromotor Strom zugeführt wird. Falls dem Elektromotor kein Strom zugeführt wird, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S502 fort. In Schritt S502 setzt die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 1. Falls dem Elektromotor Strom zugeführt wird, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** nicht an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind und setzt dann das Basispositions-Bestimmungsflag in Schritt S503 auf 0. Weiterhin bestimmt in einem in [Fig. 13](#) gezeigten Beispiel die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren entsprechenden Basispositionen lokalisiert sind, basierend darauf, ob dem Elektromotor **3** über einen vorbestimmten Zeitraum Strom zugeführt wird. Spezifischer überprüft in Schritt S601 die Steuervorrichtung **33** den Stromzufuhrzustand des Elektromotors **3**. Falls dem Elektromotor **3** kein Strom zugeführt wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S602 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** einen Keine-Stromzufuhr-Zeitmess-Timer inkrementiert und dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S603 fort. In Schritt S603 wartet die Steuervorrichtung **33**, bis der Wert des Keine-Stromzufuhr-Zeitmess-Timers einen vorbestimmten Wert überschreitet. Wenn der Wert des Keine-Stromzufuhr-Zeitmess-Timers den vorbestimmten Wert übersteigt, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass dem Elektromotor **3** über eine vorbestimmte Zeit kein Strom zugeführt wurde, und dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S604 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 1 setzt. Falls die Steuervorrichtung **33** in Schritt S601 bestimmt, dass dem Elektromotor Strom zugeführt wird, bevor der Wert des Keine-Stromzufuhr-Zeitmess-Timers den vorbestimmten Wert in Schritt S603 übersteigt, bestimmt die Steuervorrichtung **33**, dass das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** nicht an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind und die Verarbeitung schreitet zu Schritt S603 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** das Basispositions-Bestimmungsflag auf 0 rücksetzt. In diesem Beispiel ist es weiter möglich, genau zu bestimmen, ob das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind, selbst in einer Umgebung, die zu einem Problem mit der Rückführ-Charakteristik des Linearbewegungselements **6**

führen könnte, wie etwa einer niedrigen Temperatur. Alternativ kann die Steuervorrichtung **33** irgendeine Kombination der in den [Fig. 9](#) bis [Fig. 13](#) gezeigten Bestimmungsprozesse verwenden.

[0071] Rückkehrend zum Flussdiagramm von [Fig. 8](#), schreitet in Schritt S103, falls das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind, die Verarbeitung zu Schritt S104 fort. In Schritt S104 speichert die Steuervorrichtung **33** den Detektionswert des Rotationspositionssensors **29** zu dieser Zeit als den Basiswert $Pm0'$, speichert den Detektionswert des Hubsensors **34** zu dem Zeitpunkt als den Basiswert $Pm0'$ und setzt das Referenzwerteinstellflag. Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S105 fort. Falls andererseits das Linearbewegungselement **6** und der Stößel **8** nicht an ihren jeweiligen Basispositionen lokalisiert sind, schreitet die Verarbeitung direkt zu Schritt S105 fort.

[0072] In Schritt S105 bestimmt die Steuervorrichtung **33**, ob das Bremspedal **7** betätigt wird. Falls das Bremspedal **7** nicht gedrückt und betätigt wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S113 fort, in welchem die Steuervorrichtung **33** die Stromzufuhr an den Elektromotor **3** stoppt, oder einen solchen Zustand aufrecht erhält, bei welchem dem Elektromotor **3** kein Strom zugeführt wird, und dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S102 zurück. Falls das Bremspedal **7** aktuell betätigt wird, schreitet die Verarbeitung zu Schritt S106 fort. In Schritt S106 berechnet die Steuervorrichtung die Verschiebung des Linearbewegungselements **6** durch Subtrahieren des Basiswerts $Ps0'$ vom aktuellen Detektionswert Ps des Rotationspositionssensors **29** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem oben erwähnten Koeffizienten $K1$, oder durch Referenzieren auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle und seine Berechnung. Weiterhin berechnet die Steuervorrichtung **33** die Verschiebung des Stößels **8** durch Subtrahieren des Basiswertes $Ps0'$ vom aktuellen Detektionswert Ps des Hubsensors **34** und dann Multiplizieren des sich ergebenden Wertes mit dem oben erwähnten Koeffizienten $K2$, oder durch Bezug nehmen auf die vorbestimmte Umwandlungstabelle und dann ihre Berechnung. Dann berechnet die Steuervorrichtung **33** die Relativverschiebung $\Delta P'$ zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6** aus der Anfangsposition durch Berechnen einer Differenz zwischen der so erhaltenen Verschiebung des Linearbewegungselements **6** und der Verschiebung des Stößels **8** ($\Delta P' = K1 \cdot (Pm - Pm0') - K2 \cdot (Ps - Ps0')$).

[0073] Weiterhin berechnet die Steuervorrichtung **33** die Relativverschiebung ΔP zwischen dem Stößel **8** und dem Linearbewegungselement **6**, basierend auf deren Position, welche der Stößel **8** dadurch erreicht, dass er um die oben erwähnte vorbestimmte Distanz ΔT (siehe [Fig. 2](#)) ab der Stempel-Basisposition relativ zum Linearbewegungselement **6** vorwärts be-

wegt wird ($\Delta P = \Delta P' - \Delta T = K1 \cdot (Pm - Pm0') - K2 \cdot (Ps - Ps0') - \Delta T$). Dann schreitet die Verarbeitung zu Schritt S107 fort. Vom Schritt S107 zum Schritt S112 führt die Steuervorrichtung **33** dieselbe Verarbeitung wie die in [Fig. 3](#) gezeigte Steuerung durch, basierend auf dem so berechneten ΔP . Dann kehrt die Verarbeitung zu Schritt S2 zurück. Auf diese Weise kann die Steuervorrichtung **33** dieselbe Steuerung wie bei der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform durchführen.

[0074] Statt der Berechnung der Relativverschiebung $\Delta P'$ unter Verwendung des Rotationspositionssensors **29** und des Hubsensors **34** kann die vorliegenden Ausführungsform weiterhin den Relativverschiebungssensor **30** beinhalten und kann direkt die Relativverschiebung $\Delta P'$ detektieren, wie im Falle der ersten Ausführungsform. In diesem Fall detektiert die Steuervorrichtung **33** die Basispositionen des Linearbewegungselements **6** und des Stößels **8** unter Verwendung des Bremspedalsensors **32** und des Rückkehrpositionssensors **35**, speichert die Steuervorrichtung **33** den Detektionswert des Relativverschiebungssensors **30** als den Basiswert und detektiert die Relativverschiebung $\Delta P'$.

[0075] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Einstellen der Eingabe/Ausgabe-Charakteristik des elektrischen Verstärkers **1** unter Bezugnahme auf die [Fig. 14](#) bis [Fig. 16](#) beschrieben. Ein Beispiel der Eingabe/Ausgabe-Charakteristik des elektrischen Verstärkers **1** wird unter Bezugnahme auf [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) beschrieben. Der elektrische Verstärker **1** hat die folgende Eingabe/Ausgabe-Charakteristik. Wenn der Stößel **8** aus der Anfangsposition um die Distanz ΔT (siehe [Fig. 2B](#)) relativ zum Linearbewegungselement **6** beim Drücken des Bremspedals **7** verschoben wird, um die Referenzposition zu erreichen, startet die Steuervorrichtung **33** die Steuerung eines Betriebs des Elektromotors **3**. Im frühen Stadium eines Bremsvorgangs gestattet das Vorhandensein des Raums **C1** zwischen dem Stößel **8** und dem Reaktionselement **11** (siehe [Fig. 14B](#)) dem Stößel **8**, bewegt zu werden, ohne eine Reaktionskraft aus dem Reaktionselement **11** aufzunehmen, wodurch eine sogenannte Einsprung-Charakteristik gezeigt wird, um einen raschen Anstieg bei der Ausgabe (Bremskraft) zu realisieren (siehe Timing "A" in [Fig. 15](#)). Danach wird eine zur Eingabe im Verstärkungsverhältnis proportionale Abgabe gemäß dem Verhältnis der Druckaufnahme-Fläche **A1** des Linearbewegungselements **6** und dem Druckaufnahme-Verhältnis **A2** des Stößels **8** zum Reaktionselement **11** erzeugt (siehe durchgezogene Linie in [Fig. 15](#)).

