



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 655 982 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 16 H 39/44

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 3055/81

⑫② Anmeldungsdatum: 12.05.1981

⑫③ Priorität(en): 14.05.1980 DE 3018409
28.02.1981 DE 3107780

⑫④ Patent erteilt: 30.05.1986

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.05.1986

⑫⑦ Inhaber:
Mannesmann Rexroth GmbH, Lohr a.M. (DE)

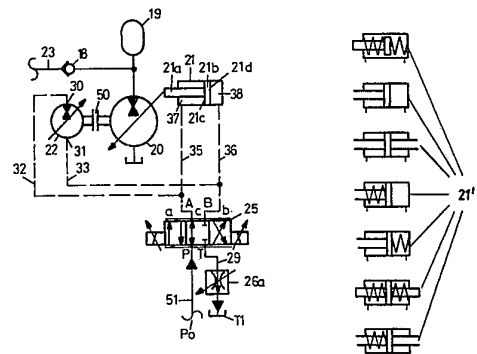
⑫⑦② Erfinder:
Nikolaus, Heinrich, Prof. Dr.-Ing., Hamburg 74
(DE)

⑫⑦④ Vertreter:
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

⑥④ **Hydrostatisches Antriebssystem.**

⑥⑦ Das hydrostatische Antriebssystem besteht aus einer von einer oder mehreren Hydropumpen gebildeten Primäreinheit und einer von einem oder mehreren Verstellpumpen-Motoren gebildeten Sekundäreinheit. Mit den Verstellpumpen-Motoren sind kleine Hydropumpen-Motoren als Signalgeber (22) zur Abgabe einer von der Drehzahl der Verstellpumpen-Motoren bestimmten Signalgrösse für die von einem Stellzylinder gebildeten Verstellvorrichtung (21) der Verstellpumpen-Motoren gekoppelt. Die Anschlüsse (30, 31) der Signalgeber sind mit den Zylinderräumen (37, 38) des Stellzylinders verbunden, wobei der Zylinderraum des Stellzylinders, der nicht mit der Steuermittelquelle in Verbindung steht, mit einer Drosselvorrichtung zum Aufbau eines bestimmten Steuerdruckes in Verbindung steht. Durch die damit verbundene hydraulische Verspannung des Kolbens des Stellzylinders wird die Genauigkeit und Ansprechempfindlichkeit der Drehzahlregelung auch bei kleinen Drehzahlen der Verstellpumpen-Motoren erhöht und gleichzeitig deren Wirkungsgrad verbessert, ohne dass zusätzliche Hydraulikgeräte, wie Druckventil, erforderlich sind.

Das Antriebssystem eignet sich beispielsweise für Fahrantriebe und Winden, wo sich die Energierückgewinnung besonders günstig auswirkt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Aus einer oder mehreren Hydropumpen als Primäreinheit und einer oder mehreren Verstellpumpen-Motoren als Sekundäreinheit gebildetes Antriebssystem, wobei eine oder mehrere der Verstellpumpen-Motoren mit Hydropumpen-Motoren als Signalgeber zur Abgabe einer von der Drehzahl der Verstellpumpen-Motoren bestimmten hydraulischen Signalgrösse für deren von hydraulischen Stellzylindern gebildeten Verstellvorrichtung gekoppelt sind, wobei jeweils der eine Anschluss der Signalgeber mit dem einen Zylinder-
raum und der andere Anschluss mit dem anderen Zylinder-
raum des zugeordneten Stellzylinders verbunden sind und
über eine Dosiereinheit einem der beiden Zylinderräume des
Stellzylinders ein den Sollwert der Drehzahl des zugeord-
neten Verstellpumpen-Motors festlegender Steuerölstrom
zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosierein-
heit (26a, 25, 52, 57) mit dem Zylinderraum (38) des Stellzy-
linders (21) verbunden ist, der nicht mit der Steuermittel-
quelle (Po) verbunden ist.

2. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosiereinheit (26a, 25) in den Rücklauf (29) des Steuerölstromes (Po, Qo, 23) gelegt ist.

3. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dosiereinheit (26a) von einem die Drehrichtung des Verstellpumpen-Motors festlegenden Wegeventil (25) für die Zu- und Abführung der Steuerflüssigkeit zum bzw. vom Stellzylinder (21) gebildet ist.

4. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Wegeventil (25) als elektrisch ansteuerbares Servoventil ausgebildet ist.

5. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Wegeventil (25) als elektrisch ansteuerbares Proportionalventil ausgebildet ist.

6. Hydrostatisches Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zum den Signalgeber bildenden Hydropumpen-Motor (22) ein den Steuerstrom für den einen Zylinderraum (38) des Stellzylinders (21) beeinflussendes hydraulisches Gerät (52) angeordnet ist.

7. Hydrostatisches Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zu- und Rücklaufleitung (9, 61, 29) für den Steuerölstrom zusammengefasst sind und an eine gemeinsame Steuerölquelle (23, Po, Qo) angeschlossen sind.

8. Hydrostatisches Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerölquelle von der Druckseite (23) des Antriebssystems gebildet ist.

9. Hydrostatisches Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellgeschwindigkeit des Stellzylinders (21) des Verstellpumpen-Motors (20) als Signal zur Beeinflussung der die Verstellung bewirkenden Mittel (25, 26, 52, 22) der Regelungseinrichtung zuführbar ist.

10. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Geschwindigkeitssignal als Druckdifferenzsignal an einer in einer zum Stellzylinder führenden Steuerleitung (35, 36) angeordneten Blende (75) abgenommenen und einem mit einem den Steuerölstrom beeinflussenden Gerät (52) gekoppelten Stellzylinder (70) zuführbar ist.

11. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Geschwindigkeitssignal als elektrisches Signal (55) einem den Steuerölstrom beeinflussenden elektrisch zu betätigenden Gerät zuführbar ist.

12. Hydrostatisches Antriebssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das vom Signalgeber (22) erzeugte hydraulische Signal einem den

Stellzylinder (21) des Verstellpumpen-Motors steuernden stetig verstellbaren Wegeventil (57) als Stellsignal zuführbar ist (Fig. 4).

13. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die von dem stetig verstellbaren Wegeventil (57) zu steuernde Arbeitsflüssigkeit (P1, Q1) von der Steuerflüssigkeit (Po, Qo) unabhängig ist.

14. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stellzylinder (21) eine durchgehende Kolbenstange aufweist, an die zur Festlegung der Drehrichtung des Verstellpumpen-Motors (20) eine zusätzliche Kraft in die eine oder andere Verschieberichtung angreift.

15. Hydrostatisches Antriebssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstangenenden Druckräume (37a, 38a) begrenzen, die über ein Vierwegeventil (62) mit zwei Schaltstellungen (a, b) gegenläufig mit der Druckmittelquelle bzw. dem Tank verbindbar sind.

Die Erfindung betrifft ein aus einer und mehreren Hydropumpen als Primäreinheit und einer oder mehreren Verstellpumpen-Motoren als Sekundäreinheit gebildetes Antriebssystem nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Ein solches hydrostatisches Antriebssystem ist durch die DE-OS 2 039 968 bekannt. Die Verstellung des Verdrängungsvolumens der Verstellpumpen-Motoren erfolgt bei diesem bekannten Antriebssystem durch hydraulische Stellzylinder. Der Signalgeber besteht aus einem kleinen Hydropumpen-Motor, der mit dem Verstellpumpen-Motor des Antriebssystems schlupffrei gekoppelt ist. Die Anschlüsse des Signalgebers sind mit den Zylinderräumen des Stellzylinders verbunden und gleichzeitig mit den Zu- und Rücklauf für die Steuerflüssigkeit, wobei in deren Zulauf eine als Stromregler ausgebildete Dosiereinheit zur Festlegung der Soll-Drehzahl des zugeordneten Verstellpumpen-Motors des Antriebssystems vorgesehen ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Genauigkeit und Ansprechempfindlichkeit der Drehzahlregelung auch bei kleinen Drehzahlen der Verstellpumpen-Motoren mit einfachen Mitteln zu erhöhen, bei gleichzeitiger Verbesserung des Wirkungsgrades eines solchen hydrostatischen Antriebssystems. Nach den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Dosiereinheit mit dem Zylinderraum des Stellzylinders verbunden ist, der nicht mit der Steuermittelquelle verbunden ist. Der Kolben des Stellzylinders ist somit durch die Dosiereinheit hydraulisch verspannt und damit genau zu verstellen.

Zweckmässigerweise wird die Dosiereinheit in den Rücklauf des Steuerölstromes gelegt. Dadurch erübrigt es sich, im Rücklauf ein die Steuer- bzw. Regelleistung beeinträchtigendes Druckhalteventil anzuordnen. Eine weitere Ausführungsform mit vereinfachtem konstruktivem Aufbau eines solchen Antriebssystems nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 ergibt sich dadurch, wenn die Dosiereinheit gleichzeitig von dem die Drehrichtung des Verstellpumpen-Motors des Antriebssystems festlegenden Wegeventil zur Zu- und Abführung der Steuerflüssigkeit für den Stellzylinder gebildet wird. Zweckmässigerweise wird hierbei ein elektrisch ansteuerbares Wegeventil bzw. Servoventil eingesetzt. Ein solches Ventil ist stetig zu verstellen, damit jeder gewünschte Drosselquerschnitt genau festgelegt werden kann. An Stelle eines Servoventils lässt sich auch ein elektrisch ansteuerbares Proportionalventil einsetzen, das den geforderten Einstellgenauigkeiten entspricht.

Eine weitere Verbesserung eines hydrostatischen Antriebssystems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ergibt sich, wenn die den Signalgeber bildenden Hydropumpen-Motoren ein verstellbares Verdrängungsvolumen aufweisen. Dadurch lässt sich die Ansprechempfindlichkeit der Drehzahlregelung, insbesondere bei kleinen Drehzahlen des Verstellpumpen-Motors durch Vergrößerung des Signalgebers erhöhen. Ausserdem lässt sich hiermit die Drehzahl des Verstellpumpen-Motors des hydrostatischen Antriebssystems bei konstant eingestellter Dosiereinrichtung durch Verstellen des Verdrängungsvolumens des Signalgebers zusätzlich verändern. Dies ergibt den weiteren Vorteil, dass die Genauigkeit und Ansprechempfindlichkeit der Drehzahlregelung unter Berücksichtigung der vorgegebenen Drehzahl des Verstellpumpen-Motors unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades optimal einzustellen ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Regelverhaltens des hydrostatischen Antriebes wird dadurch erreicht, wenn parallel zum den Signalgeber bildenden kleinen Hydropumpen-Motor ein den Steuerstrom für den einen Zylinderraum des Stellzylinders beeinflussendes hydraulisches Gerät angeordnet ist. Dieser sich daraus ergebende Parallelstrom, der am Signalgeber parallel vorbeigeführt wird, stellt eine künstliche Veränderung des Leckstromes des Signalgebers dar und wirkt damit auf das Regelverhalten dämpfend und darüber hinaus beeinflusst es auch die Drehmomentdrehzahl-Kennung des Verstellpumpen-Motors.

