

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑪ Anmeldenummer: **88104662.7**

⑤ Int. Cl. 4: **G05D 16/18**

⑫ Anmeldetag: **23.03.88**

⑬ Priorität: **02.04.87 DE 3711049**
11.12.87 DE 3742111

⑭ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.10.88 Patentblatt 88/40

⑮ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

⑰ Anmelder: **BRUENINGHAUS HYDRAULIK**
GmbH
An den Kelterwiesen 14
D-7240 Horb 1(DE)

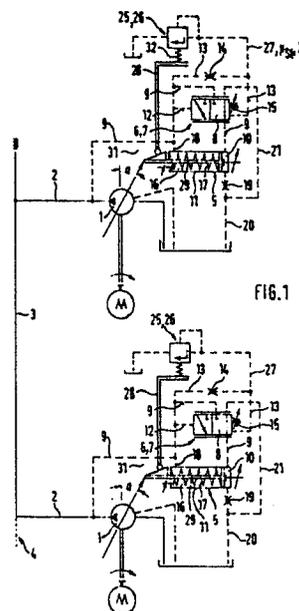
⑱ Erfinder: **Beutler, Gerhard**
Hölderlinstrasse 9
D-7270 Nagold(DE)
Erfinder: **Maier, Hermann**
Breitenbachstrasse 38
D-7244 Waldachtal(DE)
Erfinder: **Krebs, Clemens**
Sofienstrasse 2
D-7400 Tübingen(DE)

⑳ Vertreter: **Körber, Wolfhart, Dr. et al**
Patentanwälte Dipl.-Ing. H. Mitscherlich
Dipl.-Ing. K. Guschmann Dr.rer.nat. W.
Körber Dipl.-Ing. J. Schmidt-Evers Dipl.-Ing.
W. Melzer Steinsdorfstrasse 10
D-8000 München 22(DE)

⑤④ **Regeleinrichtung für wenigstens zwei mit einer gemeinsamen Arbeitsdruckleitung in Verbindung stehende hydrostatische Maschinen.**

⑤⑦ Eine Regeleinrichtung für wenigstens zwei mit einer gemeinsamen Arbeitsdruckleitung (3) in Verbindung stehende hydrostatische Maschinen (1) veränderlichen Förder- bzw. Schluckvolumens, bei der jeder Maschine (1) eine Verstellvorrichtung (5) mit einem hydraulischen Verstellkolben (29) und ein Druckregler (6) zur Regelung ihrer Volumeneinstellung zugeordnet ist, ist so auszugestalten, daß bei Gewährleistung einer gleichmäßigen Belastung der Maschinen (1) untereinander ein hydraulischer Gleichlaufbetrieb bzw. Parallelbetrieb erreicht wird. Hierzu ist jedem Druckregler (6) ein Steuermittel (25) zugeordnet, das den Druckregler (6) mit einem von der jeweiligen Volumeneinstellung der zugehörigen Maschine (1) abhängigen Steuersignal beaufschlagt.

EP 0 284 989 A2



Regeleinrichtung für wenigstens zwei mit einer gemeinsamen Arbeitsdruckleitung in Verbindung stehende hydrostatische Maschinen

Die Erfindung bezieht sich auf eine Regeleinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Wenn mehrere druckgeregelte Pumpen gemeinsam in eine Arbeitsdruckleitung bzw. ein Verbrauchernetz speisen, sind die Fördermengeneinstellungen der Pumpen unbestimmt, weil sich aufgrund des in etwa konstanten Arbeitsdrucks keine Beziehung herleiten läßt, die eine gleichmäßige Fördermengeneinstellung bei allen Pumpen, d.h. den Parallelbetrieb, ermöglicht. Deshalb können die Pumpen zu jeder Zeit beliebige Fördermengeneinstellungen einnehmen, z.B. kann eine Pumpe in maximaler und die andere Pumpe in minimaler Fördermengeneinstellung stehen. Dies hat folgende Nachteile.

Die Belastung und damit der Verschleiß ist ungleichmäßig verteilt.

Jeder Pumpenantrieb muß auf Maximalleistung und 100 % Einschaltdauer ausgelegt werden, auch wenn die Maximalleistung selten erreicht wird.

Die Pumpen pendeln im Schwenkwinkel, auch wenn die geförderte Gesamtmenge sich nicht ändert. Das hat Verluste und Geräusche zur Folge.

Beim sogenannten Mooringbetrieb kann bei Verbrauchermenge $Q = 0$ eine Pumpe in positiver maximaler Fördermengeneinstellung und eine zweite in negativer maximaler Fördermengeneinstellung stehen. Dabei schluckt die zweite Pumpe die Fördermenge, die die erste fördert. Das hat einen erhöhten Verschleiß sowie Verlustleistung zur Folge und ist mit hoher Geräuschentwicklung verbunden.

Es ist bekannt, wenigstens zwei in eine gemeinsame Arbeitsdruckleitung bzw. ein gemeinsames Verbrauchernetz speisende Pumpen veränderlicher Fördermenge durch ein mechanisches Gestänge zum Gleichlauf- bzw. Parallelbetrieb zu zwingen. Diese Maßnahme führt nicht nur zu Leistungsverlusten, sondern es ist auch eine aufwendige stabile Mechanik notwendig. Außerdem ergibt sich bei dieser Ausgestaltung eine große und sperrige Bauweise, wodurch die räumlich Anordnung am Verwendungsort erschwert wird und insbesondere eine Anordnung der Pumpen in verhältnismäßig geringem Abstand voneinander vorgegeben ist.