[0076] Zu dieser Zeit, falls der Raum **C1** zwischen dem Reaktionselement **11** und dem Stößel **8** kleiner als die in [Fig. 14B](#) gezeigte vorbestimmte Größe ist (siehe [Fig. 14A](#)), stößt der Stößel **8** am Reaktionselement **11** früher an, was zu einer Reduktion bei der

Abgabe während der Einsprunperiode führt (siehe unterbrochene Linie in [Fig. 15](#)). Falls andererseits der Raum C1 größer ist (siehe [Fig. 14C](#)), wird der Stößel 8 beim Anschlagen gegen das Reaktionselement 11 verzögert, was zu einem Ansteigen bei der Abgabe während der Einsprunperiode führt (siehe Strichpunktlinie in [Fig. 15](#)). Auf diese Weise variiert die Eingabe/Ausgabe-Charakteristik abhängig von der Präzision des Raums C1.

[0077] Die vorliegende Ausführungsform stellt die Eingabe/Ausgabe-Charakteristik des elektrischen Verstärkers 1 unter Verwendung einer in [Fig. 16](#) gezeigten Einstellvorrichtung 36 ein. Wie in [Fig. 16](#) gezeigt, beinhaltet die Einstellvorrichtung 36 eine Schubkraft-Erzeugungseinheit 37, die konfiguriert ist, eine gewünschte Schubkraft dem Eingabestab 28 des elektrischen Verstärkers 1 bereitzustellen, eine Schubkraft-Messeinheit 38, die konfiguriert ist, eine Abgabe des Ausgabestabs 10 zu messen, und eine Einstelleinheit 39, die konfiguriert ist, die Eingabe/Ausgabe-Charakteristik des elektrischen Verstärkers 1 zu erhalten, und basierend auf der Schubkraft der Schubkraft-Erzeugungseinheit 37 und der durch die Schubkraft-Messeinheit 38 gemessenen Schubkraft, um einen Korrekturbetrag zu bestimmen.

[0078] Die Einstelleinheit 39 stellt eine vorbestimmte Schubkraft (Eingabe) dem elektrischen Verstärker 1 unter Verwendung der Schubkraft-Erzeugungseinheit 37 bereit und misst dessen Abgabe unter Verwendung der Schubkraft-Messeinheit 38. Zu dieser Zeit, wie in [Fig. 15](#) gezeigt, falls der Raum C1 zwischen dem Reaktionselement 11 und dem Stößel 8 kleiner als der vorbestimmte Wert ist, führt eine vorgegebene Eingabe B zu einer kleiner Ausgabe B1 als einer vorbestimmten Ausgabe 30. Falls andererseits der Raum C1 größer als der vorbestimmte Wert ist, führt die vorbestimmte Eingabe B zu einer größeren Ausgabe B2 als der vorbestimmten Ausgabe 30. Daher bestimmt die Einstelleinheit 39 einen Korrekturbetrag an der Relativverschiebung ΔP , die durch den Relativverschiebungssensor 30 auszugeben ist (oder in den zweiten und dritten Ausführungsformen berechnet wird) demgemäß, ob die Ausgabe größer oder kleiner ist, so dass eine tatsächliche Ausgabe gleich der vorbestimmten Ausgabe B0 sein kann, und schreibt dann den Korrekturbetrag in einen nicht-flüchtigen Speicher 33A, der eine Speichereinheit der Steuervorrichtung 33 ist. Die Steuervorrichtung 33 steuert einen Betrieb des Elektromotors, basierend auf der Relativverschiebung ΔP , die um den gespeicherten Korrekturbetrag korrigiert ist.

[0079] Im Ergebnis ist es möglich, eine Nachmontage-Einstellung der Variation der Eingabe/Ausgabe-Charakteristika von individuellen elektrischen Verstärkern 1 aufgrund beispielsweise von Differenzen bei der Abmessungspräzision der jeweiligen Teile und der Abmessungspräzision der Installationsposi-

tionen von verschiedenen Sensoren und Schaltern durchzuführen, wodurch die Steuergenauigkeit verbessert wird. Das oben beschriebene Verfahren kann auch auf den elektrischen Verstärker 1 gemäß der zweiten oder dritten Ausführungsform angewendet werden, indem ein Korrekturbetrag für die berechnete Relativverschiebung ΔP bestimmt wird und er in der Speichereinheit der Steuervorrichtung 33 gespeichert wird.

[0080] Die oben beschriebenen ersten bis dritten Ausführungsformen verwenden ein Reaktionselement 11, das ein elastisches Element ist, als einen Schubkraft-Übertragungsmechanismus (sogeannter Reaktionsscheibenverstärker). Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf begrenzt und kann auch auf einen sogenannten Hebeltyp-Verstärker angewendet werden. Weiterhin kann die vorliegende Erfindung auch auf einen Verstärker angewendet werden, der so konfiguriert ist, dass ein Kolben (mit einem großen Druckaufnahmebereich), der durch einen Aktuator zu treiben ist, als ein Verstärkungselement, und einen Eingabekolben, der durch ein Bremspedal zu treiben ist, als ein Eingabeelement, durch einen Hauptzylinder eingeführt sind, und eine Reaktionskraft direkt aus dem Eingabekolben, der zu Bremsfluid im Hauptzylinder weist, an das Bremspedal rückgekoppelt wird. Weiterhin ist in den oben beschriebenen Ausführungsformen das Reaktionselement 11 in der Großdurchmesserbohrung 24 des Linearbewegungselements 6 enthalten. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Das Reaktionselement 11 kann in einem am Ende des Ausgabestabs 10 ausgebildeten becherartigen Bereich enthalten sein, der zum Linearbewegungselement 6 weist, so dass das Vorderende des Linearbewegungselements 6 und das Vorderende des Stößels 8 am Reaktionselement 11 anstoßen.

[0081] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet der Verstärker ein Eingabeelement, das dafür konfiguriert ist, anhand einer Betätigung eines Bremspedals vorwärts oder rückwärts bewegt zu werden, ein Verstärkungselement, das angeordnet ist, relativ zum Eingabeelement beweglich zu sein, einen Aktuator, der konfiguriert ist, das Verstärkungselement anzutreiben, einen Schubkraft-Übertragungsmechanismus, der konfiguriert ist, eine Schubkraft des Eingabeelements und des Verstärkungselements auf einen Hauptzylinder zu übertragen, und eine Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder an das Eingabeelement und das Verstärkungselement bei einem vorbestimmten Verhältnis zu übertragen, einen Relativverschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement zu detektieren, eine Steuervorrichtung, die konfiguriert ist, einen Betrieb des Aktuators, basierend auf der durch den Relativverschiebungsdetektor detektierten Relativverschiebung, zu steuern, und

einen Referenzpositionsdetektor, der konfiguriert ist, zu detektieren, dass eine Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit einer vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt. Diese Konfiguration kann die Steuergenauigkeit des Verstärkers verbessern und stabile Eingabe/Ausgabe-Charakteristik bereitstellen.

[0082] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen Ausführungsformen speichert die Steuervorrichtung einen Detektionswert des Relativverschiebungsdetektors als einem Relativverschiebungs-Referenzwert, wenn der Referenzpositionsdetektor detektiert, dass die Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit der vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt, und bestimmt die Steuervorrichtung die Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement, basierend auf dem Relativverschiebungs-Referenzwert. Diese Konfiguration kann einen Einfluss von beispielsweise einer Signaldrift des Relativverschiebungsdetektors aufgrund einer Temperaturänderung reduzieren, um die Steuergenauigkeit zu verbessern und eine stabile Steuerung bereitstellen.