Die Anordnung eines Stromreglers in der Parallelleitung wird beispielsweise bei Umkehrung der Stellzylinder wirkenden Druckdifferenz durch den dabei von den Stromregler verursachten Bypass-Strom ein Drehzahlsprung bei eingepägtem Drehmoment des Verstellpumpen-Motors erreicht (künstliche Sollwertabweichung). Bei Anordnung eines Druckbegrenzungsventils in der Bypass-Leitung steigt der Bypass-Strom mit Erreichen des eingestellten Druckwertes am Druckbegrenzungsventil sprunghaft an. Dies beeinflusst die Stellgeschwindigkeit des Stellzylinders. Bei Anordnung einer Drossel in der Bypass-Leitung wird der Leckstrom über den gesamten Druckdifferenzbereich am Stellzylinder stetig verändert. Dadurch kann die Steilheit der Drehzahl-Drehmoment-Kennung eingestellt werden. Durch Kombination mehrerer dieser Geräte in Parallel- oder Reihenschaltung ergeben sich entsprechend überlagerte Antriebskennungen des Verstellpumpen-Motors. Da dieser Parallelstrom auf der anderen Seite für das Regelsystem eine drehzahlverändernde Wirkung ausübt, ergibt sich die weitere Möglichkeit, durch entsprechende Dosierung dieses Bypass-Stromes die Drehzahl des Verstellpumpen-Motors mit festzulegen.

Eine weitere Dämpfung der Stellgeschwindigkeit des Stellzylinders ergibt sich, wenn in der Zu- bzw. Abführleitung des Stellzylinders Dämpfungsdrosseln angeordnet sind. Auf das Wegeventil zur Zuführung des Steueröls zum Signalgeber, welches gleichzeitig die Drehrichtung der Verstellpumpen-Motoren vorgibt, kann verzichtet werden, wenn der Stellzylinder mit einer durchgehenden Kolbenstange ausgebildet ist und zur Festlegung der Drehrichtung der Verstellpumpen-Motoren die Kolbenstange entsprechend der gewünschten Drehrichtung in die eine oder andere Verschieberichtung mit einer zusätzlichen Last beaufschlagt wird. Zweckmässigerweise erfolgt diese Lastaufbringung dadurch, dass die Kolbenstangenenden Druckräume begrenzen, die über ein 4-Wegeventil mit zwei Schaltstellungen gegenläufig mit einer Druckmittelquelle bzw. dem Tank verbindbar sind. Bei dieser Ausbildung des Stellzylinders wird der weitere Vorteil erreicht, dass die Steuerkennlinien beider Drehrichtungen des Verstellpumpen-Motors weitgehend gleich verlaufen. Zur weiteren Wirkungsgradverbesserung der Regeleinrichtung werden die Zu- und Rücklaufleitungen der Steuerölströme

zusammengefasst und an eine gemeinsame Steuerölquelle angeschlossen. Es tritt also kein zum Tank zurückgeführter Steuerölverlust auf. Zweckmässigerweise wird die Steuerölquelle von der Druckseite des Antriebssystems gebildet. Zur weiteren Herabsetzung der Stellzeit des Stellzylinders wird die Stellgeschwindigkeit desselben als Signal zur Beeinflussung der die Verstellung bewirkenden Mittel der Regeleinrichtung zugeführt. Hierbei wird vorteilhafterweise das Geschwindigkeitssignal als Druckdifferenzsignal an einer in einer zum Stellzylinder führenden Steuerleitung angeordneten Blende abgenommen und einem mit einem den Steuerölstrom beeinflussenden Gerät gekoppelten Stellzylinder zugeführt. Je nach Stellgeschwindigkeit wird somit der Sollwert um einen entsprechenden Wert vergrössert bzw. verringert. Sobald der Stellzylinder wieder zur Ruhe gekommen ist, hat auch der Sollwertgeber wieder seinen ursprünglichen Wert erreicht. Wird das den Steuerölstrom beeinflussende, den Sollwert bildende Gerät elektrisch verstellt, wird das Geschwindigkeitssignal als elektrisches Signal zur entsprechenden Verstellung des Sollwertes diesem Gerät zugeführt. Anstatt dem Stellzylinder die Steuerflüssigkeit unmittelbar über den Signalgeber und der Dosiereinrichtung zuzuführen, kann es vorteilhaft sein, diese Steuerflüssigkeit zur Steuerung eines den Stellzylinder des Verstellpumpen-Motors zugeordneten stetig verstellbaren Wegeventils zuzuführen, das seinerseits die Arbeitsflüssigkeit zur Verstellung des Stellzylinders dem Stellzylinder hydraulisch verstärkt zuführt. Diese den Stellzylinder steuernde Arbeitsflüssigkeit kann auf einem anderen Druckniveau liegen als die Steuerflüssigkeit zur Ansteuerung des Wegeventils, da beide Flüssigkeiten bei einem solchen Steuerungsaufbau voneinander unabhängig sind. Diese mittelbare Ansteuerung des Stellzylinders lässt sich in vorteilhafterweise auch elektrisch durchführen, indem das Wegeventil elektrisch verstellt wird und der Signalgeber als elektrischer Tachogenerator ausgebildet ist, dessen Istwertsignal mit einem elektrisch zugeführten Sollwertsignal die Stellgrösse für das Wegeventil bildet. In einem solchen elektrischen Regelkreis lässt sich selbstverständlich auch das Geschwindigkeitssignal des Stellzylinders mit einbeziehen.

