



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 219 831 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(51) Int Cl.7: **F04B 1/32, F04B 49/00**

(21) Anmeldenummer: **01128167.2**

(22) Anmeldetag: **27.11.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Krebs, Clemens**
72074 Tübingen (DE)

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas, Dipl.-Phys. et al**
Mitscherlich & Partner,
Patent- und Rechtsanwälte,
Sonnenstrasse 33
80331 München (DE)

(30) Priorität: **20.12.2000 DE 10063525**

(71) Anmelder: **BRUENINGHAUS HYDROMATIK
GMBH**
89275 Elchingen (DE)

(54) **Verstellvorrichtung zum Verstellen eines auf das Verdrängungsvolumen einer hydrostatischen Maschine einwirkenden Stellkolbens**

(57) Eine Verstellvorrichtung zum Verstellen eines zwischen zwei Stelldruckkammern angeordneten auf das Verdrängungsvolumen einer hydrostatischen Maschine einwirkenden Stellkolbens (3), welcher aus einer durch die Kraft zumindest einer Rückstellfeder (8a, 8b) vorgegebenen Neutralstellung zwischen zwei Endlagen bewegbar ist, umfaßt ein zur Regelung der Stelldrücke in den Stelldruckkammern (7a, 7b) vorgesehenes Steuerventil (2), mit einem Steuerkolben (17), der durch von Steuereinrichtungen (38) erzeugte Steuerkräfte in axia-

ler Richtung aus einer Neutralstellung beidseitig auslenkbar ist, wobei den Steuerkräften jeweils eine mit der Auslenkung des Stellkolbens (3) korrelierte Kraft entgegengerichtet ist. Der Steuerkolben (17) weist in axialer Richtung einen ersten Steuerkolbenteil (18) und einen zweiten Steuerkolbenteil (19) auf, die durch einen Steuerkolbenstößel (20) so miteinander verbunden sind, daß von jeweils einem Steuerkolbenteil (18, 19) auf das andere Steuerkolbenteil (19, 18) durch den Steuerkolbenstößel (20) eine Schubkraft in axialer Richtung übertragbar ist.

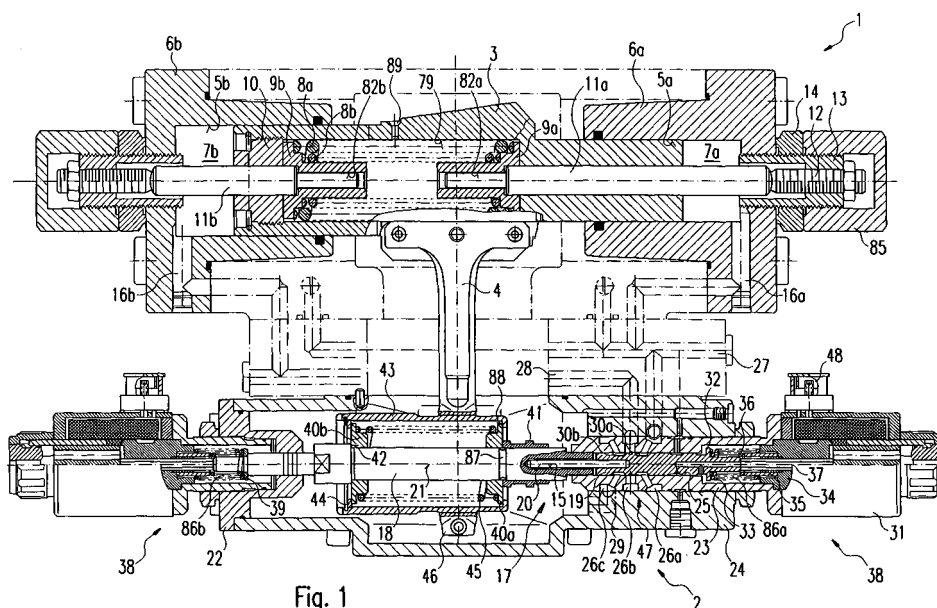


Fig. 1

EP 1 219 831 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Verstellvorrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Verstellvorrichtungen, die einen Stellkolben aufweisen, der auf das Verdrängungsvolumen einer hydrostatischen Maschine einwirkt sind bekannt. Durch eine Druckdifferenz zwischen zwei Stelldruckkammern, die an jeweils einem Ende den Stellkolben mit Druck beaufschlagen, lenken den Stellkolben aus seiner Neutralstellung aus und verändern so das Verdrängungsvolumen. Aus der DE 195 40 654 C1 ist beispielsweise eine Vorrichtung bekannt, bei der die Auslenkung des Stellkolbens über einen Rückführhebel eine der Stellrichtung entgegengerichtete Kraft erzeugt.

[0003] Die Position wird durch einen drehbar gelagerten Rückführhebel je nach Richtung der Auslenkung auf einen von zwei gegenüberliegend angeordneten Kipphebeln übertragen. Die Kipphebel sind federbelastet und erzeugen so eine der Auslenkung des Steuerkolbens entgegengerichtete Kraft. In den Steuerkolben ist eine Ausnehmung zur Aufnahme der Kipphebel eingebracht, durch die die Rückstellkraft auf den Steuerkolben übertragen wird. Zur Erzeugung einer Druckdifferenz zwischen den Stelldruckkammern wird der Steuerkolben durch einen Steuerdruck, der in den Stelldruckkammern auf die Stirnseite des Steuerkolbens einwirkt, ausgelenkt und gibt den Strömungsweg von einer Speisedruckleitung zu einer der beiden Stelldruckkammern frei.

[0004] Die Verstellvorrichtung weist weiterhin ein Zentrierventil und ein daran angegliedertes Schaltventil auf. Bei einem Druckabfall in beiden Steuerleitungen unter einen durch das Schaltventil vorgegebenen Wert wird durch Öffnen einer Entspannungsleitung das Zentrierventil aktiviert. Dadurch wird der jeweils höhere Druck in der Zuleitung zu den Stelldruckkammern entlastet, bis ein Druckgleichgewicht erreicht ist. Der Stellkolben wird in seine Neutralstellung zurückgeführt und das Verdrängungsvolumen der hydrostatischen Maschine ist Null.

[0005] Nachteilig an der angegebenen Verstellvorrichtung ist der hohe technische Aufwand. Zusätzlich zu dem Steuerventil ist ein Zentrierventil und ein Schaltventil erforderlich.

[0006] Die Gelenke, die erforderlich sind, um die lineare Stellkolbenbewegung auf die Kipphebel zu übertragen sind ebenfalls von Nachteil. Die Drehbewegung mit der sich die Kipphebel bewegen muß anschließend wieder auf den sich linear bewegenden Steuerkolben übertragen werden. Die Fertigung verschleißarmer Gelenkverbindungen und Lagerstellen verursacht Kosten und erhöht die Anzahl möglicher Fehlerquellen.

[0007] Darüber hinaus ist der Steuerkolben an seinen entgegengesetzten Enden in dem Ventilgehäuse geführt. Die hohen Drücke erfordern eine präzise Verarbeitung, damit durch Bauteiltoleranzen keine unerwünschten Leckagespalte auftreten. Die Fertigung zu-

einander winkeltreuer Bohrungen in dem Ventilgehäuse und der korrespondierenden Dicht- und Lagerflächen an dem Steuerkolben erhöhen ebenfalls den Fertigungsaufwand.

[0008] Weiterhin weist der Steuerkolben keine Möglichkeit zur Zentrierung auf. Das Einbaumaß ist durch die Fertigungsmaße der Bauteile bestimmt. Eine nachträgliche Justage am vollständig montierten Ventil ist nicht vorgesehen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Verstellvorrichtung zu schaffen, bei der größere Toleranzen bei der Fertigung der Bauteile möglich sind, ohne daß dies zu einer Funktionsbeeinträchtigung führt.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Der mehrteilige Steuerkolben kann Winkelfehler die in den Lagerbereichen auftreten durch seine kurze Führungslänge auf der Seite des Steuerventils ausgleichen.