[0083] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet der Schubkraft-Übertragungsmechanismus ein Schubkraft-Übertragungselement, das mit dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement in Eingriff zu bringen ist, um die Relativverschiebung dazwischen zu gestatten, und einen Hydraulikdruck-Erzeugungsmechanismus, der konfiguriert ist, einen Hydraulikdruck im Hauptzylinder durch die aus dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement an den Schubkraft-übertragungsmechanismus übertragene Schubkraft zu erzeugen.

[0084] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen ersten Ausführungsform umfasst der Referenzpositionsdetektor eine Schaltereinheit, die konfiguriert ist, ein- oder auszuschalten, wenn der Referenzpositionsdetektor detektiert, dass die Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit der vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt.

[0085] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen zweiten und dritten Ausführungsformen beinhaltet der Referenzpositionsdetektor einen Eingabeelement-Basispositionsdetektor zum Detektieren, dass das Eingabeelement an einer vorbestimmten Eingabeelement-Basisposition lokalisiert ist, und einen Verstärkungselement-Basispositionsdetektor zum Detektieren, dass das Verstärkungselement an einer vorbestimmten Verstärkerelement-Basisposition lokalisiert ist, und der Referenzpositionsdetektor detektiert die Referenzposition der Relativverschiebung durch Detektieren, dass das Eingabeelement an der Eingabeelement-Basisposition lokalisiert

ist, und Detektieren, dass das Verstärkungselement an der Verstärkungselement-Basisposition lokalisiert ist.

[0086] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen zweiten und dritten Ausführungsformen beinhaltet der Relativverschiebungsdetektor einen Eingabeelement-Verschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Eingabeelementes zu detektieren, und einen Verstärkungselement-Verschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Verstärkungselements zu detektieren, und der Relativverschiebungsdetektor detektiert die Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement, basierend auf der Verschiebung des Eingabeelementes und der Verschiebung des Verstärkungselements.

[0087] Gemäß dem Verstärker der oben beschriebenen zweiten und dritten Ausführungsformen beinhaltet die Steuervorrichtung eine Speichereinheit, die konfiguriert ist, einen Korrekturbetrag an der durch den Relativpositionsdetektor detektierten Relativverschiebung zu speichern.

[0088] Obwohl nur einige beispielhafte Ausführungsformen dieser Erfindung oben detailliert beschrieben worden sind, werden Fachleute leicht erkennen, dass viele Modifikationen an den beispielhaften Ausführungsformen möglich sind, ohne maßgeblich von der neuen Lehre und den Vorteilen dieser Erfindung abzuweichen. Entsprechend sollen alle solchen Modifikationen innerhalb des Schutzbereichs dieser Erfindung beinhaltet sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2009/068404 [[0002](#)]

Patentansprüche**1. Verstärker (1), umfassend:**

ein Eingabeelement (8), das dafür konfiguriert ist, anhand einer Betätigung eines Bremspedals (7) vorwärts oder rückwärts bewegt zu werden, ein Verstärkungselement (6), das angeordnet ist, relativ zum Eingabeelement beweglich zu sein, einen Aktuator (3), der konfiguriert ist, das Verstärkungselement anzutreiben, einen Schubkraft-Übertragungsmechanismus (11), der konfiguriert ist, eine Schubkraft des Eingabeelements und des Verstärkungselements auf einen Hauptzylinder (9) zu übertragen, und eine Reaktionskraft aus dem Hauptzylinder an das Eingabeelement und das Verstärkungselement bei einem vorbestimmten Verhältnis zu übertragen, einen Relativverschiebungsdetektor (30), der konfiguriert ist, eine Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement zu detektieren, eine Steuervorrichtung (33), die konfiguriert ist, einen Betrieb des Aktuators, basierend auf der durch den Relativverschiebungsdetektor detektierten Relativverschiebung, zu steuern, und einen Referenzpositionsdetektor (31), der konfiguriert ist, zu detektieren, dass eine Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit einer vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt.

2. Verstärker gemäß Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung einen Detektionswert des Relativverschiebungsdetektors als einen Relativverschiebungs-Referenzwert speichert, wenn der Referenzpositionsdetektor detektiert, dass die Relativposition des Eingabeelementes zum Verstärkungselement mit der vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt, und die Steuervorrichtung die Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement bestimmt, basierend auf dem Relativverschiebungs-Referenzwert.

3. Verstärker gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Schubkraft-Übertragungsmechanismus ein Schubkraft-Übertragungselement, das mit dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement in Eingriff zu bringen ist, um die Relativverschiebung dazwischen zu gestatten, und einen Hydraulikdruck-Erzeugungsmechanismus, der konfiguriert ist, einen Hydraulikdruck im Hauptzylinder durch die aus dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement an den Schubkraft-Übertragungsmechanismus übertragene Schubkraft zu erzeugen, beinhaltet.

4. Verstärker gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Referenzpositionsdetektor eine Schaltereinheit umfasst, die konfiguriert ist, ein- oder auszuschalten, wenn der Referenzpositionsdetektor detektiert, dass die Relativposition des Eingabeelemen-

tes zum Verstärkungselement mit der vorbestimmten Referenzposition übereinstimmt.

5. Verstärker gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Referenzpositionsdetektor einen Eingabeelement-Basispositionsdetektor zum Detektieren, dass das Eingabeelement an einer vorbestimmten Eingabeelement-Basisposition lokalisiert ist, und einen Verstärkungselement-Basispositionsdetektor zum Detektieren, dass das Verstärkungselement an einer vorbestimmten Verstärkerelement-Basisposition lokalisiert ist, beinhaltet, und der Referenzpositionsdetektor die Referenzposition der Relativverschiebung durch Detektieren, dass das Eingabeelement an der Eingabeelement-Basisposition lokalisiert ist, und Detektieren, dass das Verstärkungselement an der Verstärkungselement-Basisposition lokalisiert ist, detektiert.

6. Verstärker gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Relativverschiebungsdetektor einen Eingabeelement-Verschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Eingabeelements zu detektieren, und einen Verstärkungselement-Verschiebungsdetektor, der konfiguriert ist, eine Verschiebung des Verstärkungselements zu detektieren, beinhaltet, und der Relativverschiebungsdetektor die Relativverschiebung zwischen dem Eingabeelement und dem Verstärkungselement detektiert, basierend auf der Verschiebung des Eingabeelements und der Verschiebung des Verstärkungselements.

7. Verstärker gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuervorrichtung eine Speichereinheit beinhaltet, die konfiguriert ist, einen Korrekturbetrag an der durch den Relativpositionsdetektor detektierten Relativverschiebung zu speichern.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