Das Verdrängungsvolumen des Verstellpumpen-Motors kann als Führungssignal der Regeleinrichtung der Primäreinheit zur Anpassung der von der Sekundäreinheit geforderten Leistung zugeführt werden. Dadurch lässt sich ein besonders wirtschaftlicher Betrieb des Antriebssystems erzielen. Ist in der Versorgungs- oder Druckleitung des Verstellpumpen-Motors ein Speicher angeordnet, wird aus Sicherheitsgründen zwischen Speicher und dem Verstellpumpen-Motor ein entsperbares Rückschlagventil vorgesehen, dessen Steuerleitung mit der Druckseite der Primärseite verbunden ist. Damit wird sichergestellt, dass der Verstellpumpen-Motor nur dann in Betrieb gesetzt werden kann, wenn die Primäreinheit die zum Betrieb der Sekundäreinheit erforderliche Druckflüssigkeit liefert. Andernfalls bestände die Gefahr, dass, ohne dass die Primäreinheit arbeitet, die Sekundäreinheit den Speicher leerfährt und damit mitten eines Betriebszustandes in unerwünschter Weise zum Stillstand käme. Gleichzeitig weist diese Anordnung des entsperbaren Rückschlagventils den Vorteil auf, dass es zum Zu- und Abschalten der einzelnen Verstellpumpen-Motoren einsetzbar ist (im Prinzip der Hauptschutz wie bei elektrischen Maschinen). Gleichzeitig kann dieses entsperbare Rückschlagventil auch zur stetigen Steuerung des Energieflusses eingesetzt werden. Dies ist besonders zur Dämpfung von Systemschwingungen interessant.

Die Erfindung wird anhand von vier Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In Figur 1 ist die Sekundärseite des erfindungsgemässen hydrostatischen Antriebssystems gezeigt, bei dem mit 23 die

von der Primärseite kommende Druckleitung bezeichnet ist. In dieser Druckleitung ist ein in Richtung der Primärseite schliessendes Rückschlagventil 18 angeordnet und zwischen Rückschlagventil 18 und Verstellpumpen-Motor 20 ein Speicher 19. Die Verstellung des Verdrängungsvolumens des Verstellpumpen-Motors erfolgt durch den Stellzylinder 21. Der Verstellpumpen-Motor ist mit einem als Hydropumpen-Motor 22 mit kleinem Verdrängungsvolumen ausgebildete Istwertgeber (Signalgeber) gekoppelt, dessen Anschlüsse 30, 31 über Steuerleitungen 32, 33 mit den Zuführungsleitungen 35, 36 des Stellzylinders 21 verbunden sind. Die Zuführungsleitung 35 steht mit dem kolbenstangenseitigen Zylinderraum 37 und die Zuführungsleitung 36 mit dem kolbenseitigen Zylinderraum 38 des Stellzylinders 21 in Verbindung. Das andere Ende der Zuführungsleitung 35 steht mit dem Anschluss A und das andere Ende der Zuführungsleitung 36 mit dem Anschluss B eines 4-Wegeventils 25 mit 3 Schaltstellungen a, b, c in Verbindung. Der Anschluss P des 4-Wegeventils 25 steht über die Leitung 51 mit einer Steuermittelquelle Po in Verbindung und der Anschluss T über die Leitung 29 mit dem Tank Tl. In der Tankleitung 29 ist ein einstellbarer Stromregler 26a angeordnet, so dass die zum Tank Tl zurückströmende Steuerflüssigkeit genau zu dosieren ist.

In der gezeigten Ausgangsschaltstellung c des 4-Wegeventils 25 ist über die Zuführungsleitung 35 der kolbenstangenseitige Zylinderraum 37 des Stellzylinders 21 mit der Steuermittelquelle Po verbunden. Die Zuführungsleitung 36 zum kolbenseitigen Zylinderraum 38 des Stellzylinders ist in dieser Schaltstellung des Wegeventils geschlossen, so dass sich der Kolben 21b durch den im kolbenstangenseitigen Zylinderraum 37 wirkenden Steuerdruck auf die im kolbenseitigen Zylinderraum befindliche Steuerflüssigkeit abstützt und somit zunächst eine unbewegliche Stellung einnimmt.