Eine andere bekannte und zwar hydraulische Methode, wenigstens zwei Pumpen annähernd gleichmäßig zu betreiben, d.h., den Verschleiß und die Belastung auf alle Pumpen über die Zeit gleichmäßig zu verteilen, ist die sogenannte Kaskadenregelung. Bei dieser Maßnahme werden die Pumpen bewußt auf etwas unterschiedliche Reglerkennlinien eingestellt. Die erste Pumpe regelt z.B.

bei 200 bar, die zweite bei 205 bar und die dritte bei 210 bar ein. Damit ist die Belastung eindeutig definiert und das Pendeln wird vermieden, wobei jedoch aufgrund unterschiedlicher Belastung der Pumpen letztere einem unterschiedlichen Verschleiß unterliegen. Um einen gleichmäßigen Verschleiß zu erreichen, ist es erforderlich, z.B. ein Mal pro Woche die Einstellung der Pumpen zyklisch zu vertauschen. Außerdem ist bei dieser bekannten Methode ein Druckanstieg in Stufen vorgegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Regeleinrichtung der eingangs bezeichneten Art so auszugestalten, daß bei Gewährleistung einer gleichmäßigen Belastung der Maschinen untereinander ein hydraulischer Gleichlaufbetrieb bzw. Parallelbetrieb erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird in die Regelung ein zusätzliches Steuersignal einbezogen, das in Abhängigkeit von der Volumeneinstellung der zugehörigen Maschine erzeugt und dem Druckregler aufgegeben wird. Hierdurch wird ein Regelkriterium geschaffen, das bei jeweils gleichem auf die vorhandenen Druckregler wirksamen Arbeitsdruck die Regelung der Maschine auf gleiche Volumeneinstellung ermöglicht. Der durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung erzielte Gleichlauf der Pumpen ergibt sich daraus, daß aufgrund des von der Volumeneinstellung der zugehörigen Maschine abhängigen Steuersignals eine je nach Auslegung progressive oder degressive, in ihrer Steilheit wählbare Reglerkennlinie vorgegeben ist, die bei der Wirksamkeit jeweils gleich großen Arbeitsdrucks an allen Druckreglern die gleiche Fördermengeneinstellung ermöglicht.

Es ist aufgrund des Vorhandenseins einer progressiven Federkennlinie zwar auch bei bekannten Druckreglern eine leicht progressive Reglerkennlinie vorhanden, jedoch ist dies federspezifisch vorgegeben, und von Reibung und Eigenstellkräften der Verstellung abhängig und daher für eine Reglerückführung unbrauchbar.

Es ist zwar auch bekannt, bei einer sogenannten Momentenregelung den Regler in Abhängigkeit vom Arbeitsdruck und der Volumeneinstellung der Maschine zu regeln, jedoch erfolgt dies unter völlig anderen Voraussetzungen und auch zu einem völlig anderen Zweck, nämlich zur Erreichung eines günstigen Drehmomentes, wobei mit Federsätzen eine Reglerkennlinie in Form einer Hyperbel angestrebt wird, während bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung sich eine Regler-

kennlinie im wesentlichen in der Form einer Geraden mit negativer oder positiver Steigung ergibt. Bei Versuchen hat sich ein Druckanstieg in der Reglerkennlinie beim Einschwenken der zugehörigen Maschine als vorteilhaft erwiesen.

Gemäß den Ansprüchen 2 bis 6 wird auf bewährte Maßnahmen zur Erzeugung eines Steuerungssignals in Abhängigkeit von der Volumeneinstellung der Maschine zurückgegriffen. Dabei wird das die Druckregler beaufschlagende Steuermedium durch die Drosseln in Abhängigkeit von der jeweiligen Volumeneinstellung der zugehörigen Maschine aufgestaut und durch das Regelventil konstant geregelt, wobei das Regelventil durch ein Druckbegrenzungsventil gebildet ist, in dem der Steuerdruck gegen eine Feder gemessen und konstant geregelt wird. Der Gleichlauf-bzw. Parallelbetrieb wird durch den Staudruck der Drosseln erreicht. Dies führt zu einem Druckanstieg der Reglerkennlinie und damit zu einem Druckanstieg im Arbeitsdruck.

Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 7 wird der Gleichlauf bzw. Parallelbetrieb ohne eine wesentliche Druckerhöhung im Arbeitsdruck erreicht. Es wird ein in allen Betriebszuständen konstanter Arbeitsdruck erreicht, da das Regelventil direkt bzw. ausschließlich in Abhängigkeit vom Arbeitsdruck beaufschlagt wird, wobei die synchrone Fördermengeneinstellung der Pumpen dadurch gewährleistet ist, daß die Steuerölmenge für die Druckregler durch die Steuermittel in Abhängigkeit der Fördermengeneinstellung aufgeteilt wird, wodurch sich für die Druckregler Korrektursignale ergeben, zwecks Herbeiführung einer den Gleichlauf gewährleistenden Beaufschlagung der Verstellvorrichtungen.

Dabei ist es möglich, je nach Ausführung der Druckregler, und des Regelventils bzw. Regelventile, z.B. hinsichtlich ihrer Steuerkanten, den Steuerdruck proportional oder umgekehrt proportional zur Abweichung des Arbeitsdrucks vom mit dem Regelventil eingestellten Wert einzustellen.

Die Ausbildung nach Anspruch 9 umfaßt einfache und praktikable Merkmale für eine Fernsteuerung des Druckreglers.

Im Rahmen der Erfindung ist es gemäß Anspruch 10 möglich, ein gemeinsames Regelventil vorzusehen, wodurch eine wesentliche Vereinfachung erzielt wird.