[0012] Weiterhin ist die Beaufschlagung nur eines Steuerkolbenteils allein mit der durch den Rückführhebel erzeugten Gegenkraft vorteilhaft. Die Gegenkraft wird von dem ersten Steuerkolbenteil auf den zweiten Steuerkolbenteil durch einen Steuerkolbenstößel übertragen, wodurch ausschließlich Schubkräfte übertragen werden. Der zweite Steuerkolbenteil, der die Einstellung des Drosselventils vornimmt, ist dadurch vollkommen frei von Querkraften, die zu vorzeitigem Verschleiß führen können.

[0013] Gemäß den in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung möglich.

[0014] Von Vorteil ist die Vorspannung, die durch Zentrierfedern und Einstellfedern auf den Steuerkolben gebracht wird. Der Steuerkolben befindet sich somit immer in einer durch ein Kräftegleichgewicht definierten Ausgangslage, die durch die Einstellmöglichkeit der Feder Spannung einstellbar ist und dadurch auf die exakten Einbaubedingungen der verwendeten Bauteile abstimmbar.

[0015] Ebenso vorteilhaft ist die unabhängige Einstellmöglichkeit der Neutralstellung des Steuerventils durch eine in axialer Richtung veränderbare Steuerbuchse. Dadurch kann entsprechend der Gesamtlänge des Steuerkolbens und der damit verbundenen Stellung der Steuernuten die Position des Steuerventils angepaßt werden. Die daraus resultierende größere Tolerierung bei der Herstellung der Bauteile senkt wiederum die Kosten.

[0016] Die Verstellvorrichtung kann sowohl mit einer hydraulischen Steuerung als auch mit Hilfe von Proportionalmagneten betrieben werden. Dadurch ist ein Einsatz, der an bereits bestehende Systeme mit Steuerleitungen anknüpft, möglich. Durch die Verwendung von elektrischen Steuerungen mit Proportionalmagneten oder Vorsteuerventilen ist eine zusätzliche Präzisierung des Stellvorgangs durch die Integration eines Wegaufnehmers an dem Stellkolben möglich. Durch eine Kor-

rektur des Steuersignals wird eine höhere Stellgenauigkeit erreicht.

[0017] Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Teilschnitt eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung;

Fig. 2 einen schematischen Teilschnitt eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung; und

Fig. 3 einen Ausschnitt eines hydraulischen Schaltplans des ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung.

[0018] Fig. 1 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung 1 mit einem Steuerventil 2 und einem Stellkolben 3. Durch einen fest mit dem Stellkolben 3 verbundenen Rückführhebel 4 steht der Stellkolben 3 mit dem Steuerventil 2 mechanisch in Wirkverbindung. Bevor die Funktion der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung 1 näher beschrieben wird, soll anhand von Fig. 1 zunächst der Aufbau der Verstellvorrichtung 1 in Neutralstellung erläutert werden.

[0019] Der Stellkolben 3 ist mit seinen beiden zylindrischen Enden in einer ersten bzw. zweiten Stelldruckkammerausnehmung 5a bzw. 5b geführt, die in ein erstes bzw. zweites Stelldruckkammergehäuse 6a bzw. 6b eingebracht sind. Das von dem Stellkolben 3 und der ersten bzw. zweiten Stelldruckkammerausnehmung 5a bzw. 5b ausgebildete Volumen bildet eine erste bzw. zweite Stelldruckkammer 7a bzw. 7b. Der Stellkolben 3 weist eine Ausnehmung 79 auf, in der eine erste und zweite Rückstellfeder 8a und 8b angeordnet sind. Die Rückstellfedern 8a und 8b sind als spiralförmige Druckfedern ausgeführt, stützen sich mit ihren Enden auf einem ersten und zweiten Federlager 9a und 9b ab und sind ineinander angeordnet. Der Stellkolben 3 weist stirnseitig einen Stellkolbendeckel 10 auf, der in den Stellkolben 3 eingeschraubt und durch einen Sicherungsring fixiert ist. Durch die Kraft der Rückstellfedern 8a und 8b wird das erste Federlager 9a gegen den Grund der Ausnehmung 79 des Stellkolbens 3 gedrückt, das gegenüberliegende zweite Federlager 9b gegen den Stellkolbendeckel 10.

[0020] Die Federlager 9a und 9b weisen jeweils eine durchgängige, gestufte Aufnahmeöffnung 82a und 82b auf, in die jeweils eine Abstandsstange 11a und 11b hineinragen, die an der radialen Stufe der Aufnahmeöffnung 82a und 82b eine korrespondierende Vergrößerung ihrer radialen Ausdehnung aufweisen. Die Abstandsstangen 11a und 11b durchdringen den Stellkolben 3 bzw. den Stellkolbendeckel 10 und liegen an je-

weils einem Einsteller 12 an, dessen axiale Position über eine mit einer Kontermutter 14 fixierte Einstellhülse 13 veränderbar ist. Zum Schutz ist eine Abdeckkappe 85 auf die Einstellhülse 13 aufgeschraubt. Durch die axiale Position der Einsteller 12 wird die relative Neutralstellung des Stellkolbens 3 bezüglich der in einem gemeinsamen Gehäuse befestigten Stelldruckkammergehäusen 6a und 6b festgelegt. Das Gehäuse ist in der Darstellung durch die strichpunktiierten Linien angedeutet. Die Abstandsstangen 11a und 11b sind in dem Stellkolben 3 und dem Stellkolbendeckel 10 in axialer Richtung verschiebbar. In der dargestellten Neutralstellung der Stellvorrichtung 1 liegen die beiden Abstandsstangen 11a und 11b sowohl an dem jeweiligen Einsteller 12 als auch an der jeweiligen Stufe in der Aufnahmeöffnung 82a bzw. 82b des Federlagers 9a bzw. 9b an, wobei die Federlager 9a und 9b gleichzeitig mit dem Stellkolbendeckel 10 und dem Grund der Ausnehmung 79 des Stellkolbens 3 in Anlage stehen.

[0021] Der zum Stellen des Stellkolbens 3 in den Stelldruckkammern 7a und 7b erforderliche Druck wird durch Stelldruckleitungen 16a und 16b von dem Steuerventil 2 eingestellt. Das Steuerventil 2 weist einen Steuerkolben 17 auf, der aus einem ersten Steuerkolbenteil 18 und einem zweiten Steuerkolbenteil 19 besteht, die in axialer Richtung aufeinanderfolgend angeordnet sind und durch einen Steuerkolbenstößel 20 miteinander in Wirkverbindung stehen. In die aufeinander zu gerichteten Enden der Steuerkolbenteile 18 und 19 sind Ausnehmungen zur Aufnahme des Steuerkolbenstößels 20 eingebracht, wobei zumindest eine Ausnehmung, z. B. in dem ersten Steuerkolbenteil 18, als eine Ausgleichsausnehmung 15 ausgelegt ist und eine größere radiale Ausdehnung als der Steuerkolbenstößel 20 aufweist, so daß zwischen dem Steuerkolbenteil 18 und dem Steuerkolbenstößel 20 keine Kräfte senkrecht zur Mittelachse 21 des Steuerkolbens 17 übertragbar sind.

[0022] Der erste Steuerkolbenteil 18 ist einerseits in einem Steuerventildeckel 22 und auf der gegenüberliegenden Seite in einer Führungsausnehmung 25 einer Steuerbuchse 23 geführt. Die Steuerbuchse 23 ist in ein Steuerventilgehäuse 24 eingeschraubt und mit einer Kontermutter 14 fixiert. Die Steuerbuchse 23 weist zumindest drei Bohrungen auf, mit denen jeweils ein umlaufender Kanal 26a bis 26c mit der Führungsausnehmung 25 verbunden ist. Eine in das Steuerventilgehäuse 24 eingebrachte Speiseleitung 27 mündet in einen ersten umlaufenden Kanal 26a aus, eine Verbindungsleitung 28 in einen zweiten umlaufenden Kanal 26b und ein dritter umlaufender Kanal 26c ist über eine Rücklaufleitung 29 mit einem Tank verbunden, der z.B. durch das innere Volumen des Gehäuses ausgebildet ist. Die Speiseleitung 27 weist in jedem Betriebszustand der Verstellvorrichtung einen Mindestdruck auf, der durch eine nicht dargestellte Einrichtung erzeugt wird, und auf die bei der Beschreibung von Fig. 3 noch eingegangen wird.