Wird der Verstellpumpen-Motor 20 der Primärseite unter einem bestimmten Druck stehende Arbeitsflüssigkeit zugeführt, gibt diese ein Drehmoment entsprechend diesem Druck und der Stellung der Kolbenstange 21a des Stellzylinders 21 ab. Die damit verbundene Drehung der Ausgangswelle des Verstellpumpen-Motors 20, die in diesem Falle als Motor arbeitet, wird über das Kupplungsglied 50 auch auf den Istwertgeber 22 übertragen. Dieser führt nunmehr dieselbe Drehbewegung wie der Verstellpumpen-Motor 20 aus.

Da der Anschluss 31 des Istwertgebers über die Leitungen 33, 36 mit dem kolbenseitigen Zylinderraum 38 in Verbindung steht, wird diesem Zylinderraum infolge der Drehbewegung des Istwertgebers Steuerflüssigkeit zu oder aus diesem abgeführt und damit eine entsprechende Verschiebung der Kolbenstange 21a des Stellzylinders bewirkt, und zwar um einen solchen Betrag, dass an dem Verstellpumpen-Motor ein solches Moment erzeugt wird, dass dem an der Abtriebswelle angreifenden Drehmoment betragsmässig gleich und drehrichtungsmässig entgegengesetzt ist.

Sobald die Drehzahl Null des Verstellpumpen-Motors 20 und damit auch die des Istwertgebers erreicht ist, kann dem Zylinderraum 38 des Stellzylinders von dem Istwertgeber keine Steuerflüssigkeit mehr zu oder abgeführt werden.

Das Abtriebssystem befindet sich im stationären Gleichgewicht. Im Zylinderraum 38 baut sich hierbei ein solcher Steuerdruck auf, dass der Kolben 21b des Stellzylinders kraftausgeglichen ist. Dadurch, dass der Kolben 21b des Stellzylinders kolbenstangenseitig eine kleinere wirksame Fläche 21c aufweist als auf der gegenüberliegenden Seite 21d, befindet sich der Kolben im Kräftegleichgewicht, wenn der Steuerdruck im Zylinderraum 38 einen dieser Kolbenflächendifferenz entsprechenden kleineren Wert aufweist als der im kolbenstangenseitigen Zylinderraum 37 herrschende Steuerdruck. Tritt während des Stillstandes des Verstellpumpen-Motors 20 über den Istwertgeber 22 Lecköl in den

Zylinderraum 38 des Stellzylinders ein, so dass damit das am Kolben 21b wirkende Kräftegleichgewicht gestört und damit eine Verstellung des Verstellpumpen-Motors 20 auftritt, führt diese eine gegenläufige Drehbewegung aus und damit auch der Istwertgeber 22, wobei letzterer als Pumpe wirksam ist und soviel Steuerflüssigkeit wieder zurück in Richtung der Steuermittelquelle Po fördert, dass am Kolben 21b wieder die das Kräftegleichgewicht herstellende Druckdifferenz herrscht. Es handelt sich hierbei um kleine Auslenkbewegungen der miteinander gekoppelten Verstellpumpen-Motoren, da nur kleine Leckölverluste auftreten.

Wird über die in der Tankleitung 29 angeordnete als Stromregler ausgebildete Dosiereinrichtung 26a durch Schalten des Wegeventils 25 aus der Mittelstellung c in die Schaltstellung a eine bestimmte Steuerflüssigkeitsmenge zum Tank abgeführt, kann sich zunächst der Zylinderraum 38 über die Zuführungsleitung 36 zum Tank entspannen. Dies bedeutet, dass sich der Kolben 21b durch die Druckbeaufschlagung im Zylinderraum 37 von seiten der Steuermittelquelle Po in Richtung des Zylinderraumes 38 bewegt und damit eine Verstellung des Verstellpumpen-Motors 20 herbeigeführt, die nunmehr eine Drehbewegung ausführt. Der Istwertgeber, der sich durch die Kopplung mit dem Verstellpumpen-Motor 20 mitdreht, wirkt nunmehr als Hydromotor und lässt von der Leitung 32 unter Druck stehende Steuerflüssigkeit in Richtung der Leitung 33 strömen. Von dort strömt die Steuerflüssigkeit über das Wegeventil 25 und das einstellbare Stromventil 26a zum Tank Tl zurück.

Vor dem Stromventil 26a baut sich ein Staudruck auf, der von dem freien Durchgangsquerschnitt des Stromventils einerseits und von der durchströmenden Steuerflüssigkeitsmenge andererseits festgelegt ist. Bei einer gegebenen Einstellung des Stromventils wächst demnach mit zunehmender Steuerflüssigkeitsmenge der Staudruck vor dem Stromventil und damit über die Zuführungsleitung 36 auch im Zylinderraum 38 des Stellzylinders. Da die Steuerflüssigkeitsmenge von der Drehzahl des Istwertgebers 22 festgelegt ist, steht demnach auch der Staudruck der Steuerflüssigkeit in unmittelbarer Abhängigkeit von der Drehzahl des Istwertgebers 22 bzw. der mit diesem gekoppelten Verstellpumpen-Motor 20.