Die Ausgestaltung nach Anspruch 11 führt zu einer einfachen und praktikablen Bauweise bei Maschinen mit umkehrbarer Durchsatzrichtung, z.B. mit umkehrbarer Schwenkrichtung für Mooring-bzw. Motorbetrieb.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von in vereinfachten Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine hydraulische Antriebseinheit mit zwei in eine gemeinsame Arbeitsdruckleitung speisende Pumpen, die durch eine erfindungsgemäße Regeleinrichtung für den Parallelbetrieb geregelt sind,

Fig. 2 ein Steuermittel in Form eines Druckbegrenzungsventils in vergrößerter Schnitt-Darstellung;

Fig. 3 und 4 abgewandelte Ausgestaltungen der Antriebseinheit.

Die mit 1 bezeichneten Pumpen sind durch Leitungsabschnitte 2 mit einer zu einem Verbraucher B führenden gemeinsamen Arbeitsdruckleitung 3 verbunden, wobei die Anzahl der Pumpen beliebig vergrößert werden kann, was mit dem Positionszeichen 4 verdeutlicht ist, das Anschlüsse für weitere mögliche Pumpen bezeichnet. Die Pumpeneinheiten sind einander gleich ausgebildet.

Jeder Verstellvorrichtung 5 der Pumpen 1 ist ein Druckregler 6 mit einem Proportional-Regelventil 7 in Form einer Druckwaage zugeordnet, dessen Schieber 8 den Durchgang einer Verbindungsleitung 9 regelt, die vom zugehörigen Arbeitsdruckleitungsabschnitt 2 ausgeht und in den Kolbenraum 10 eines Zylinders 11 der Verstellvorrichtung 5 mündet. Hierzu ist der Schieber 8 einerseits durch einen Leitungsabschnitt 12 mit dem Arbeitsdruck und andererseits durch einen Leitungsabschnitt 13, in dem eine Drossel 14 angeordnet ist, mit einem reduzierten Druck beaufschlagbar. Dieser Druck wirkt gleichsinnig mit einer den Ventilschieber 8 beaufschlagenden Ventildfeder 15, deren Federkraft wahlweise einstellbar ist. Der Kolbenringraum 16 des Zylinders 11, in dem eine Druckfeder 17 zwecks Rückstellung der Verstellvorrichtung 5 angeordnet ist, ist durch einen Leitungsabschnitt 18 mit der Verbindungsleitung 9 verbunden und somit mit dem Arbeitsdruck beaufschlagbar. Der soweit beschriebene Druckregler 6 einschließlich einer mit 19 bezeichneten, gegebenenfalls verstellbaren Düse in einer vom Kolbenraum 10 ausgehenden Ablaufleitung 20 und einer mit letzterer verbundenen, vom Regelventil 7 ausgehenden Parallelleitung 21 ist von üblicher Bauart und deshalb bekannt, so daß auf eine Funktionsbeschreibung im einzelnen verzichtet werden kann. Hervorzuheben ist, daß die Druckregler 6 einen Arbeitsdruck einstellen, der abgesehen von einer geringen Druckveränderung, im wesentlichen als konstant anzusehen ist. Die geringe Druckveränderung im Arbeitsdruck im Regelbereich des Druckreglers 6 ist durch die progressive Kennlinie der Federn 15 und 17 sowie Reibung und Eigenstellkräfte der Verstellvorrichtung 5 bedingt und beträgt bei üblichen Druckreglern 6 etwa 3 bar.

Gemäß der Erfindung ist jeder Pumpe 1 ein allgemein mit 25 bezeichnetes Steuermittel zugeordnet, das den Druckregler 6 mit einem von der

jeweiligen Fördermengeneinstellung der zugehörigen Pumpe 1 abhängigen Steuersignal beaufschlagt. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 wird das Steuermitel 25 durch ein Druckbegrenzungsventil 26 gebildet, das in einer vom Leitungsabschnitt 13 vorzugsweise hinter der Drossel 14 abzweigenden Leitung 27 angeordnet ist und den im Leitungsabschnitt 13 vorhandenen Steuerdruck p_{st} in Abhängigkeit von der Fördermengeneinstellung der zugehörigen Pumpe 1 steuert. Zur Übertragung des der jeweiligen Fördermengeneinstellung entsprechenden Maßgabe dient ein Stellelement 28 in Form eines Taststiftes, der an seinem einen Ende eine am Verstellkolben 29 des Zylinders 11 außerhalb letzterem vorhandene Schrägfläche 31 anliegt und mittels einer Feder 32 auf den Schieber des Druckbegrenzungsventils 26 wirkt und gegen die Schrägfläche 31 beaufschlagt ist. Das Stellelement 28 ist in seiner Längsrichtung gelagert, so daß es bei einer Längsverschiebung des Verstellkolbens 29 eine Längsbewegung ausführt, wobei es auf das Druckbegrenzungsventil 26 wirkt. Die Anordnung ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel so getroffen, daß das Druckbegrenzungsventil 26 beim Einschwenken der Verstellvorrichtung 5, d.h. bei einer Verstellbewegung des Verstellkolbens 29 nach links, schließt, wodurch der Steuerdruck p_{st} vergrößert wird, d.h., es wird ein Drucksignal X erzeugt, das den Schieber 8 des Regelventils 7 entgegen dem Arbeitsdruck beaufschlagt. Damit steht der Arbeitsdruck am Regelventil 7 nicht mehr nur zu der Kraft der Feder 15 (Reglereinstellung) im Gleichgewicht, sondern die Reglereinstellung erhöht sich in Abhängigkeit des Schwenkwinkels a um das Drucksignal X. Es ergibt sich somit beim Einschwenken eine Druckerhöhung und ein Druckanstieg in der Reglerkennlinie. Aufgrund dieser Sachverhalte ist die Fördermengeneinstellung der Pumpen 1 bei jeweils auf die Druckregler 6 wirkendem im wesentlichen gleich großen Arbeitsdruck bestimmt, wodurch sich im Betrieb der Pumpen 1 eine gleiche Fördermengeneinstellung für die Pumpen 1, d.h. ein Parallel- bzw. Gleichlaufbetrieb, ergibt. Eine hinsichtlich des angestrebten Gleichlaufs wirksame Druckerhöhung ist bei einem Druckanstieg über den Einstellbereich von oberhalb etwa 10 bar gegeben. Sehr gute Ergebnisse werden bei einem Druckanstieg von 20 bar erreicht.