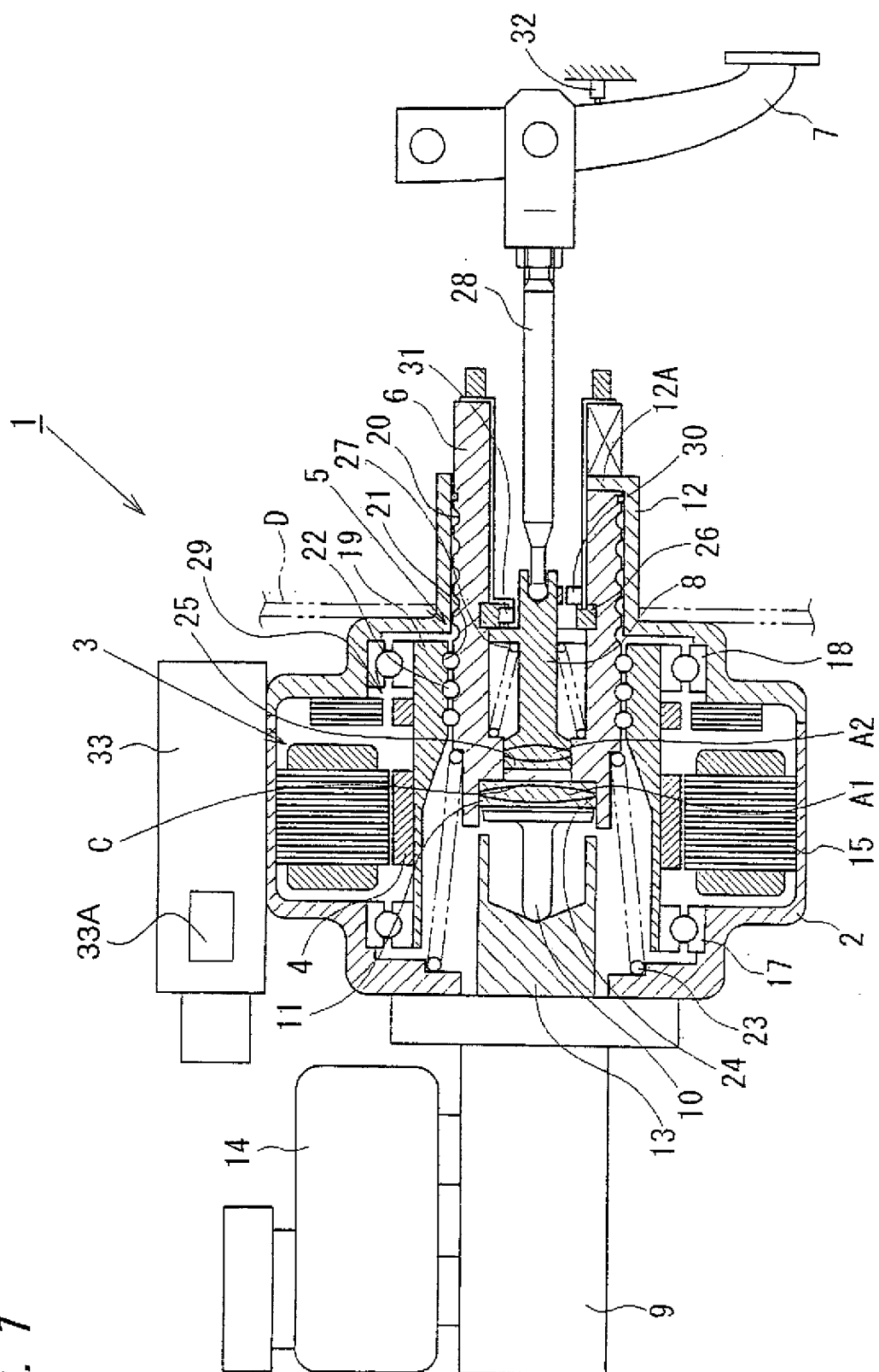


Fig. 2A KEINE BREMS-
ANWENDUNG
(RÜCKZUGS-
GRENZE)