[0023] Der zweite Steuerkolbenteil 19 bildet zusam-

men mit der Steuerbuchse 23 ein Drosselventil 47 aus und ist in der Führungsausnehmung 25 der Steuerbuchse 23 geführt und weist zwei in den Umfang eingebrachte Steuernuten 30a und 30b auf, die in axialer Richtung so beabstandet sind, daß der zwischen den Steuernuten 30a und 30b ausgebildete Teil in Neutralstellung des Drosselventils 23 die zu dem mittleren umlaufenden Kanal 26b führende Bohrung symmetrisch verschließt. Die axiale Ausdehnung der Steuernuten 30a und 30b ist so groß, daß durch axiales Verschieben des zweiten Steuerkolbenteils 19 eine Verbindung zwischen der Verbindungsleitung 28 und der Speiseleitung 27 bzw. zwischen der Verbindungsleitung 28 und der Rücklaufleitung 29 herstellbar ist.

[0024] Der zweite Steuerkolbenteil 19 ragt mit seiner dem ersten Steuerkolbenteil 18 abgewandten Seite aus der Führungsausnehmung 25 heraus in einen ersten Federraum 86a der Steuerbuchse 23 hinein und weist eine kragenförmige Erweiterung 32 auf, auf der sich eine Zentrierfeder 33 abstützt. Der erste Federraum 86a ist auf nicht näher beschriebene Weise mit dem Tankvolumen verbunden, um einen Druckausgleich zu ermöglichen. Das zweite Ende der Zentrierfeder 33 stützt sich auf einem Widerlager 34 ab, der das stirnseitige Ende eines an der Steuerbuchse 23 befestigten Proportionalmagneten 31 bildet. An dem Widerlager 34 ist eine Hülse 35 angeordnet, deren relative axiale Position zu dem Widerlager 34 einstellbar ist, und die als Begrenzung für eine Einstellfeder 36 dient, deren zweites Ende sich ebenfalls an der kragenförmigen Erweiterung 32 abstützt. In einer zentralen Ausnehmung des Widerlagers 34 ist ein Magnetstößel 37 geführt, der eine Steuerkraft auf das stirnseitige Ende des zweiten Steuerkolbenteils 19 überträgt, die proportional dem elektrischen Steuersignal ist und von dem Proportionalmagneten 31 erzeugt wird.

[0025] An dem gegenüberliegenden Ende des ersten Steuerkolbenteils 18 befindet sich eine Steuereinrichtung 38, die in ihrem Aufbau der vorstehenden Beschreibung der Seite des zweiten Steuerkolbenteils 19 entspricht. Die Führung des ersten Steuerkolbenteils 18 und die Ausbildung des zweiten Federraums 86b werden durch den Steuerventildeckel 22 übernommen. Zur Montage ist anstelle der kragenförmigen Erweiterung 32 eine Scheibe 39 auf den ersten Steuerkolbenteil 18 aufgeschoben, die sich an einer radialen Abstufung des ersten Steuerkolbenteils 18 abstützt. Durch die Summe der Federkräfte der Zentrierfedern 33 und der Einstellfedern 36 werden der erste und der zweite Steuerkolbenteil 18 und 19 und der Steuerkolbenstößel 20 zusammengedrückt und der Steuerkolben 17 in Neutralstellung gehalten.

[0026] Auf den ersten Steuerkolbenteil 18 sind ein erster Federsitzkörper 40a und ein zweiter Federsitzkörper 40b aufgeschoben. Die beiden Federsitzkörper 40a und 40b werden durch eine zwischen ihnen angeordnete Steuerfeder 45 auseinandergedrückt, bis der erste Federsitzkörper 40a an einer auf den ersten Steuerkol-

benteil 18 aufgesetzten Begrenzungshülse 41 anliegt, die beispielsweise durch einen Schnappverschluß in einer Nut 87 des ersten Steuerkolbenteils 18 gegen axiales Verschieben gesichert ist. Der zweite Federsitzkörper 40b wird durch die Federkraft gegen eine Anschlagfläche 42 gedrückt, die von einer radialen Erweiterung des ersten Steuerkolbenteils 18 gebildet wird.

[0027] Gleichzeitig stützen sich die voneinander abgewandten Flächen der Federsitzkörper 40a und 40b an der Innenseite des Bodens 88 einer Federhülse 43 einerseits und andererseits an einer Anschlagscheibe 44 ab, welche bis zu einem Absatz in die Federhülse 43 eingesetzt ist und durch einen Sicherungsring gegen axiale Bewegung geschützt ist.

[0028] Der Boden 88 der Federhülse 43 und die Anschlagscheibe 44 weisen zentrale Ausnehmungen auf, die größer als die radialen Ausnehmungen der Anschlagfläche 42 bzw. der Begrenzungshülse 41 und kleiner als die größte radiale Ausdehnung der Federsitzkörper 40a und 40b sind. Die Federhülse 43 ist gegen die Federkraft der Steuerfeder 45 relativ zu dem ersten Steuerkolbenteil 18 in beide Richtungen verschiebbar.

[0029] Die Federhülse 43 weist eine näherungsweise zylindrische Außengeometrie auf und durchdringt eine Klemmvorrichtung 46, die an dem von dem Stellkolben 3 abgewandten Ende des Rückführhebels 4 angeordnet ist. Bei gelöster Klemmvorrichtung 46 ist der Rückführhebel 4 auf der Federhülse 43 verschiebbar und damit die relative Position von Rückführhebel 4 und Federhülse 43 zueinander einstellbar. An dem anderen Ende ist der Rückführhebel 4 fest an dem Stellkolben 3 fixiert. Die Klemmvorrichtung 46 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als geschlitztes Auge ausgeführt.

[0030] Ausgehend von der vorstehend beschriebenen Neutralstellung der Stellvorrichtung 1 soll nun ebenfalls anhand von Fig. 1 die Funktionsweise erläutert werden.

[0031] In Neutralstellung erhalten die beiden Proportionalmagnete 31 über ihren elektrischen Steckkontakt 48 zwei gleiche Steuersignale, so daß die durch den Magnetstößel 37 auf den Steuerkolben 17 wirkenden Kräfte sich aufheben und der Steuerkolben 17 in seiner durch die Einstellfedern 36 und die Zentrierfedern 33 vorgegebenen Neutralstellung verbleibt. Zur Auslenkung des Steuerkolbens 17 wird zwischen den beiden Steuersignalen eine Differenz erzeugt, beispielsweise durch Vergrößern des Signals für den drosselventilseitigen Proportionalmagneten 31. Durch den drosselventilseitigen Proportionalmagneten 31 wird eine Steuerkraft über den Magnetstößel 37 auf den Steuerkolben 17 übertragen, der entgegen der Federkraft der gegenüberliegenden Zentrierfeder 33 und Einstellfeder 36 ausgelenkt wird. Der Stellkolben 3 befindet sich noch in Neutralstellung und über den starr mit dem Stellkolben 3 verbundenen Rückführhebel 4 wird die Federhülse 43 ebenfalls in ihrer Ausgangsposition gehalten.

[0032] Durch die Bewegung des Steuerkolbens 17

hebt der Federsitzkörper 40a von dem Boden 88 der Federhülse 43 ab. Der zweite Federsitzkörper 40b stützt sich an der Anschlagscheibe 44 ab und hebt durch den sich relativ zu der Federhülse 43 verschiebenden Steuerkolben 17 von der Anlagefläche 42 ab. Die zwischen den beiden Federsitzkörpern 40a und 40b gespannte Steuerfeder 45 baut eine Gegenkraft auf, die entgegen der Steuerkraft des auslenkenden Proportionalmagneten 31 ist, bis die Kräfte sich in einem neuen Gleichgewichtszustand befinden.