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung eignet sich auch für beide Förderrichtungen einstellbare Pumpen. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Anordnung so zu treffen, daß in der Nullstellung der Pumpen das Stellelement 28 sich in mittlerer Stellung zur Länge der Schrägfläche 31 befindet.

Fig. 2 zeigt als Ausführungsbeispiel eine Schnittansicht eines Druckbegrenzungsventils 26 in vergrößerter Darstellung. Das Stellelement 28 wirkt

mittels der einerseits an ihm abgestützten und andererseits am Schieber 33 angreifenden Feder 32 auf den Schieber 33 des Druckbegrenzungsventils 26, der mittels Steuerkanten 34 den Steuerdruck p_{st} , d.h. ein Steuersignal X einregelt. Hierbei geben die Steuerkanten 34 zwischen dem Schieber 33 und der ihn aufnehmenden Bohrung 36 den Ab- bzw. Rücklauf durch einen Kanal 37 im Ventilgehäuse 38 mehr oder weniger frei.

Das Ventilgehäuse 38 ist im Gehäuse des Zylinders 11 bzw. einem Anbauteil desselben eingeschraubt. Der Schieber 33 befindet sich in einer Einstellbuchse 39, die mittels einem Gewinde 41 durch Drehen an einem Angriffselement, hier einem Innensechskant 42, axial im Ventilgehäuse 38 verstellbar und mittels einer auf der Einstellbuchse 39 aufgeschraubten Kontermutter 43 feststellbar ist. Zwischen dem Anschluß 35, der an die Leitung 27 in Fig. 1 anschließbar ist, und einer die Bohrung 36 in der Einstellbuchse 39 schneidenden Querbohrung 44 ist eine Eingangsdrossel 45 angeordnet, die der Drossel 14 gemäß Fig. 1 entspricht.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3, bei dem gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, unterscheidet sich vom vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel dadurch, daß die Steuermitel 25 durch mittels des Stellelements 28 gegen eine Feder 48 verstellbare Drosseln 49 gebildet sind, deren Ausgänge über Zweigleitungen 5) an ein Fernsteuerventil 51 angeschlossen sind, das durch ein Druckregelventil gebildet ist, das mit dem Ablauf verbunden ist. Mittels des Fernsteuerventils 51 können alle Druckregler 6 gleichzeitig gesteuert werden. Zwischen der jeweiligen Zweigleitung 5) und Leitung 27 besteht bei Wirksamkeit der in der gezeigten Arbeitsstellung völlig geöffneten Drossel 49 eine Druckdifferenz d, die abhängig ist von der Fördermengeneinstellung, d.h. im vorliegenden Fall vom Schwenkwinkel a.

Auch beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist jeder Pumpe 1 ein allgemein mit 25 bezeichnetes Steuermitel zugeordnet, das die Steuerölmenge, die durch Leitungen 27, 58 fließt, abhängig von der jeweiligen Fördermengeneinstellung der zugehörigen Pumpe 1 drosselt. Das Steuermitel 25 wird durch eine verstellbare Drossel 59 gebildet, die in der vom Leitungsabschnitt 13 vorzugsweise hinter der Drossel 14 abzweigenden Leitung 27 angeordnet ist und die im Leitungsabschnitt 13 bzw. 27 fließende Steuerölmenge in Abhängigkeit von der Fördermengeneinstellung der zugehörigen Pumpe 1 steuert. Die Drosseln 59 sind jeweils ausgangseitig durch den Leitungsabschnitt 58 mit einer gemeinsamen Rücklaufleitung 61 verbunden, in der ein vorzugsweise fernsteuerbares Druckregelventil 62 angeordnet ist, das beim vorliegenden

Ausführungsbeispiel ein Druckzuschaltventil ist. Das Druckregelventil 62 ist durch eine Steuerleitung 63 mit der Arbeitsdruckleitung 3 verbunden und wird vom Arbeitsdruck so gesteuert, daß es den Steuerdruck p_{S11} in den Leitungsabschnitten 27 und den um eine durch die Drossel 59 bestimmte Druckdifferenz d (Staudruck) verringerten Steuerdruck p_{S12} in den Leitungsabschnitten 58 bzw. in der Rücklaufleitung 61 zum Rücklauf hin absenkt, wenn der Arbeitsdruck den am Regelventil 62 vorzugsweise mit der Reglerfeder eingestellten Regeldruck übersteigt.

Die Pumpeneinheiten sind einander gleich ausgebildet, d.h. gleiche Druckregler 6 mit gleicher Federeinstellung 15 und gleiche Konstantdrosseln 14 sowie gleiche Verstelldrosseln 59 mit der gleichen Drosselabhängigkeit vom Schwenkwinkel a .