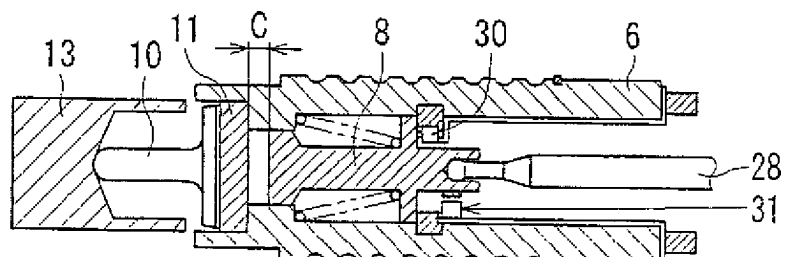


Fig. 2B START DES
TRETENS DES
BREMSPEDALS
(DETEKTIERE
REFERENZ-
POSITION)
SPEICHERE P0

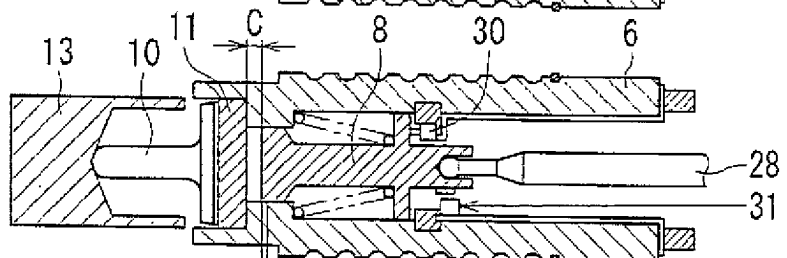


Fig. 2C BERECHNE ΔP
STEUERE
MOTOR
BEWEGE
VORWÄRTS

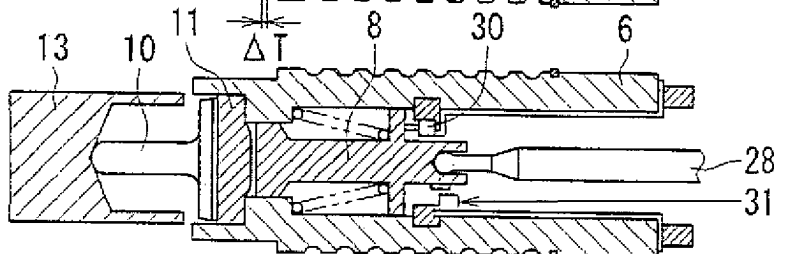


Fig. 2D BEWEGE
VORWÄRTS