[0033] Durch die Verschiebung des zweiten Steuerkolbenteils 19 verbindet die Steuernut 30a die Speiseleitung 27 mit der Verbindungsleitung 28 und sorgt damit für einen Druckausgleich in den beiden Stelldruckkammern 7a und 7b. Entsprechend den beiden unterschiedlichen Querschnitten der Stelldruckkammern 7a und 7b wirkt durch die entsprechend unterschiedlichen Kolbenflächen auf den Stellkolben 3 eine resultierende Stellkraft, die den Stellkolben 3 in Richtung der ersten Stelldruckkammer 7a verschiebt. Aufgrund der sich in Anlage mit dem Einsteller 12 befindlichen Abstandsstange 11a kann das Federlager 9a, welches sich mit der Stufung der Aufnahmeöffnung 82 an der Änderung der radialen Ausdehnung der Abstandsstange 11a abstützt der Bewegung nicht folgen und hebt von dem Grund der Ausnehmung 79 des Stellkolbens 3 ab. Das gegenüberliegende Federlager 9b stützt sich an dem Stellkolbendeckel 10 ab. Die Kompression der Rückstellfedern 8a und 8b bewirkt eine Rückstellkraft auf den Stellkolben 3. Zum Volumenausgleich, der durch die in den Stellkolben 3 eintauchenden Abstandsstange 11a oder 11b erforderlich ist, ist eine Ausgleichsbohrung 89 in den Stellkolben 3 eingebracht, durch den ein Druckausgleich zwischen der Ausnehmung 79 des Stellkolbens 3 und dem Innenraum des Gehäuses stattfindet.

[0034] Die Auslenkung des Stellkolbens 3 wird durch die starre Anbindung des Rückführhebels 4 auf die Federhülse 43 übertragen. Die Bewegungsrichtung der Federhülse 43 ist der Auslenkung des Steuerkolbens 17 entgegengesetzt. Die relative Position der Federhülse 43 zu dem Steuerkolben 3 ändert sich gleichsinnig zur vorstehend beschriebenen relativen Bewegung des Steuerkolbens 3 durch die Steuerkraft des Proportionalmagneten 31. Die Steuerfeder 45 wird dadurch weiter gestaucht und die entgegen der Steuerkraft des Proportionalmagneten 31 wirkende Gegenkraft vergrößert sich. Mit größer werdenden Stellweg des Stellkolbens 3 wird daher die Gleichgewichtslage des Steuerkolbens 3 in Richtung seiner Neutralstellung verschoben. Das Drosselventil 47 wird weiter geschlossen. Das Schließen des Drosselventils 47 reduziert die pro Zeiteinheit in die zweite Stelldruckkammer 7b nachgeführte Menge an Hydraulikfluid, wodurch sich mit zunehmendem Stellweg des Stellkolbens 3 die Bewegung des Stellkolbens 3 verlangsamt. Die Bewegung des Stellkolbens 3 ist beendet, wenn die von der Steuerfeder 45 erzeugte Kraft zwischen der Federhülse 43 und dem Steuerkolben 17 so groß ist, daß die resultierende Gegenkraft auf

den Magnetstößel 37 gleich groß der Steuerkraft ist. Der Steuerkolben 17 bewegt sich dann durch die Zentrierfedern 33 und Einstellfeder 36 in seine Neutralstellung und das Drosselventil 47 ist geschlossen. Der Stellkolben 3 erreicht seine dem Differenzsteuersignal proportionale Auslenkung ohne Überspringen.

[0035] Die Auslenkung in die entgegengesetzte Richtung erfolgt analog durch ein Differenzsteuersignal umgekehrten Vorzeichens, wobei der erste Steuerkolbenteil 18 durch den Proportionalmagneten 31 mit einer Stellkraft beaufschlagt wird, die durch den Steuerkolbenstößel 20 auf den zweiten Steuerkolbenteil 19 übertragen wird. Die Steuernut 30 verbindet die Verbindungsleitung 28 mit der Rücklaufleitung 29 und entspannt so die zweite Stelldruckkammer 7b in den Tank. Der Druck in der ersten Stelldruckkammer 7a ist größer als der in der zweiten Stelldruckkammer 7b, so daß die resultierende Stellkraft den Stellkolben 3 in Richtung der zweiten Stelldruckkammer 7b auslenkt.

[0036] Zur Rückkehr des Stellkolbens 3 in seine Neutralstellung ist das Differenzsteuersignal Null, so daß auf den Steuerkolben 17 keine Kraft durch die Proportionalmagnete 31 wirkt. Durch die von der Federhülse 43 bei noch ausgelenktem Stellkolben 3 auf den Steuerkolben 17 übertragene Kraft wird der Steuerkolben 17 so ausgelenkt, daß die entsprechende Stellung des Drosselventils 47 die Auslenkung des Stellkolbens 3 verringert. Die Verringerung der Auslenkung des Stellkolbens 3 führt dabei zu einer Verringerung der Federkraft der Steuerfeder 45 auf den Steuerkolben, so daß sich die Stellbewegung des Stellkolbens 3 in Richtung seiner Neutralstellung wiederum verlangsamt und diese ohne Überspringen erreicht.

[0037] Der Steuerkolben 17 weist eine nicht beeinflussbare Gesamtlänge auf, die durch Fertigungstoleranzen schwanken kann. Damit beide Proportionalmagnete 31 in ihrem idealen Hubbereich arbeiten können, ist ihr Abstand einstellbar. Der Proportionalmagnet 31 auf seiten des ersten Steuerkolbenteils 18 ist hierzu über eine Gewindeverbindung mit dem Steuerventildeckel 22 verbunden und mit einer Kontermutter 14 zu fixieren. Die Position des drosselventilseitigen Proportionalmagneten 31, der mit der Steuerbuchse 23 verbunden ist, relativ zu dem Steuerkolben 17 ist durch die Position der Steuerbuchse 23 relativ zu dem Steuergehäuse 24 durch eine Gewindeverbindung einstellbar. Das Ausgleichen der Federkräfte für die Neutralstellung erfolgt durch Einstellen der relativen Position der Hülsen 35 zu den Widerlagern 34, so daß sich für eine durch Einstellen des Hubbereichs der Proportionalmagnete 31 veränderte Federspannung der Zentrierfedern 33 eine ausgleichende Korrektur der Vorspannung der Einstellfedern 36 erreichen läßt. Zum Ausgleichen von Bauteiltoleranzen des zweiten Steuerkolbenteils 19 und der Steuerbuchse 23 die einen Einfluß auf die Neutralstellung des Drosselventils 47 haben, kann die Verbindung zwischen dem drosselventilseitigen Proportionalmagneten 31 und der Steuerbuchse 23 ebenfalls einstell-

bar ausgeführt sein.

[0038] Durch die Schraubverbindung der Steuerbuchse 23 mit dem Steuerventilgehäuse 24 ist eine winkelrichtige und versatzfreie Positionierung der Mittelachse der Führungsausnehmung 25 mit der Führungsausnehmung des Steuergehäusedeckels 22 nicht sicherzustellen. Durch die Teilung des Steuerkolbens 17 in einen ersten und zweiten Steuerkolbenteil 18 und 19 wird ein Klemmen zuverlässig verhindert. Der erste Steuerkolbenteil 18 ist in der Führungsausnehmung 25 nur auf einer kurzen Länge geführt, so daß ein Ausgleich von Lagetoleranzen möglich ist. Zur Betätigung des Steuerventils 2 sind nur Schubkräfte von einem Steuerkolbenteil 18 oder 19 auf das jeweils andere Steuerkolbenteil 19 oder 18 zu übertragen. Die beiden Steuerkolbenteile 18 und 19 sind mittels des Steuerkolbenstößels 20 verbunden. Die beiden zueinander weisenden Enden der Steuerkolbenteile 18 und 19 weisen hierzu Ausnehmungen auf, wobei die Addition der Längen der Ausnehmungen kleiner ist als die Länge des Steuerkolbenstößels 20. Zumindest eine der Ausnehmungen ist als Ausgleichsaufnahme 15 ausgeführt und weist eine radiale Ausdehnung auf, die groß genug ist, um den Winkelfehler und den Versatz der Mittelachsen der beiden Steuerkolbenteile 18 und 19 ausgleichen zu können, ohne daß zwischen den beiden Steuerkolbenteilen 18 und 19 Querkräfte übertragen werden.