Zur Übertragung des der jeweiligen Fördermengeneinstellung entsprechenden Maßgabe dient auch bei diesem Ausführungsbeispiel das Stellelement 33, das an seinem einen Ende an der am Verstellkolben 30 des Zylinders 11 außerhalb letzterem vorhandenen Schrägfläche 34 anliegt und mittels einer Feder gegen die Schrägfläche 34 beaufschlagt ist. Das Stellelement 33 ist in seiner Längsrichtung gelagert, so daß es bei einer Längsverschiebung des Verstellkolbens 30 eine Längsbewegung ausführt, wobei es auf die Drossel 59 bzw. auf den Schieber des Drosselventils wirkt. Die Anordnung ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel so getroffen, daß die Drossel 59 beim Einschwenken der Verstellvorrichtung 5, d.h. bei einer Verstellbewegung des Verstellkolbens 30 nach links, schließt, wodurch der Steuerdruck p_{S11} vergrößert wird, weil die Steuerölmenge abnimmt und der Steuerdruck an der Drossel 14 verringert wird, d.h., es wird ein Drucksignal X erzeugt, das den Schieber 8 des Regelventils 7 entgegen dem Arbeitsdruck beaufschlagt. Damit steht der Arbeitsdruck am Regelventil 7 nicht mehr nur zu der Kraft der Feder 16 (Reglereinstellung) im Gleichgewicht, sondern die Reglereinstellung erhöht sich zunächst in Abhängigkeit der Fördermengeneinstellung bzw. des Schwenkwinkels a um das Drucksignal X . Dieser Druckanstieg beim Einschwenken in der Reglerkennlinie wird jedoch hinsichtlich seiner Auswirkung auf den Arbeitsdruck durch die Funktion des Druckregelventils 62 kompensiert, indem das Drucksignal p_{S12} abgesenkt wird, so daß in allen Betriebszuständen der Arbeitsdruck konstant ist, obwohl der Steuerdruck p_{S11} beim Einschwenken kurzzeitig ansteigt und durch den Staudruck die synchrone Fördermengeneinstellung der Pumpen 1 gewährleistet. Eine hinsichtlich des angestrebten Gleichlaufs wirksame Steuerdruckerhöhung der Drosseln 59 ist bei einem Druckanstieg über den Einstellbereich von oberhalb etwa 10 bar gegeben.

Sehr gute Ergebnisse werden bei einem Druckanstieg von 20 bar erreicht.

Im folgenden werden noch folgende Funktionseinzelheiten der Regeleinrichtung insbesondere gemäß Fig. 4 kurz beschrieben.

Funktion der Regelventile

Die über die Leitungen 13,27,58 zum Druckregelventil 62 abfließende Steuerölmenge der Druckregler 6 fließt bei jedem einzelnen Regler der wenigstens zwei Pumpen 1 durch die Leitungen 13 über die Konstant-Drosseln 14. An der Drossel 14 stellt sich ein Staudruck ein. Der Staudruck wirkt am Ventilschieber 8 gegen die Federkraft der Feder 15.

Um den Verstellkolben 30 in einer beliebigen Schwenkstellung zwischen den jeweiligen Endanschlägen 22 zu regeln, ist es erforderlich, daß der Ventilschieber 8 eine Mittelstellung einnimmt, bei der die Federkraft der Feder 15 und der entgegenwirkende Staudruck der Drossel 14 im Gleichgewicht stehen, und die Verbindungsleitung 9 und die Parallel- bzw. Rücklaufleitung 21 gedrosselt mit dem Stellkolbenraum 10 in Verbindung stehen.

Bei gleicher Federeinstellung der Federn 15 und gleicher Abmessung der Drossel 14 ist hierfür an den Drosseln 14 und den Leitungsabschnitten 27 bei jeder Pumpe die gleiche Steuerölmenge erforderlich.

Ist die Steuerölmenge größer, bewegt sich der Ventilschieber 8 durch steigenden Staudruck an der Drossel 14 gegen die Federkraft und öffnet die Verbindung von Leitung 9 zum Verstellzylinder 11. Hierdurch verringert sich der Pumpenschwenkwinkel a gegen Null. Ist die Steuerölmenge kleiner, vergrößert sich der Pumpenschwenkwinkel a gegen Maximum.

Regelung des Betriebsdruckes

Die Steuerölmengen werden in Leitungen 61 zusammengefaßt und vom Druckregelventil 62 in Abhängigkeit vom Betriebsdruck geregelt.

Steht der Betriebsdruck im Gleichgewicht zur Federeinstellung des Druckregelventils 62, ist die Gesamtsteuerölmenge so groß, daß sich die Schwenkstellung der Pumpen nicht ändert.

Bei niedrigerem Betriebsdruck schließt das Druckregelventil 62, so daß die Steuerölmenge abnimmt und die Fördermenge der Pumpen zunimmt und der Betriebsdruck steigt.

Bei höherem Betriebsdruck öffnet das Druckregelventil 62, so daß die Steuerölmenge zunimmt und die Fördermenge der Pumpen abnimmt und der Betriebsdruck sinkt.

Das Druckgleichgewicht am Druckregelventil 62 hängt nur vom Betriebsdruck in der Verbindungsleitung 32 und der Federeinstellung ab und ist unabhängig vom Schwenkwinkel α der Pumpen 1.