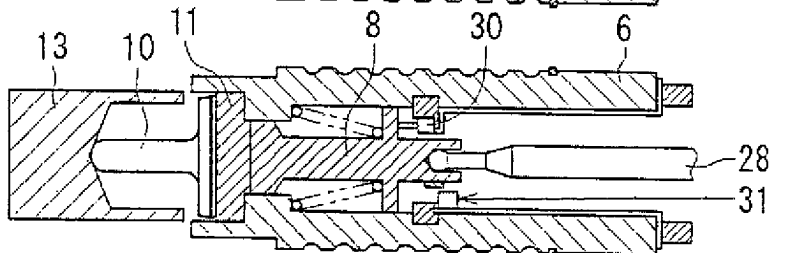


Fig. 2E HALTE
POSITION
AUFRECHT

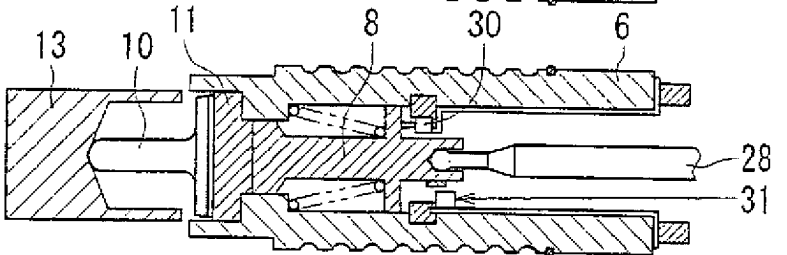


Fig. 2F BEWEGE
RÜCKWÄRTS

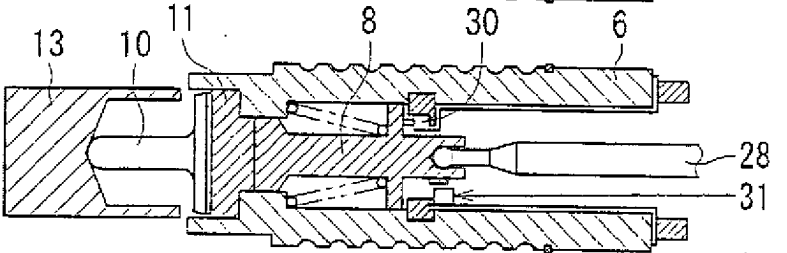


Fig. 3

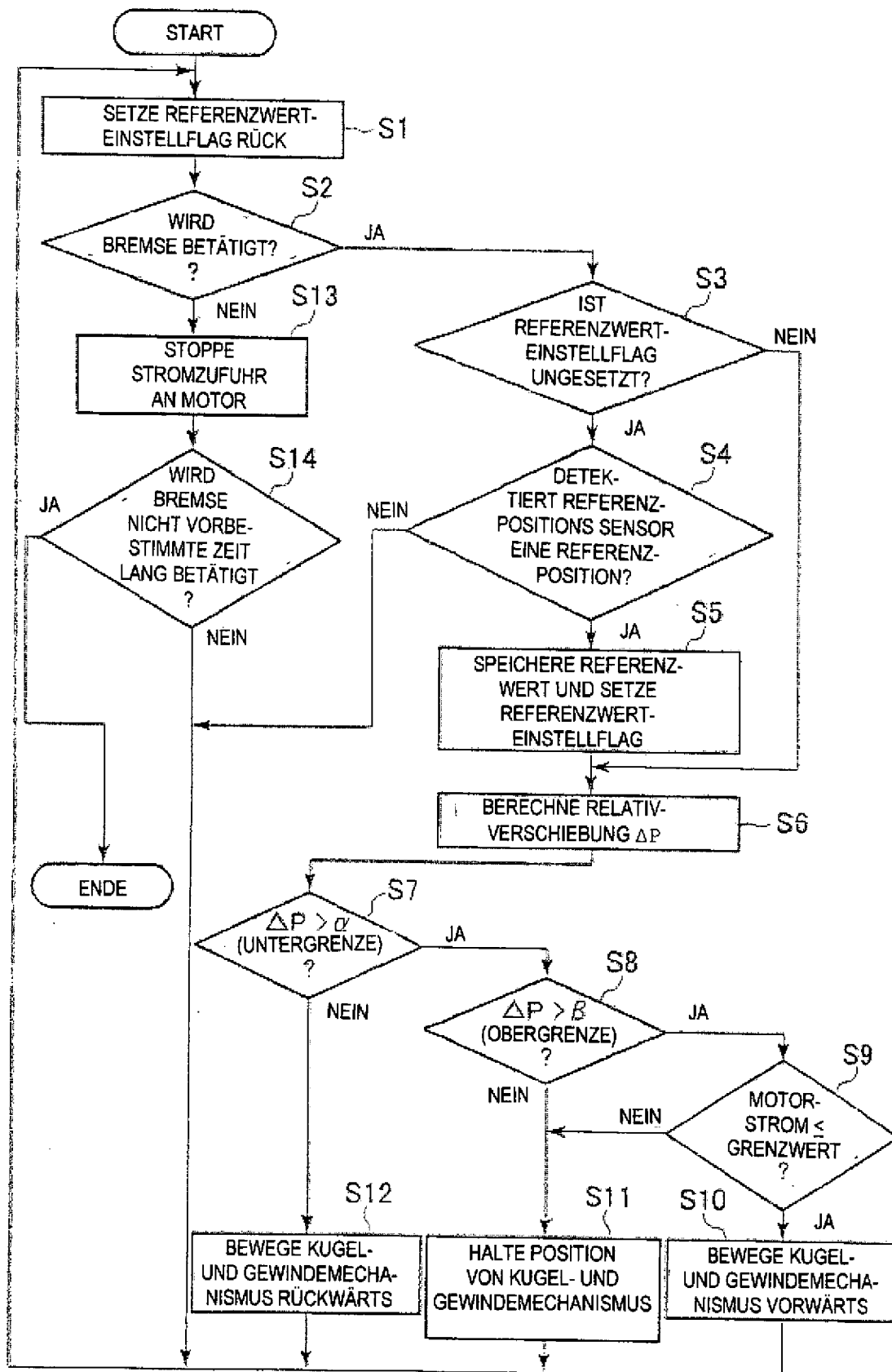


Fig. 4

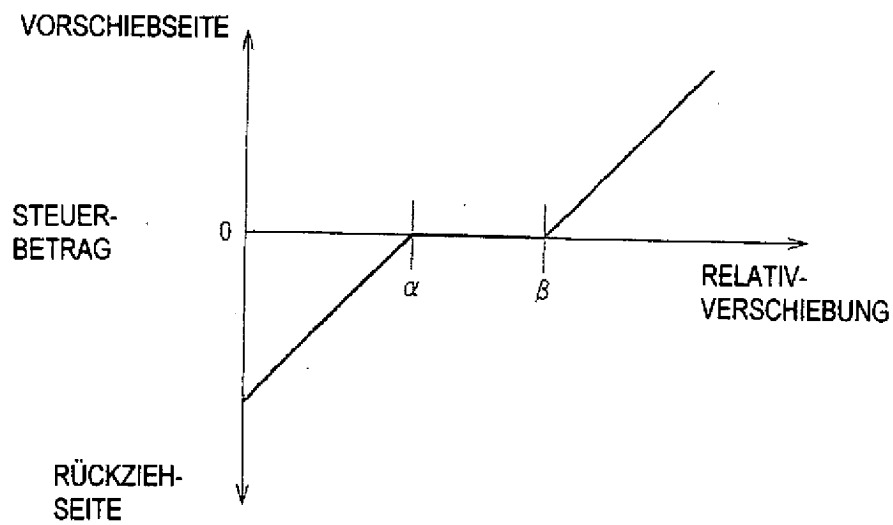


Fig. 5