[0039] In Fig. 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei anstelle der Steuereinrichtungen 38 mit Proportionalmagneten 31 eine hydraulische Lösung vorgesehen ist. In der Fig. 2 nicht bezeichnete Bauteile entsprechen in Ausgestaltung und Funktion den in Fig. 1 beschriebenen.

[0040] Zur Beaufschlagung des einteilig ausgeführten Steuerkolbens 17 mit einer auslenkenden Steuerkraft ist an dem drosselventilseitigen Ende des Steuerkolbens 17 eine Steuerdruckkammer 51 angeordnet. Die Steuerdruckkammer 51 wird von einer Ausnehmung der Steuerbuchse 23 gebildet, die von einem eingeschraubten Federspanner 53 verschlossen ist. Zur Führung der Zentrierfeder 33 weist der Federspanner 53 einen zylindrischen Fortsatz auf, der in das Innere der Zentrierfeder 33 hineinragt. Auf der gegenüberliegenden Seite ist eine analog aufgebaute Steuereinrichtung 38 in dem Steuerventildeckel 22 angeordnet. Durch Verändern der axialen Position des Federspanners 53 wird die Vorspannung der beiden Zentrierfedern 33 in Neutralstellung des Steuerkolbens 17 eingestellt. Die Steuerdruckkammer 51 ist durch eine nicht dargestellte Bohrung mit einer Versorgungsnut 52 verbunden.

[0041] Zum Erzeugen des geforderten Steuerdrucks in der Steuerdruckkammer 51 ist ein Vorsteuerventil 49 mit einer Versorgungsbohrung 50 verbunden. Das Vorsteuerventil 49 ist elektrisch ansteuerbar und kann beispielsweise aus zwei Proportional-Druckbegrenzungsventilen oder einem Servo-Vorsteuerventil nach Düse-Prallplatteprinzip bestehen. Die an dem von dem Drosselventil 47 abgewandten Ende des Steuerkolbens 17

entsprechend aufgebaute Steuereinrichtung 38 ist über eine Steuerdruckleitung 54 mit dem Vorsteuerventil 49 verbunden.

[0042] Das Vorsteuerventil 49 erzeugt zwischen den Steuerdruckkammern 51 eine Druckdifferenz, die einem von dem Vorsteuerventil 49 erhaltenen elektrischen Signal entspricht. Durch die an den Stirnseiten des Steuerkolbens 17 anliegende Druckdifferenz wird der Steuerkolben 17 mit einer axialen Steuerkraft beaufschlagt, die zu einer Auslenkung des Steuerkolbens 17 und einer Öffnung des Drosselventils 47 führt. Die Stellbewegung des Stellkolbens 3 und der Aufbau rückstellender Kräfte entspricht der in Fig. 1 beschriebenen Funktionalität der Verstellvorrichtung 1.

[0043] Zusätzlich ist bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ein Wegaufnehmer 55 an der Verstellvorrichtung 1 angeordnet. Der Wegaufnehmer 55 ist fest mit dem Gehäuse der Verstellvorrichtung 1 verbunden und weist eine federbelastete Tastspitze 56 auf, welche aus dem Gehäuse des Wegaufnehmers 55 herausragt und in axialer Richtung verschieblich ist. Die Tastspitze 56 wird durch die Federkraft in Anlage zu einer Tastfläche 57 gehalten, die mit der Mittelachse des Stellkolbens 3 einen von Null verschiedenen Winkel einschließt. Eine Auslenkung des Stellkolbens 3 aus seiner Neutralstellung führt somit zu einer relativen Änderung der Position der Tastspitze 56 in Bezug auf den Wegaufnehmer 55. Die Änderung der Position wird von dem Wegaufnehmer 55 in ein elektrisches Signal umgewandelt.

[0044] Durch einen Vergleich des vorgegebenen Steuersignals mit dem Signal des Wegaufnehmers 55 ist eine Korrektur des Steuersignals möglich. Das Steuersignal gibt eine Sollposition für den Stellkolben 3 vor. Durch Reibungskräfte und Hysterese kann die tatsächlich von dem Stellkolben 3 eingenommene Position jedoch von der Sollposition geringfügig abweichen. Diese Abweichung wird durch den Vergleich der Signale detektiert und ein von einer nicht dargestellten Steuereinheit entsprechend korrigiertes zweites Steuersignal an das Vorsteuerventil 49 übermittelt werden. Die Stellgenauigkeit der Verstellvorrichtung 1 wird damit erhöht.

[0045] In dem in Fig. 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel sind die beiden Abstandstangen 11a und 11b näherungsweise zylindrisch und weisen keine Änderung der radialen Ausdehnung auf. Als Anlagefläche für die Federlager 9a und 9b dienen die stirnseitigen Enden der Abstandsstangen 11a und 11b, die sich an dem Grund der Aufnahmeöffnungen 82a und 82b abstützen. Zum Druckausgleich ist jeweils eine Ausgleichsbohrung 89 in die Federlager 9a und 9b eingebracht, die die Aufnahmeöffnungen 82a und 82b mit dem Innenraum des Stellkolbens 3 verbinden.

[0046] In Fig. 3 ist ein Ausschnitt eines hydraulischen Schaltplans einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung 1 dargestellt. Für Bauteile, die bereits beschriebenen Funktionen entsprechen, werden die eingeführten Bezugszeichen aus den Fig. 1 und 2 verwendet. Mit ei-

ner Antriebswelle 90 ist eine. Pumpe 58 verbunden, die für zwei Förderrichtungen vorgesehen ist und deren Verdrängungsvolumen mit Hilfe des Stellkolbens 3 verstellbar ist. An die Pumpe 58 ist eine erste und eine zweite Hauptleitung 61 bzw. 62 angeschlossen, wobei jeweils eine Hauptleitung 61 oder 62 für jeweils eine Förderrichtung vorgesehen ist. Über jeweils ein Rückschlagventil 63 und 64 sind eine erste und zweite Zuleitung 74 und 81, die an den beiden Hauptleitungen 61 bzw. 62 angeschlossen sind, mit einer Speiseleitung 65 verbunden, wobei die Rückschlagventile 63 und 64 bei positiver Druckdifferenz der jeweiligen Zuleitung 74 und 81 gegenüber der Speiseleitung 65 öffnen. Die Speiseleitung 65 ist über die Stelldruckleitung 16a mit der ersten Stelldruckkammer 7a und mit einem ersten Anschluß 126a des Steuerventils 2 verbunden, der dem ersten umlaufenden Kanal 26a aus Fig. 1 entspricht.

[0047] Die zweite Stelldruckkammer 7b ist über die Verbindungsleitung 28, eine Zwischenleitung 78 und die Stelldruckleitung 16b mit einem zweiten Anschluß 126b des Steuerventils 2 verbunden, der dem zweiten umlaufenden Kanal 26b entspricht. Die Verbindungsleitung 28 ist mit der Zwischenleitung 78, die Zwischenleitung 78 wiederum mit der Stelldruckleitung 16b über die Regelventile 67 bzw. 66 verbunden. Zunächst soll von einer ersten Endposition der Regelventile 66 und 67 ausgegangen werden, in der die o. g. Verbindungen durchgeschaltet sind und jede weitere mögliche Verbindung geschlossen ist. Funktion und Wirkungsweise der Regelventile 66 und 67 werden später detailliert erläutert. Das Steuerventil 47 weist einen dritten Anschluß 126c auf, der über eine Rücklaufleitung 29 mit einem Tank 60 verbunden ist und dem dritten umlaufenden Kanal 26c entspricht.

[0048] Zum Druckausgleich bei Auslenkung des Steuerkolbens 17 sind die beiden Federräume 86a und 86b, in denen die Zentrierfedern 33 angeordnet sind, ebenfalls mit der Rücklaufleitung 29 verbunden. Mit der Speiseleitung 65 ist eine Hilfsspeiseleitung 68 über ein Speiseleitungsrückschlagventil 69 verbunden. Die Hilfsspeiseleitung 68 wird von einer für lediglich eine Förderrichtung geeigneten Hilfspumpe 59 bedrückt und versorgt bei positiver Druckdifferenz zwischen Hilfsspeiseleitung 68 und Speiseleitung 65 die Speiseleitung 65 mit Hydraulikfluid.