Regelung der Parallelstellung

Die Aufteilung der vom Druckregelventil 62 geregelten Steuerölmenge auf die einzelnen Pumpen hängt, da die Konstant-Drosseln 14 gleich sind, nur von der Stellung der Verstell-Drosseln 59 ab. Die Drosseln 59 schließen bei minimaler Fördermenge und öffnen bei maximaler Fördermenge und ermöglichen eine kontinuierliche Drosseländerung in den Zwischenstellungen.

Wenn die Pumpen 1 verschiedene Schwenkwinkelstellungen α haben, ist die Steuerölmenge der Pumpe 1 mit dem größten Schwenkwinkel α am größten, die Steuerölmenge der Pumpe 1 mit dem kleinsten Schwenkwinkel α am kleinsten. Da bei allen Druckreglern 6 die erforderliche Steuerölmenge im Regelpunkt gleich groß ist, muß die Pumpe 1 mit der größeren Steuerölmenge (größerer Schwenkwinkel α) einschwenken und die Pumpe 1 mit der kleineren Steuerölmenge (kleinerer Schwenkwinkel α) ausschwenken, bis die Schwenkwinkel α gleich groß sind und die Steuerölmengen durch die Verstell-Drosseln 59 gleichmäßig aufgeteilt werden.

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung eignet sich auch für in beide Förderrichtungen einstellbare Pumpen bzw. Motoren. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Anordnung so zu treffen, daß in der Nullstellung der Pumpen das Stellelement 33 sich in mittlerer Stellung zur Länge der Schrägfläche 31 befindet.

Ansprüche

1. Regeleinrichtung für wenigstens zwei mit einer gemeinsamen Arbeitsdruckleitung in Verbindung stehende hydrostatische Maschinen veränderlichen Förder- bzw. Schluckvolumens, bei der jeder Maschine eine Verstellvorrichtung mit einem hydraulischen Verstellkolben und ein Druckregler zur Regelung ihrer Volumeneinstellung zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Druckregler (6) ein Steuermittel (25) zugeordnet ist, das den Druckregler (6) mit einem von der jeweiligen Volumeneinstellung der zugehörigen Maschine (1) abhängigen Steuersignal beaufschlagt.

2. Regeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel (25) von einem mit der Verstellvorrichtung (5) oder einem Anbauteil derselben zusammenwirkenden Wegmesser steuerbar ist.

3. Regeleinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wegmesser durch eine Schrägfläche (31) an einem Teil der Verstelleinrichtung (5), vorzugsweise am Verstellkolben (29) und ein die Schrägfläche (31) abtastendes Stellelement (28) gebildet ist.

4. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel (25) durch eine verstellbare Drossel (49) gebildet ist, die in einer der Beaufschlagung des Druckreglers (6) dienenden Steuerleitung (27,28) angeordnet ist.

5. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuermittel (25) ein Druckregel-, insbesondere ein Druckbegrenzungsventil (26) bzw. Druckreduzierventil ist.

6. Regeleinrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerleitung (27,28) durch wenigstens ein den darin enthaltenen Steuerdruck (p_{S11} , p_{S12}) regelndes Regelventil (31) mit dem Rücklauf verbunden ist.

7. Regeleinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (31) mit dem Arbeitsdruck oder einem, von diesem abhängigen Druck beaufschlagt ist und dann, wenn der Arbeitsdruck vom mit dem Regelventil (31) eingestellten Wert abweicht, den Steuerdruck (p_{S11} , p_{S12}) proportional oder umgekehrt proportional zur Abweichung absenkt oder erhöht, vorzugsweise bei einer Erhöhung des Arbeitsdrucks über den eingestellten Wert absenkt.

8. Regeleinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (31) ein Druckzuschaltventil ist.

9. Regeleinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelventil (31) ein Fernsteuerventil ist.

10. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsames Regelventil (31) in einer gemeinsamen Rücklaufleitung (29) angeordnet ist.

11. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschinen (1) für den Betrieb in beide Durchsätzrichtungen eingerichtet sind und die Wegmesser bei der Null-Stellung der Verstellvorrichtungen (5) sich in ihren Mittelstellungen befinden.