Sobald der auch im Zylinderraum 38 des Stellzylinders 21 wirkende Staudruck einen solchen Wert erreicht hat, durch den sich der Kolben 21b des Stellzylinders im Kräftegleichgewicht befindet, ist eine weitere Erhöhung der Drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20 nicht mehr möglich, da dies gleichzeitig eine weitere Erhöhung des Staudruckes zur Folge hätte, der den Kolben wieder in Richtung kleinerer Drehzahl des Verstellpumpen-Motors herunterregeln würde.

Unter der Voraussetzung, dass der Druck der Steuerölquelle Po einen konstanten Wert beibehält, hat bei Gleichgewichtslage des Kolbens 21b des Stellzylinders der Staudruck vor dem Stromventil 26a auch immer denselben Wert. Damit bestimmt die über die Dosiereinrichtung 26a abgeführte Steuerflüssigkeitsmenge oder der hierfür bestimmte freie Durchflussquerschnitt der Dosiereinrichtung letztlich die geregelte Drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20, und zwar unabhängig davon, ob der Verstellpumpen-Motor als Motor oder als Generator arbeitet.

Das Verdrängungsvolumen des Verstellpumpen-Motors 20 wird in Abhängigkeit des an der Welle angreifenden Drehmomentes durch den Stellzylinder 21 in eine solche Lage verstellt, dass die am Stromventil 26a einzustellende Drehzahl erreicht wird. Eine Änderung der Drehzahl infolge einer Änderung des an der Abtriebswelle des Verstellpumpen-Motors angreifenden Drehmomentes bewirkt zwangsläufig durch die Kupplung mit der den Istwertgeber bildenden Verstellpumpen-Motors 22 eine Änderung des Steuerdruckes im Zylinderraum 38 des Stellzylinders und damit wiederum eine

entsprechende Anstellbewegung des Stellzylinders 21, und zwar um einen solchen Betrag, dass der Verstellpumpen-Motor 20 die am Stromventil 26a eingestellte Drehzahl wieder erreicht.

Wird zur Erzielung einer Drehrichtungsumkehr des Verstellpumpen-Motors 20 das Wegeventil 25 in die Schaltstellung b geschaltet, steht der Zylinderraum 38 des Stellzylinders unter dem Druck der Steuermittelquelle Po. Damit nun am Differentialkolben 21b Kräftegleichgewicht zu erzielen ist, muss im Zylinderraum 37 ein gegenüber dem Druck der Steuerflüssigkeitsquelle Po grösserer Druck aufgebaut werden. Dies ist nur möglich, wenn der Istwertgeber im Gegensatz zur anderen Drehrichtung, in der dieser von einem höheren zu einem niederen Druckniveau die Steuerflüssigkeit im Motor-Betrieb wandelt als Pumpe arbeitet. Der Funktionsablauf der Regelung ist jedoch der gleiche wie in der anderen Drehrichtung. Auch die Stabilität der Regelung ist die gleiche, da in beiden Fällen der Kolben 21b des Stellzylinders hydraulisch eingespannt ist. Der den Istwertgeber bildende Hydropumpen-Motor 22 ist in seinem Verdrängungsvolumen verstellbar ausgebildet. Dadurch lässt sich die Ansprechempfindlichkeit und damit auch zusätzlich die Stabilität der Regelung beeinflussen. Je kleiner das Verdrängungsvolumen des Istwertgebers 22 gewählt wird, um so weicher wird das Ansprechverhalten der Regelung; im Gegensatz zu einem grossen Verdrängungsvolumen, das ein starres Regelverhalten bewirkt. Je nach Einstellung des Verdrängungsvolumens des Istwertgebers 22 kann somit die Dynamik und Stabilität der Regelung festgelegt werden. Eine zusätzliche Beeinflussung der Regelkennlinie wird erzielt, wenn der Stellzylinder gemäss den Schaubildern 21' mit zusätzlichen Federkräften belastet ist bzw. eine durchgehende Kolbenstange erhält.

Eine durchgehende Kolbenstange gewährleistet eine gleiches Regelverhalten in beiden Drehrichtungen. Bei einer zusätzlichen Federbelastung des Stellzylinders ergeben sich Änderungen in der Steilheit der Drehmoment-Drehzahl-Kennung des Abtriebs.

Das Wegeventil 25, das die Drehrichtung des Verstellpumpen-Motors festlegt, kann die Aufgabe der Dosiereinrichtung 26a mit übernehmen. Dazu wird es als Proportionalventil ausgebildet. Ein auf einen Regelmagneten wirkendes eingeleitetes elektrisches Signal führt eine entsprechende Verstellung des Steuerkolbens des Proportionalventils herbei und legt damit einen bestimmten die Drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20 festlegenden Durchflussquerschnitt fest.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 2 unterscheidet sich gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 zunächst dadurch, dass der Ausgang 29 der Dosiereinrichtung 26a nicht mit dem Tank, sondern mit der Steuerflüssigkeitsquelle Po verbunden ist. Durch eine solche Schaltung werden die Steuerflüssigkeitsverluste auf ein Minimum beschränkt. Die Regelung ist durch diese Verbindung des Ausgangs 29 der Dosiereinrichtung 26a mit der Druckmittelquelle Po allerdings nur in einer Drehrichtung des Verstellpumpen-Motors 20 wirksam. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für eine Verstellung des Kolbens 21b in Richtung des Zylinderraumes 38 des Stellzylinders 21 der Istwertgeber 22 sowohl in der Schaltstellung a als auch in der Schaltstellung b des Wegeventils 25 die Steuerflüssigkeit aus der Leitung 33 in die Leitung 32 fördert. In der Schaltstellung b des Wegeventils 25 ist der kolbenseitige Zylinderraum 38 über die Dosiereinrichtung 26a mit der Druckmittelquelle Po verbunden.