[0049] Wird ein beispielsweise positives Differenzsignal zwischen den beiden Proportionalmagneten 31 erzeugt, wird durch die Auslenkung des Steuerkolbens 17 in dem Drosselventil 47 z.B. der Anschluß 126a mit dem Anschluß 126b und somit die Speiseleitung 65 mit der Verbindungsleitung 28 verbunden. In der zweiten Stelldruckkammer 7b wird dadurch der gleiche Druck wie in der durch die Stelldruckleitung 16a ebenfalls mit der Speiseleitung 65 verbundenen ersten Stelldruckkammer 7a erzeugt und auf den Stellkolben 3 wirkt eine den unterschiedlichen bedrückten Flächen entsprechende Stellkraft, die ihn auslenkt. Durch das Auslenken des Stellkolbens 3 in Richtung der ersten Stelldruckkammer

7a wird das Verdrängungsvolumen der Pumpe 58 erhöht und die erste Hauptleitung 61 bedrückt.

[0050] Übersteigt der Druck in der ersten Hauptleitung 16 und damit in der ersten Zuleitung 74 den in der Speiseleitung 65 durch die Hilfspumpe 59 erzeugten Druck, so öffnet das Rückschlagventil 63, der Druck in der Speiseleitung 65 wird auf das Niveau der ersten Hauptleitung 61 angehoben und in der Folge das Speiseleitungsrückschlagventil 69 geschlossen. Die Rückkopplung des Stellweges des Stellkolbens 3 auf das Steuerventil 2 ist in der Beschreibung zu Fig. 1 ausführlich erläutert worden und soll nicht noch einmal wiederholt werden.

[0051] Um ein zu hohes Ansteigen des Drucks in der ersten Hauptleitung 61 zu verhindern ist für die vorstehend beschriebene Förderrichtung der Pumpe 58 das Regelventil 66 vorgesehen. Das Regelventil 66 arbeitet kontinuierlich zwischen zwei Endstellungen. Dabei wird der Druck in der ersten Zuleitung 74 mit dem Druck in einer ersten Vergleichsdruckleitung 70 verglichen, dessen Kraft auf das Regelventil 66 durch eine einstellbare Feder unterstützt ist. In der ersten Zuleitung 74 zu dem Regelventil 66 ist ein Filter 75 angeordnet. Zwischen dem Filter 75 und dem Regelventil 66 ist die erste Zuleitung 74 über eine erste Vergleichsdruckdrossel 76 mit der ersten Vergleichsdruckleitung 70 verbunden. Weiterhin ist die Vergleichsdruckleitung 70 mit einem 3/2-Wege Wechselventil 72 verbunden, dessen weitere Anschlüsse mit einer zweiten Vergleichsdruckleitung 71 für das zweite Regelventil 67 und einer Druckbegrenzerleitung 77 verbunden sind. Dabei wird durch das Wechselventil 72 jeweils diejenige Vergleichsdruckleitung 70 oder 71 mit der Druckbegrenzerleitung 77 verbunden, in der der größere Druck vorliegt. Zum Aufrechterhalten eines konstanten maximalen Vergleichsdrucks wird die Druckbegrenzerleitung 77 durch ein Druckbegrenzungsventil 73 gegen den Tank 60 entspannt, mit dem das Druckbegrenzungsventil 73 über die Rücklaufleitung 29 verbunden ist. Das Druckbegrenzungsventil 73 ist einstellbar ausgeführt.

[0052] Solange der in der ersten Zuleitung 74 herrschende Druck einen durch die Federvorspannung und den Vergleichsdruck festgelegten Wert nicht überschreitet, sind die Zwischenleitung 78 und die Stelldruckleitung 16b in dem Regelventil 66 miteinander verbunden. Bei deutlichem Überschreiten des festgelegten Druckwertes in der ersten Zuleitung 74 befindet sich das Regelventil 66 in seiner zweiten Endposition, in der die Stelldruckleitung 16b mit einer Entspannungsleitung 80 verbunden ist. Bei zu großem Druck in der ersten Hauptleitung 61 wird ein Strömungsweg von der zweiten Stelldruckkammer 7b über die Stelldruckleitung 16b, das Regelventil 66 und die Entspannungsleitung 80 zu dem Tank 60 geöffnet. Die dadurch erreichte Entspannung in der zweiten Stelldruckkammer 7b führt zu einem Rückgang der Auslenkung des Stellkolbens 3. Das Verdrängungsvolumen der Pumpe 58 wird reduziert und als Folge sinkt der Druck in der ersten Hauptleitung 61.

[0053] Wird an die beiden Proportionalmagnete 31 ein Steuersignal umgekehrten Vorzeichens gegeben, so wird der Steuerkolben 17 in die der vorstehenden Beschreibung entgegengesetzte Richtung ausgelenkt und durch das Steuerventil 2 eine Verbindung zwischen den Anschlüssen 126b und 126c geöffnet. Damit wird der Druck in der zweiten Stelldruckkammer 7b über die Stelldruckleitung 16b, die Zwischenleitung 78, die Verbindungsleitung 28 und die Rücklaufleitung 29 in den Tank 60 entspannt, wobei zunächst wiederum die Funktion der Regelventile 66 und 67 vernachlässigt werden soll. An dem Stellkolben 3 wirkt eine Stellkraft, die den Stellkolben 3 in Richtung der zweiten Stelldruckkammer 7b bewegt. Die damit verbundene Verstellung der Pumpe 58 bewirkt eine Förderung des Hydraulikfluids in die zweite Hauptleitung 62. Übersteigt der Druck in der zweiten Zuleitung 81 den Druck in der Speiseleitung 65, der wie im vorangegangenen Beispiel zunächst durch die Hilfspumpe 59 erzeugt wird, öffnet das Rückschlagventil 63 und das Speiseleitungsrückschlagventil 69 schließt. Die Speiseleitung 65 wird von der Pumpe 58 und der zweiten Hauptleitung 62 über die zweite Zuleitung 81 versorgt.

[0054] Die zweite Zuleitung 81 verbindet die zweite Hauptleitung 62 mit dem zweiten Regelventil 67, wobei in der zweiten Zuleitung 81 ein zweiter Filter 82 angeordnet ist und die zweite Zuleitung 81 über eine zweite Vergleichsdruckdrossel 83 mit der zweiten Vergleichsdruckleitung 71 verbunden ist. Über das Wechselventil 72 und das Druckbegrenzungsventil 73 wird in der Vergleichsdruckleitung 71 wiederum ein konstanter maximaler Druck erzeugt, der zusammen mit einer Federkraft einen Vergleichswert für den Druck in der zweiten Zuleitung 81 und damit der zweiten Hauptleitung 62 erzeugt.

[0055] Die erste Endposition des zweiten Regelventils 67 verbindet die Verbindungsleitung 28 mit der Zwischenleitung 78, wenn der Druck in der zweiten Zuleitung 81 unterhalb des festgelegten Vergleichswertes liegt. Wird dieser Wert überschritten, verschiebt sich das zweite Regelventil 67 in Richtung der zweiten Endposition und verbindet eine Druckaufbauleitung 84 mit der Zwischenleitung 78. Dadurch wird eine Verbindung von der Speiseleitung 65 über die Druckaufbauleitung 84 und die Zwischenleitung 78 durch das erste Regelventil 66 und die Stelldruckleitung 16b zu der zweiten Stelldruckkammer 7b hergestellt. Die daraus resultierende Druckerhöhung in der zweiten Stelldruckkammer 7b erzeugt eine der Stellkraft entgegengerichtete Kraft, die die Auslenkung des Stellkolbens 3 und damit das Verdrängungsvolumen der Pumpe 58 reduziert. Als Folge fällt der Druck in der zweiten Hauptleitung 62.

[0056] Zur Entspannung der Verbindungsleitung 28 bzw. der Zwischenleitung 78 bei einem vollständig in der zweiten Endposition befindlichen Regelventil 66 bzw. 67 ist zwischen der Verbindungsleitung 28 und der Zwischenleitung 78 eine erste Drossel 91 als Bypass zu dem Regelventil 67 und eine zweite Drossel 92 als By-

pass zu dem Regelventil 66 zwischen der Zwischenleitung 78 und der Stelldruckleitung 16b angeordnet.