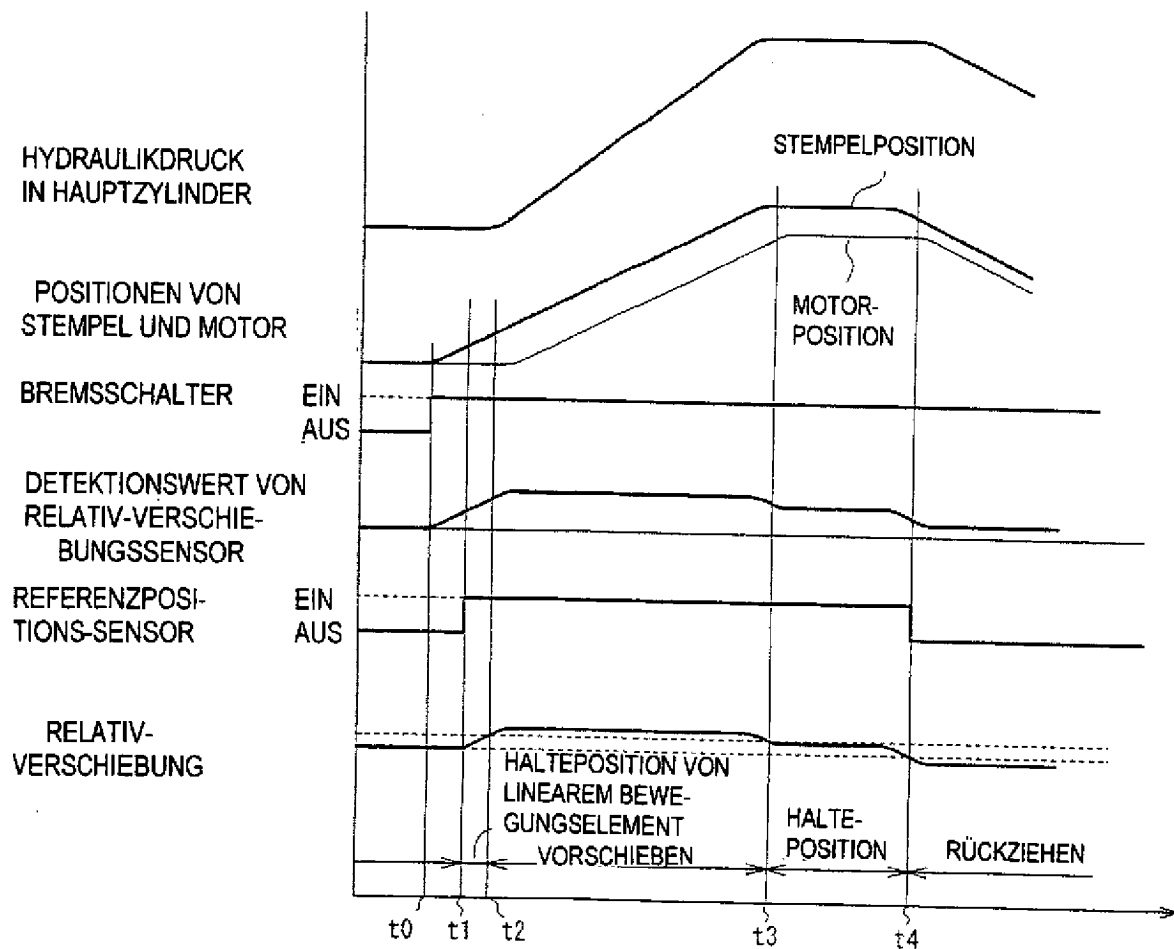


Fig. 6

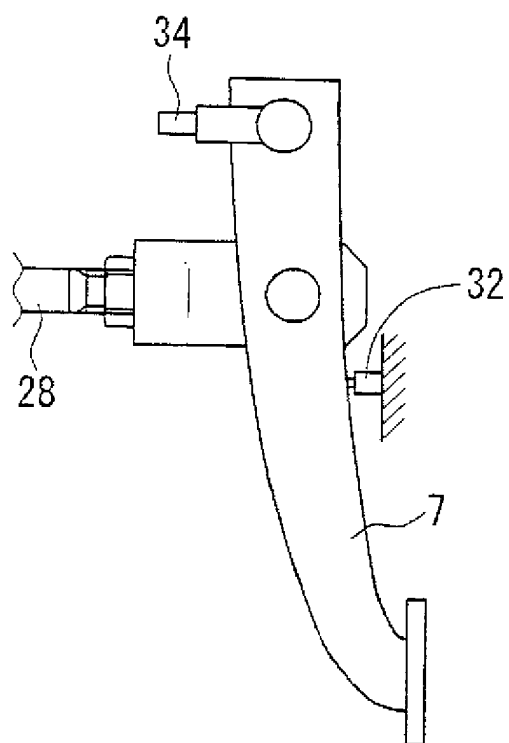


Fig. 7

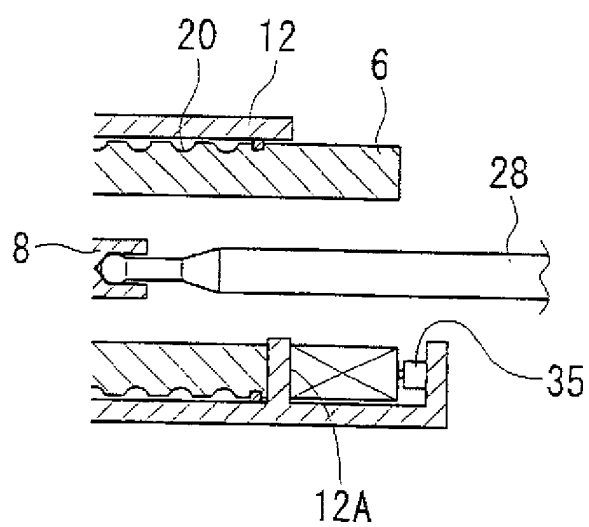


Fig. 8

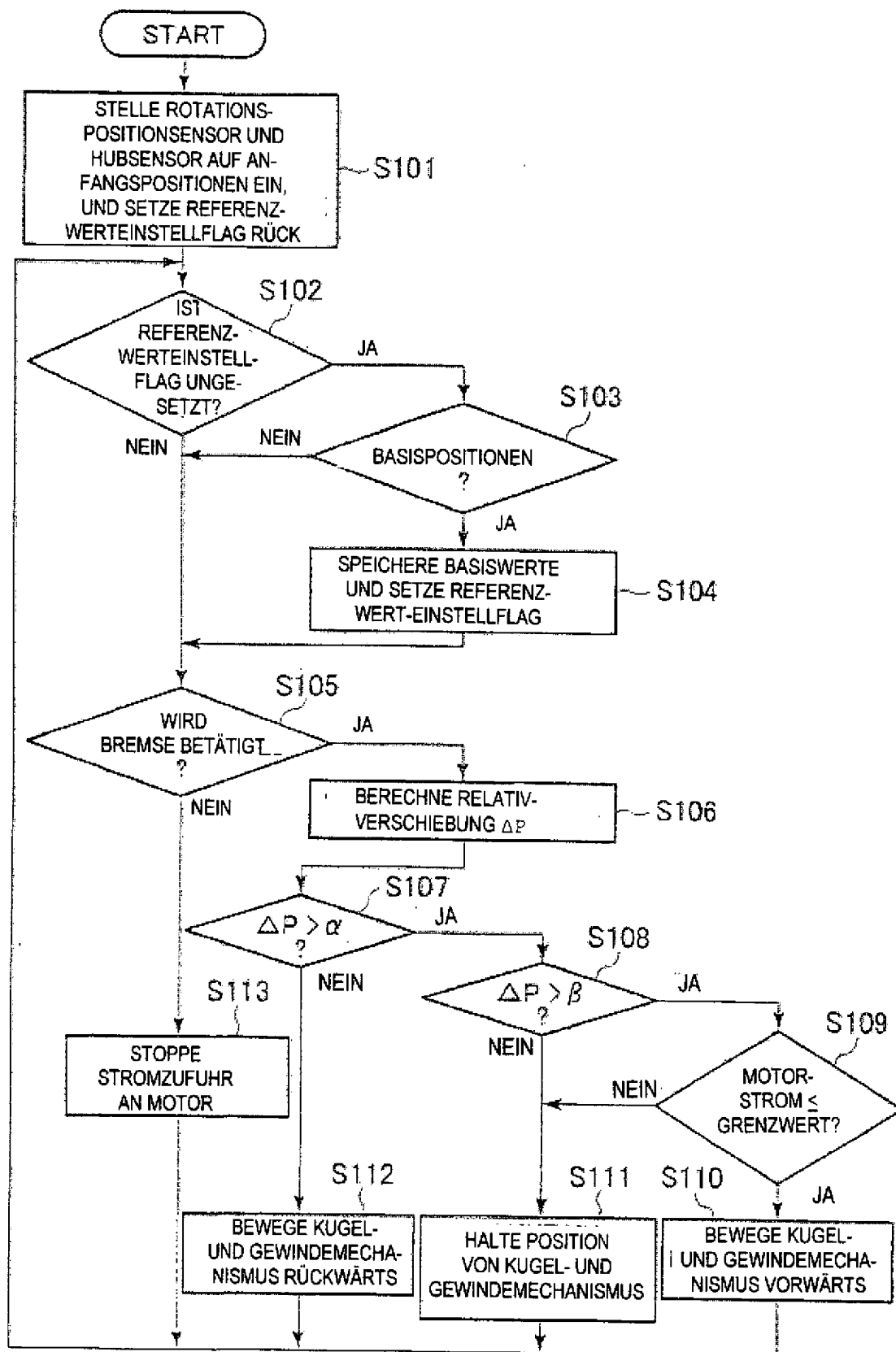


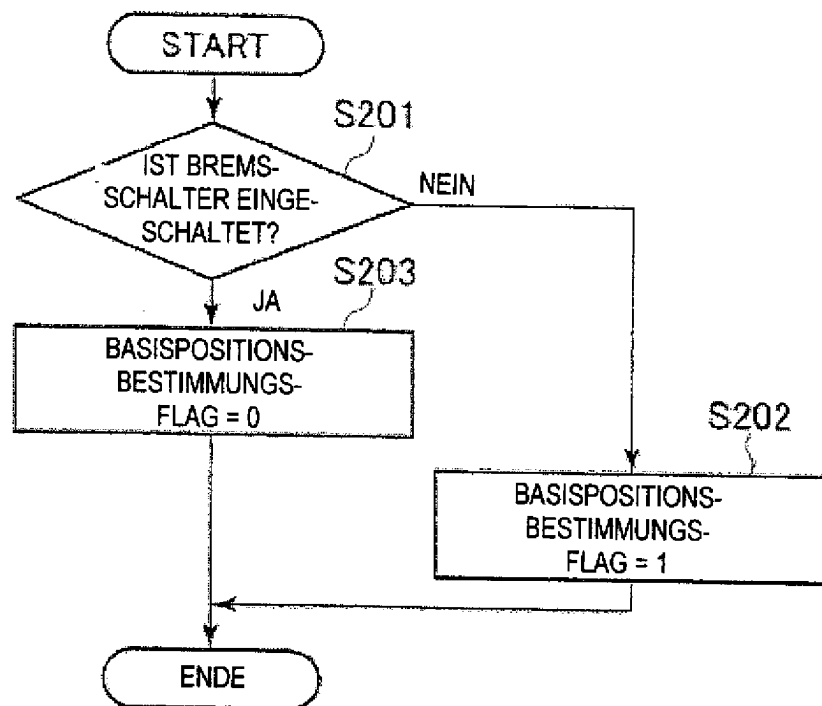
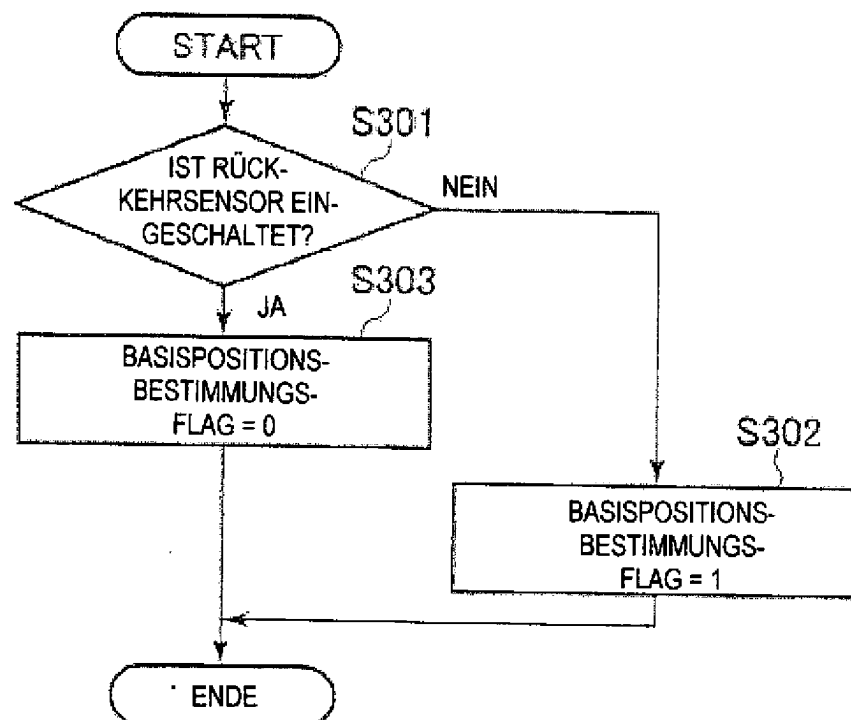
Fig. 9*Fig. 10*