Durch die grössere Fläche 21d des Kolbens 21b im Zylinderraum 38 gegenüber der kolbenstangenseitigen Fläche 21c ist ein Kräftegleichgewicht am Kolben nur möglich, wenn der Druck im Zylinderraum 38 um einen der Flächendifferenz entsprechenden Betrag niedriger ist als im Zylinderraum

37. Da im Zylinderraum 37 in der Schaltstellung b der volle Druck der Steuerflüssigkeitsquelle herrscht, muss der Druck im Zylinderraum 38 unter diesem Druck liegen. Dies wird dadurch erreicht, dass der Istwertgeber 22 aus der Zuführungsleitung 36 zwischen kolbenseitigem Zylinderraum 38 und Dosiervorrichtung 26a Steuerflüssigkeit über die Steuerleitung 33 in die über das Wegeventil 25 unmittelbar mit der Druckmittelquelle Po verbundenen Zuführungsleitung 35 über die Steuerleitung 32 fördert, und zwar in einer solchen Menge, dass der Druck im kolbenseitigen Zylinderraum 38 auf einen Wert absinkt, durch den am als Differenzkolben ausgebildeten Kolben 21b des Verstellzylinders 21 Kräftegleichgewicht herrscht. Diese Steuerflüssigkeitsmenge ist ein Mass für die Drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20. Da dieses Kräftegleichgewicht am Kolben 21b eine bestimmte von der Differenz der beiden einander gegenüberliegenden wirksamen Flächen 21c, 21d des Kolbens festgelegte Druckdifferenz zwischen den beiden Zylinderräumen 37, 38 des Stellzylinders 21 voraussetzt, lässt sich die Soll-drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20 von dem Verdrängungsvolumen des Istwertgebers 22 oder von der freien Durchtrittsöffnung der Dosiervorrichtung 26a festlegen. Je kleiner das Verdrängungsvolumen des bei diesem Ausführungsbeispiel als Pumpe arbeitenden Istwertgebers 22 oder je grösser der freie Querschnitt der Dosiervorrichtung eingestellt wird, um so grösser muss die Drehzahl des Istwertgebers sein, um die zur Erzielung des Kräftegleichgewichts am Kolben 21b erforderliche Druckdifferenz zu erzeugen. Dasselbe gilt, wenn das Wegeventil 25 aus der Schaltstellung b in die Schaltstellung a geschaltet wird. In dieser Schaltstellung steht der kolbenseitige Zylinderraum 38 unmittelbar unter dem Druck der Steuermittelquelle Po. Damit nun am Stellkolben 21b Kräftegleichgewicht herrscht, muss zur Erzielung der hierfür erforderlichen Druckdifferenz im Zylinderraum 37 ein höherer Druck herrschen als im Zylinderraum 38. Dies wird dadurch erreicht, dass der Istwertgeber 22 durch entsprechende Drehzahl einen über dem Druck der Steuermittelquelle liegenden Druck vor der Dosiereinrichtung 26a aufbaut. Es ist ersichtlich, dass in beiden Schaltstellungen des Wegeventils 25 der Istwertgeber 22 als Pumpe arbeitet, und zwar in einem Falle zur Erzielung eines niedrigeren Druckes auf ihrer Zulaufseite und im anderen Falle zur Erzielung eines höheren Druckes auf ihrer Ablaufseite. In beiden Fällen ist die Durchströmrichtung durch den Istwertgeber 22 die gleiche.

Dadurch lässt sich bei einer Schaltung des Wegeventils 25 aus der Schaltstellung a in die Schaltstellung b keine Drehrichtungsumkehr des Verstellpumpen-Motors 20 erreichen. Die Dosiereinrichtung 26a ist lediglich in der Schaltstellung b des Wegeventils 25 im Zulauf und in der Schaltstellung a des Wegeventils im Ablauf des Istwertgebers 22 wirksam.

Die Steuermittelquelle Po kann von der Zulaufseite der Primärseite zur Sekundärseite gebildet werden, wenn eine Verbindungsleitung 9 von der Zulaufleitung 23 zur Steuermittelzulaufleitung 61 geführt wird. Mit Hilfe des dem Istwertgeber 22 parallel geschalteten Gerätes 52 lässt sich die Menge des Steuerstromes beeinflussen und damit die Regelkennlinie verändern. Je nach Ausbildung dieses Gerätes 52 entsprechend den Geräten 52' neben der Abb. 2 lassen sich bestimmte dem Betrieb der Sekundäreinheit angepasste Kennlinien erreichen. Wird dieses Gerät als einstellbares Stromregelventil 52'a ausgebildet, wirkt dieses wie eine Vergrösserung des Leckvolumens des Istwertgebers 22. Damit lässt sich eine Dämpfung der Regeleinrichtung erzielen und gleichzeitig die an der Dosiervorrichtung 26a eingestellte Soll-Drehzahl des Verstellpumpen-Motors zusätzlich beeinflussen. Durch die zusätzliche Veränderung des Verdrängungsvolumens des Istwertgebers lässt sich die Regelung in bezug auf deren Stabilität und Ansprechempfindlichkeit in