5 Patentansprüche

1. Verstellvorrichtung zum Verstellen eines zwischen zwei Stelldruckkammern angeordneten auf das Verdrängungsvolumen einer hydrostatischen Maschine einwirkenden Stellkolbens (3), welcher aus einer durch die Kraft zumindest einer Rückstellfeder (8a, 8b) vorgegebenen Neutralstellung zwischen zwei Endlagen bewegbar ist, mit einem zur Regelung der Stelldrücke in den Stelldruckkammern (7a, 7b) vorgesehenen Steuerventil (2), mit einem Steuerkolben (17), der durch von Steuereinrichtungen (38) erzeugte Steuerkräfte in axialer Richtung aus einer Neutralstellung beidseitig auslenkbar ist, wobei den Steuerkräften jeweils eine mit der Auslenkung des Stellkolbens (3) korrelierte Gegenkraft entgegengerichtet ist,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Steuerkolben (17) in axialer Richtung aus einem ersten Steuerkolbenteil (18) und einem zweiten Steuerkolbenteil (19) besteht, die durch einen Steuerkolbenstößel (20) so miteinander verbunden sind, daß von jeweils einem Steuerkolbenteil (18; 19) auf das andere Steuerkolbenteil (19; 18) durch den Steuerkolbenstößel (20) eine Schubkraft in axialer Richtung übertragbar ist.

2. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der erste und der zweite Steuerkolbenteil (18, 19) an den voneinander abgewandten Enden durch jeweils zumindest eine Zentrierfeder (33) und/oder Einstellfeder (36) mit einer aufeinander zu gerichteten Kraft beaufschlagt sind und

daß zwischen zwei Federsitzkörpern (40a, 40b) eine Steuerfeder (45) gespannt ist, wobei die Federsitzkörper (40a, 40b) von jeweils einer Anlagefläche an der Federhülse (43) und einer Anlagefläche an dem ersten Steuerkolbenteil (18) aus in Richtung der Feder axial verschieblich sind, so daß bei einer Änderung der Position der Federhülse (43) relativ zu dem ersten Steuerkolbenteil (18) die Steuerfeder (45) zwischen einem mit einer der Anlageflächen der Federhülse (43) in Anlage stehendem Federsitzkörper (40a, 40b) einerseits und dem mit dem der Anlagefläche des ersten Steuerkolbenteils (18) in Anlage stehenden Federsitzkörper (40a, 40b) andererseits spannbar ist und die Steuerfederkraft der relativen Positionsänderung entgegen gerichtet ist.

3. Verstellvorrichtung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorspannung zumindest einer Zentrierfe-

der (33) und/oder Einstellfeder (36) zum Erzeugen in Neutralstellung des Steuerventils (2) ausgeglichener Federkräfte einstellbar ist.

4. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Neutralstellung des Steuerventils (2) durch eine in axialer Richtung verschiebbliche Steuerbuchse (23) einstellbar ist. 5
10
5. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß zum Erzeugen der auslenkenden Kraft an den entgegengesetzten Enden der beiden Steuerkolbenteile (18, 19) jeweils ein Proportionalmagnet (31) angeordnet ist. 15
6. Verstellvorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß zumindest einer der beiden Proportionalmagnete (31) in seiner axialen Position einstellbar ist. 20
7. Verstellvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Proportionalmagnet (31) relativ zu der Steuerbuchse (23) eine feste Anbauposition aufweist. 25
30
8. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4
dadurch gekennzeichnet,
daß zum Erzeugen der auslenkenden Kraft an den entgegengesetzten Enden der beiden Steuerkolbenteile (18, 19) in jeweils einem Federraum (86) ein Druck erzeugbar ist. 35
9. Verstellvorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein elektrisch ansteuerbares Vorsteuerventil (49) zum Erzeugen des Drucks in den Federräumen (86a, 86b) vorgesehen ist. 40
10. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Verstellvorrichtung (1) einen Wegaufnehmer (55) zum Erfassen der Auslenkung des Stellkolbens (3) aufweist, mit dessen Meßsignal ein elektrisches Steuersignal korrigierbar ist. 45
50
11. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Begrenzung eines Hauptleitungsdrucks zwei Regelventile (66, 67) vorgesehen sind, durch die bei Überschreiten eines in einer Vergleichslei-

tung (70,71) festgelegten maximalen Vergleichsdrucks durch jeweils einen Hauptleitungsdruck Stelldruck des Stellkolbens (3) so veränderbar ist, daß der Stellkolben (3) mit einer resultierenden Stellkraft in Richtung seiner Neutralstellung beaufschlagt wird.