Fig. 11

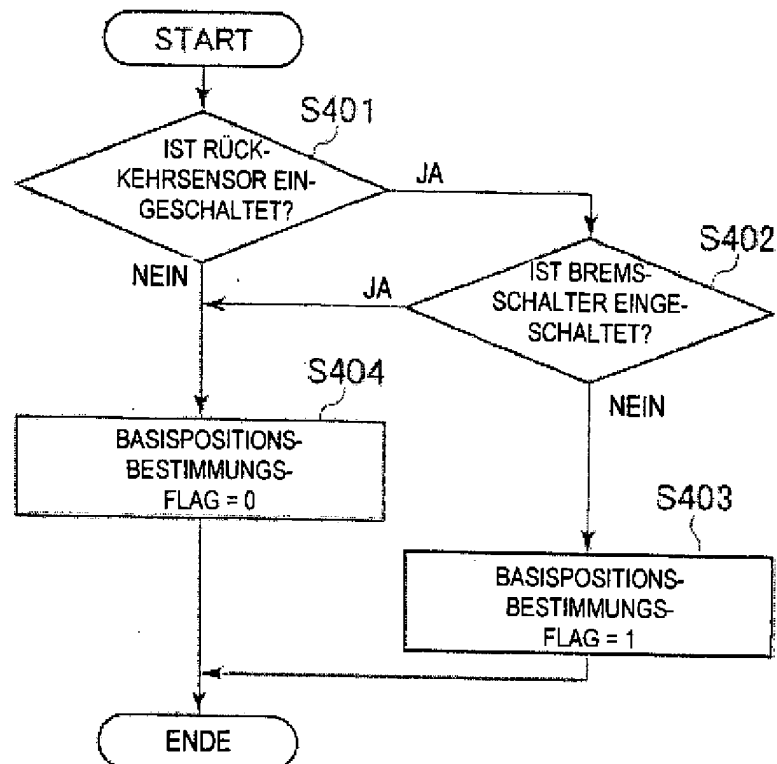


Fig. 12

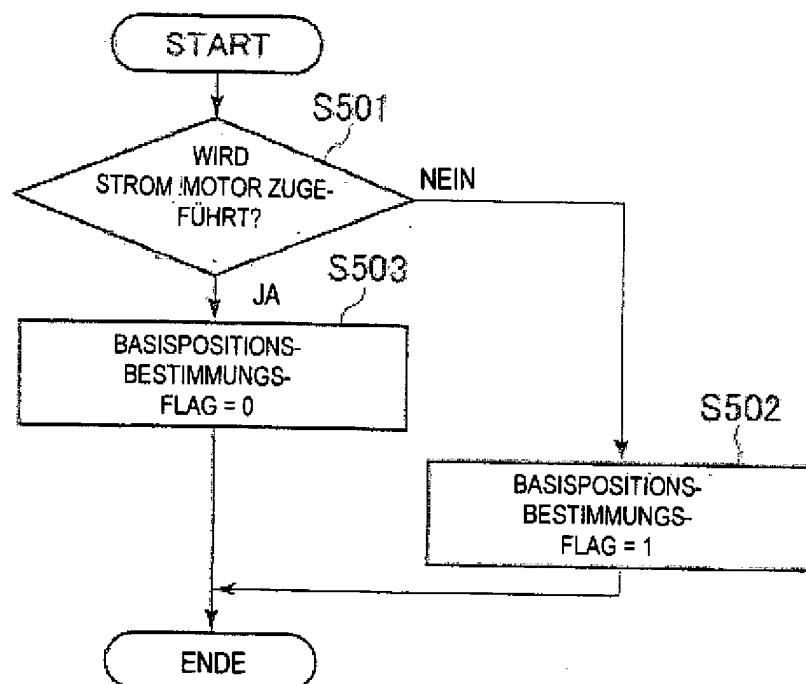
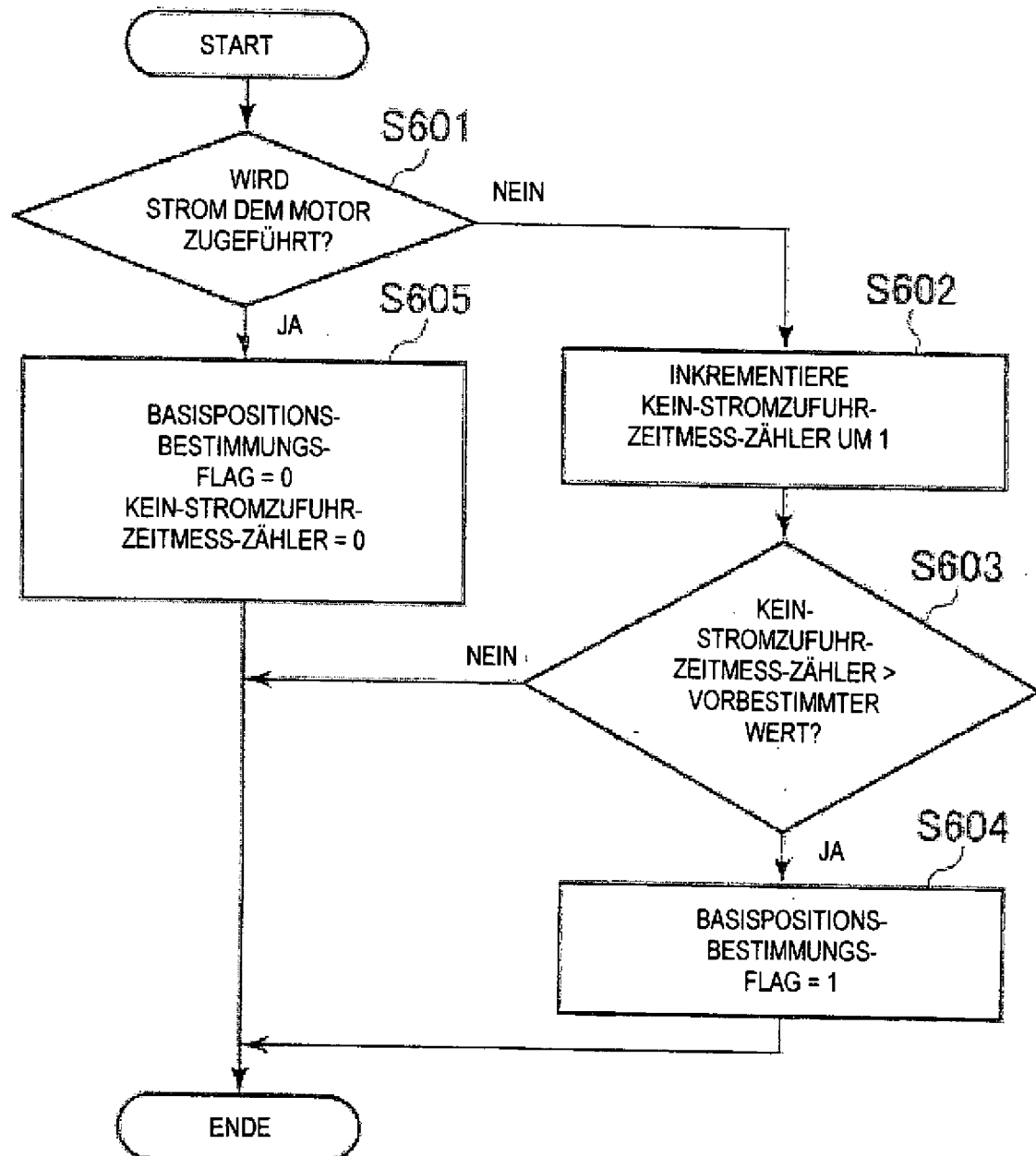


Fig. 13



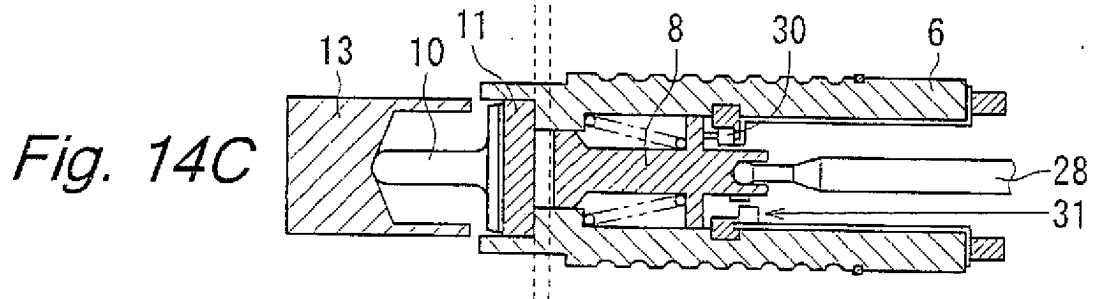
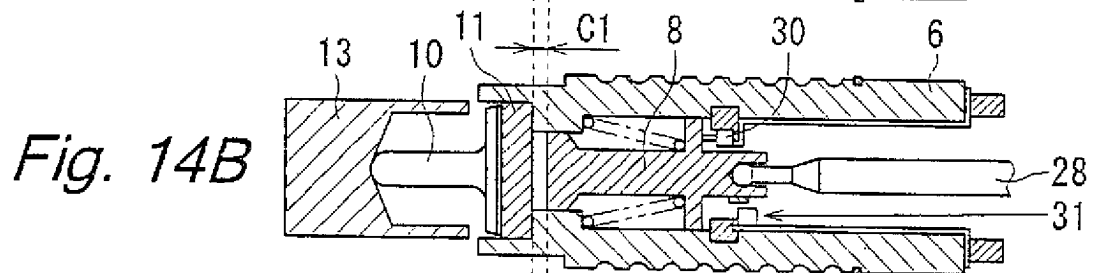
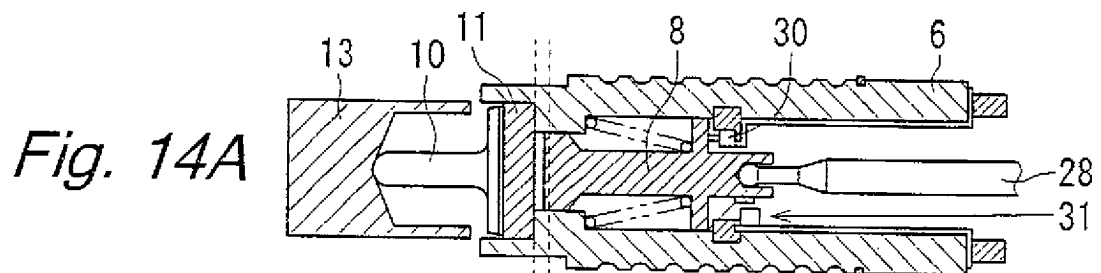


Fig. 15

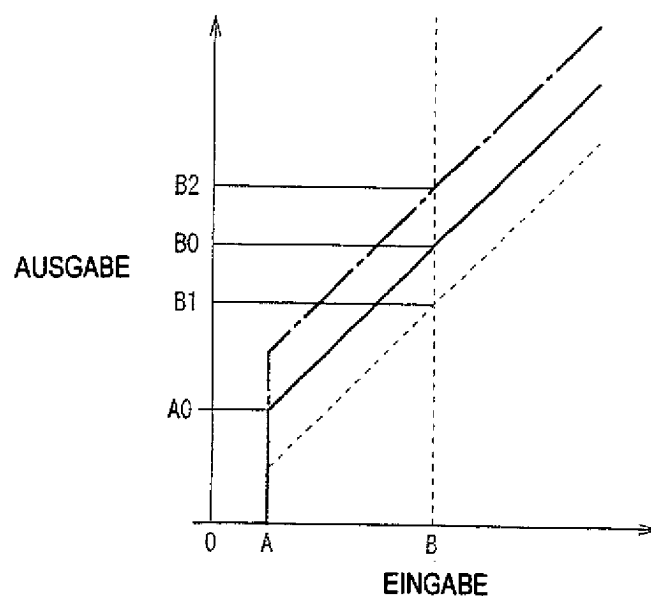


Fig. 16