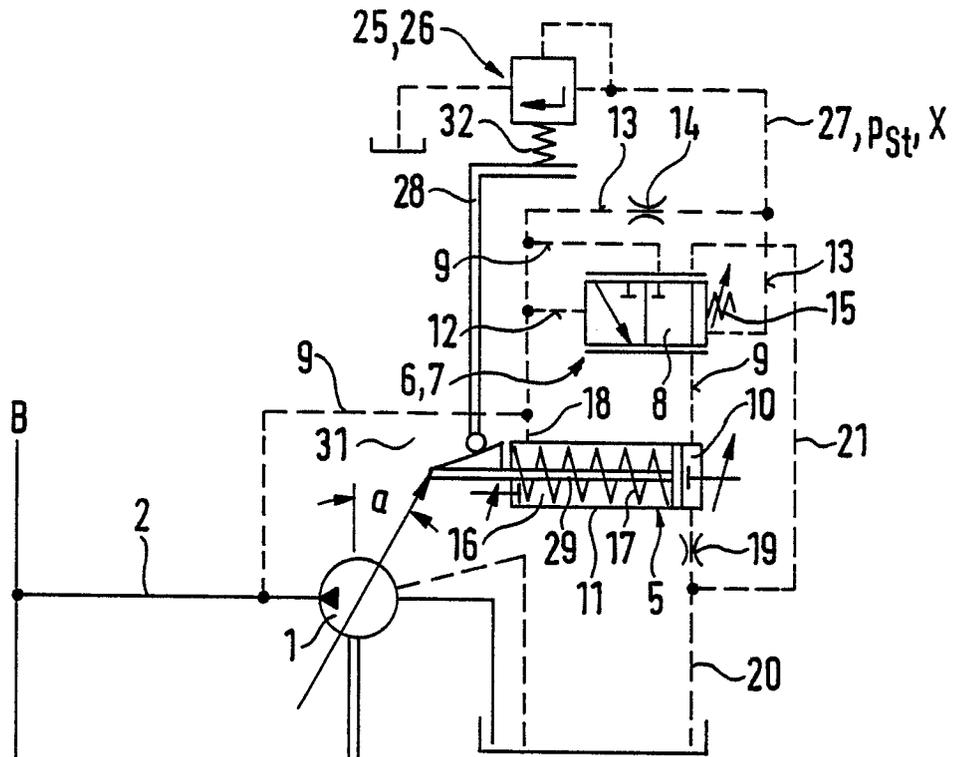
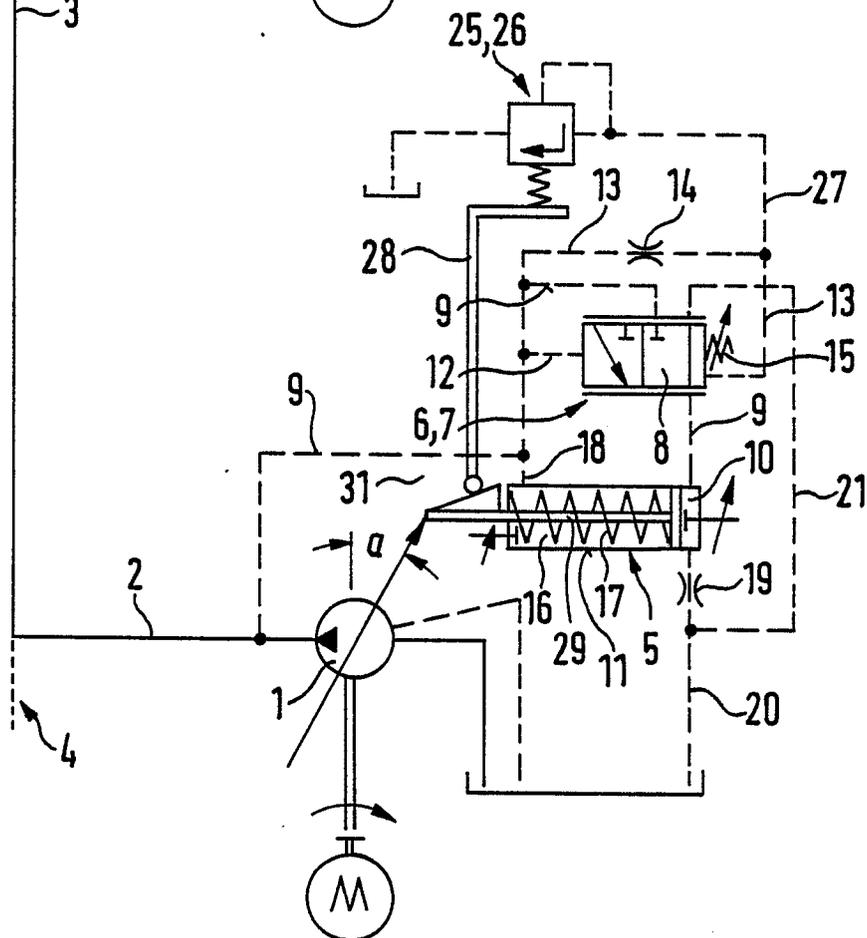