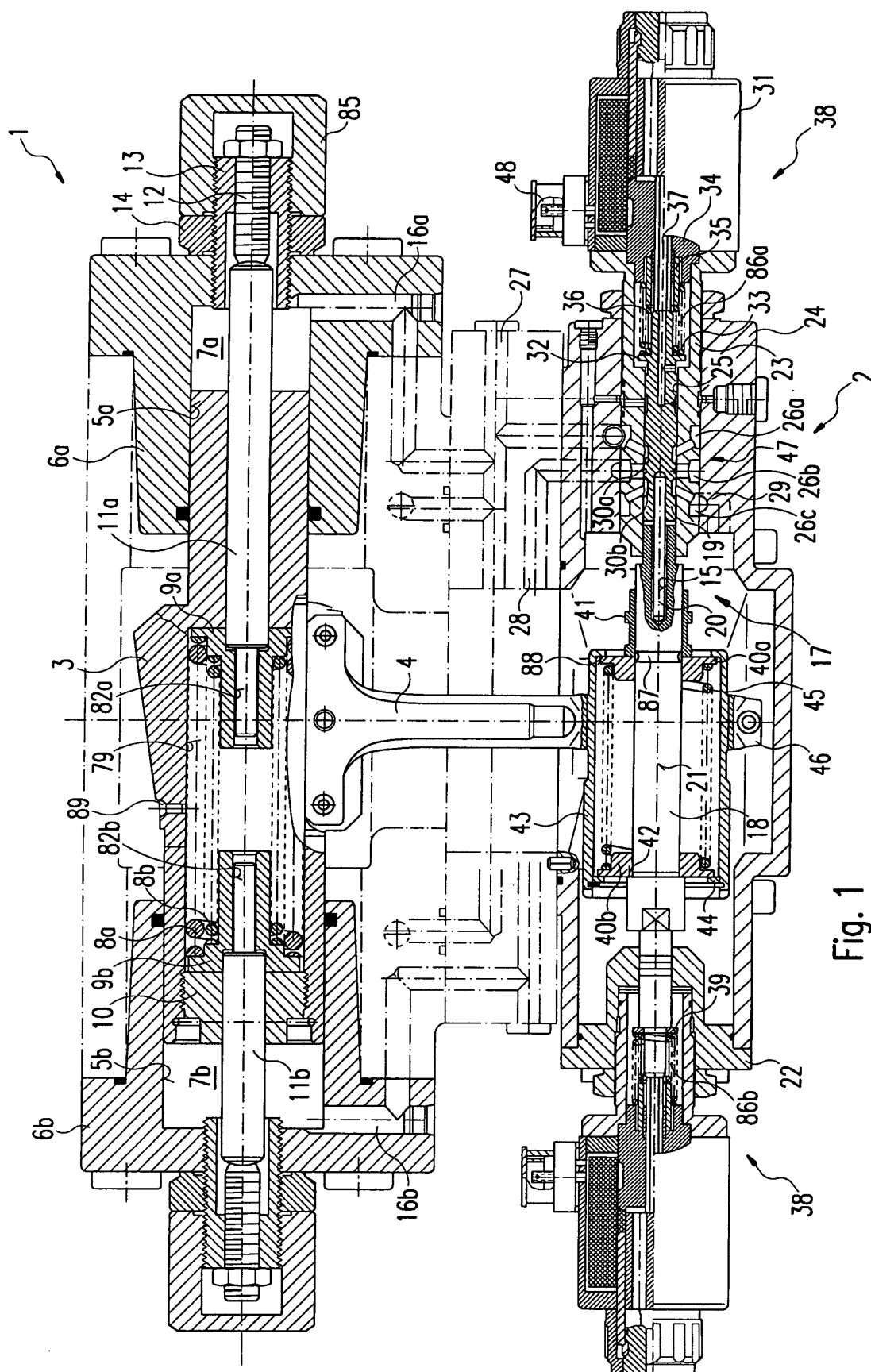


Fig. 1

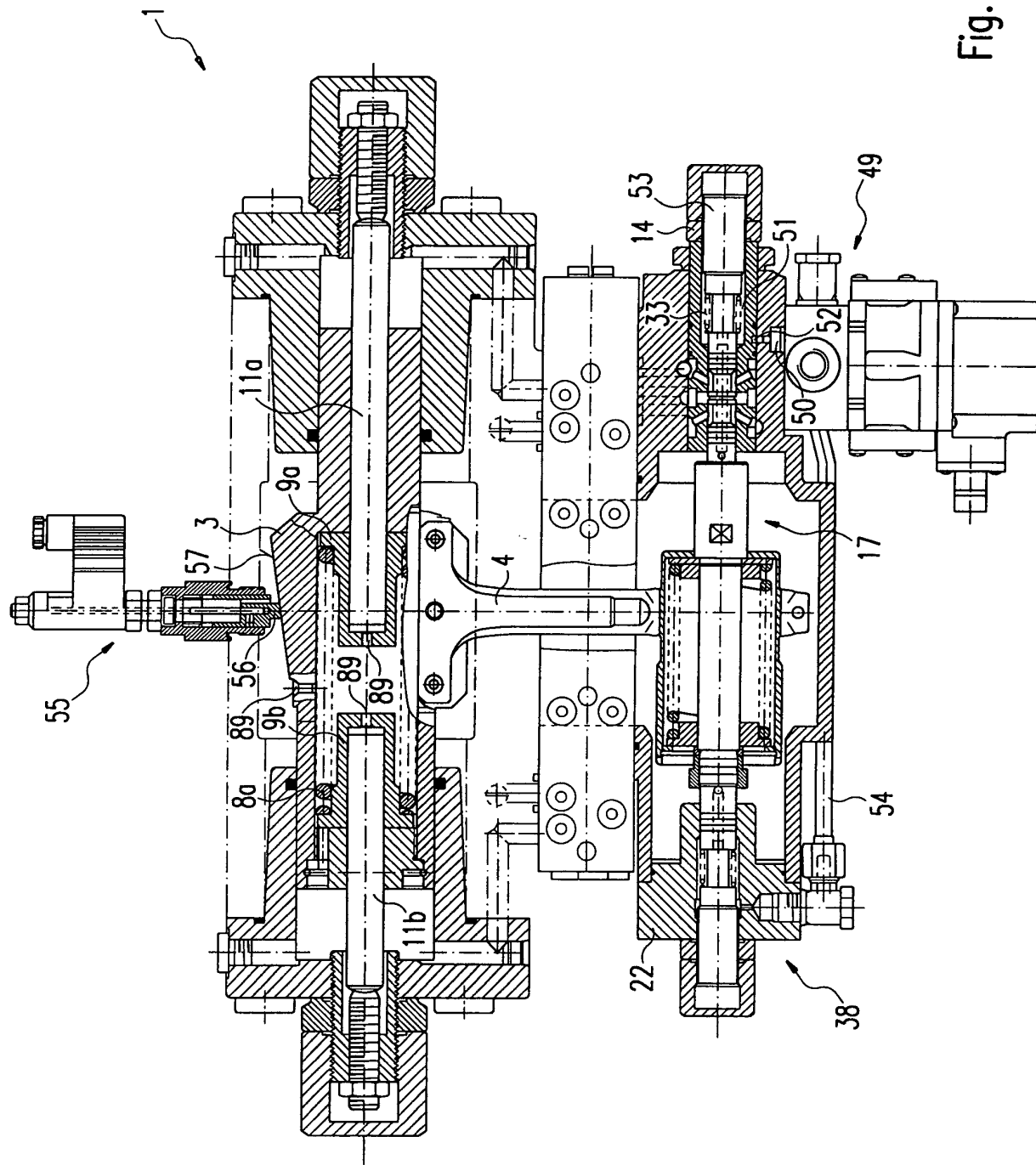


Fig. 2

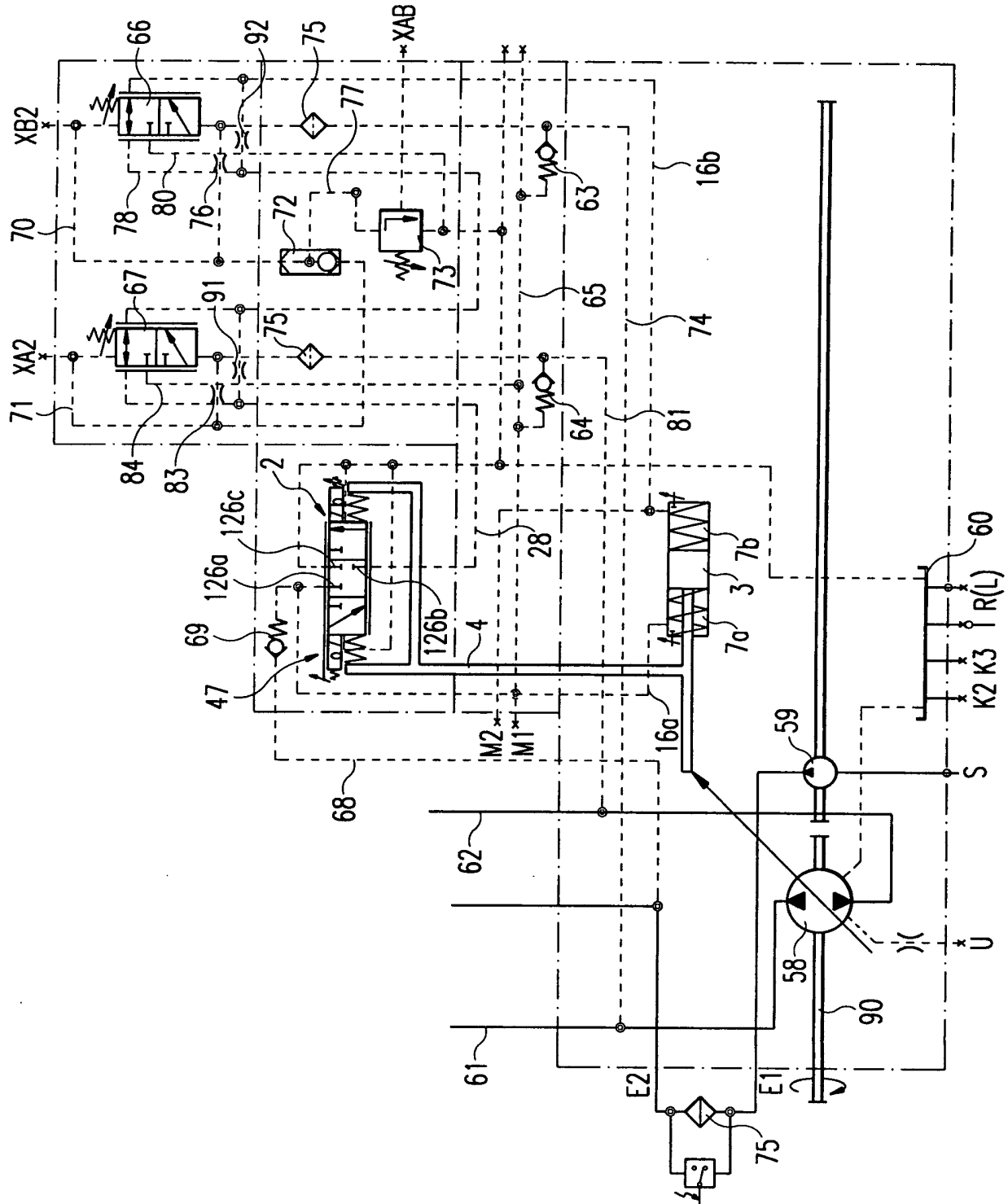


Fig. 3