FIG. 1



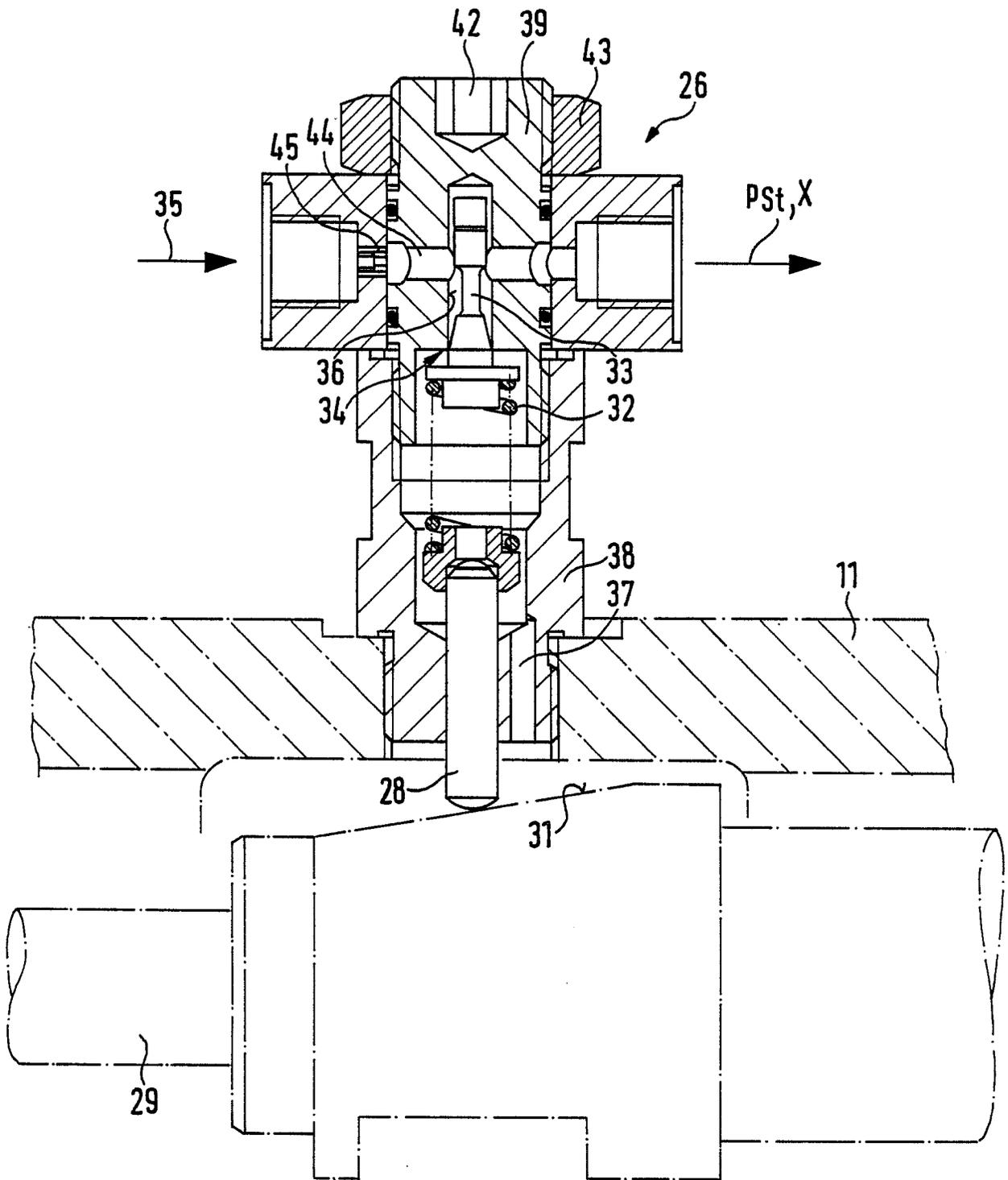


FIG. 2

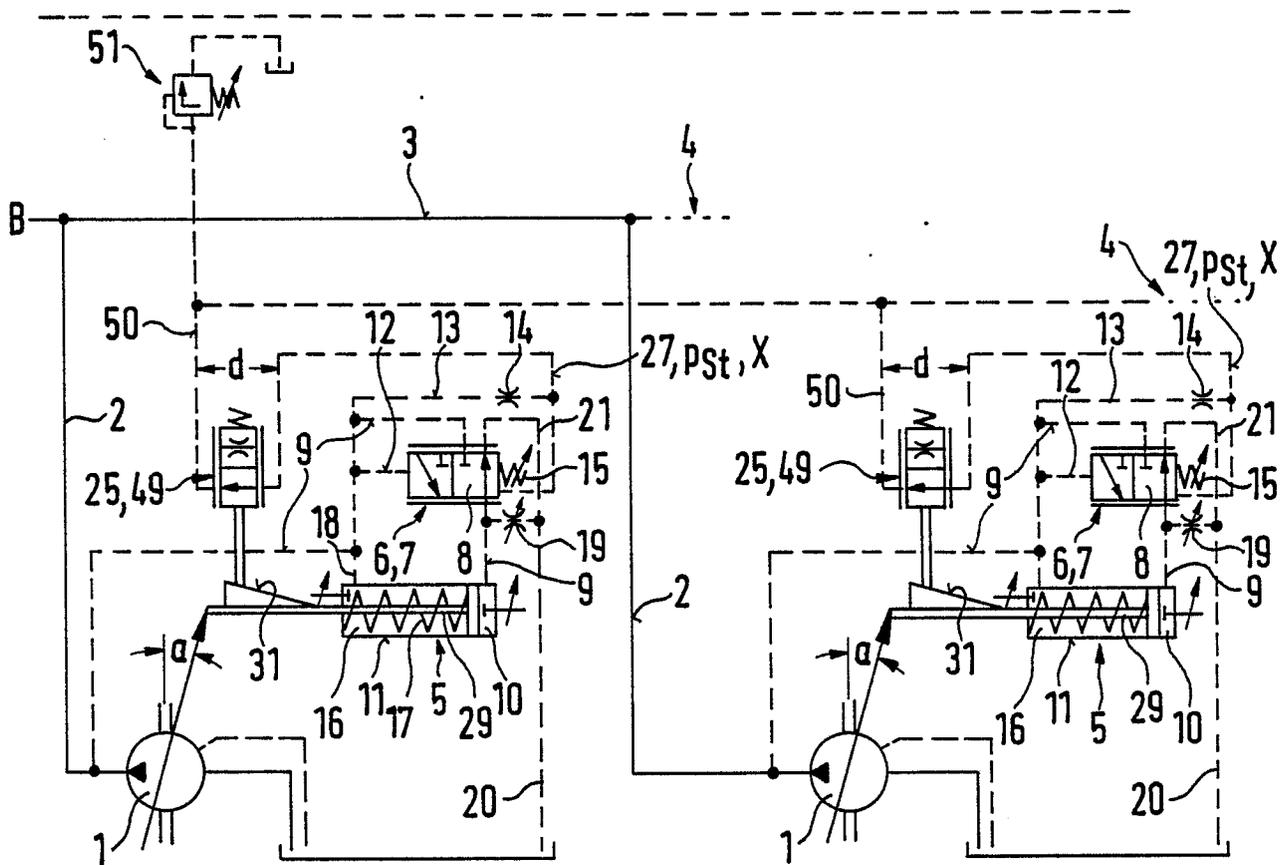


FIG. 3