einfacher Weise optimieren. Die in den Zuführungsleitungen 35 und 36 vorgesehenen Drosseln 50, 51 dienen zur Dämpfung der Stellbewegung des Stellzylinders 21.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 3 weist gegenüber den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 und 2 kein Wegeventil 25 auf. Ausserdem ist keine besondere Dosiereinrichtung 26a vorgesehen. Die Sollzahl wird durch die zum Istwertgeber 22 im Bypass liegende einstellbare Dämpfungsdrossel 52 eingestellt. Zur Erzielung einer in beiden Drehrichtungen des Verstellpumpen-Motors 20 wirksamen Drehzahlregelung ist der Stellzylinder 21 mit vier Zylinderräumen 37, 37a und 38a versehen. Die beiden aussenliegenden Zylinderräume 37a, 38a stehen über die Leitungen 60, 61 mit einem 4-Wegeventil 62 mit zwei Schaltstellungen a und b in Verbindung. Der Anschluss P des 4-Wegeventils 62 steht über den Leitungsabschnitt 63 mit der Steuermittelzuführungsleitung 9 in Verbindung, die ihrerseits mit der zum Verstellpumpen-Motor 20 führenden Druckleitung 23 verbunden ist.

Der Tankanschluss T des 4-Wegeventils 62 steht über die Tankleitung 64 mit dem Tank T1 in Verbindung. Damit steht in der gezeigten Schaltstellung b des 4-Wegeventils 62 der Zylinderraum 37a mit der Steuermittelquelle und der Zylinderraum 38a mit dem Tank in Verbindung. Ausserdem steht über die Zuführungsleitung 35 der Zylinderraum 37 mit der Steuermittelleitung 9 in dauernder Verbindung. Der Zylinderraum 38 des Stellzylinders 21 steht über die Zuführungsleitung 36 mit der zum Istwertgeber führenden Leitung 33 in Verbindung. Damit wird der im Zylinderraum 38 wirkende Steuerdruck von der Drehzahl des Istwertgebers 22 in Verbindung mit der Stellung der einstellbaren Drossel 52 festgelegt. Steht gemäss der Schaltstellung b des Wegeventils 62 neben dem Zylinderraum 37 auch der Zylinderraum 37a unter dem konstanten Steuermitteldruck lässt sich ein Kraftausgleich am Stellzylinder 21 nur dann erreichen, wenn im Zylinderraum 38 ein höherer Druck wirksam ist als der konstante Steuermitteldruck in den Räumen 37, 37a nachdem der Zylinderraum 38a in dieser Schaltstellung des Wegeventils 62 mit dem Tank in Verbindung steht und demgemäss für einen Kraftausgleich des Kolbens 21b nicht beiträgt. Damit der Druck in dem Zylinderraum 38 grösser wird als der konstante Steuermitteldruck in den Zylinderräumen 37, 37a ist es erforderlich, dass der Istwertgeber 22 als Pumpe arbeitet, und zwar in Richtung des Pfeiles 65. Der Druck baut sich somit vor der als Dosiervorrichtung wirkenden Drosselstelle 52 auf und wirkt sich demgemäss auch im Zylinderraum 38 aus. Die Dosiereinrichtung 52 wird hierbei in Richtung des Pfeiles 66 durchströmt. Wird das Wegeventil 62 aus der gezeigten Schaltstellung b in die Schaltstellung a verschoben, ist nunmehr der Zylinderraum 38a mit der Steuermittelquelle verbunden, während der Zylinderraum 37a mit dem Tank in Verbindung steht. Ein Kräftegleichgewicht am Kolben 21b bzw. im Stellzylinder 21 kann sich somit nur dann einstellen, wenn der Druck im Zylinderraum 38 kleiner ist als im mit der Druckmittelquelle verbundenen Zylinderraum 37. Dies lässt sich dadurch erreichen, wenn nunmehr der Istwertgeber in umgekehrte Richtung fördert, d.h. in Pfeilrichtung 67. Damit verläuft auch die Durchströmrichtung durch die Dosiereinrichtung 52 in umgekehrter Richtung, und zwar in Richtung des Pfeiles 68. Je grösser der Durchflussquerschnitt der Dosiervorrichtung 52 gewählt wird, desto grösser muss die Drehzahl des Istwertgebers 22 liegen, um den erforderlichen Druckauf- bzw. Druckabbau im Zylinderraum 38 zu bewirken. Wird die Dosiervorrichtung geschlossen und damit der Bypass-Strom der Steuerflüssigkeit unterbrochen, wird, wie in den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 und 2, der Verstellpumpen-Motor auf Drehzahl 0 heruntergeregt.

Mit dem Stellorgan der Dosiervorrichtung 52b ist nach Figur 3 ein Stellzylinder 70 gekoppelt, dessen Ausgangsstel-

lung federzentriert ist. Die beiden Steuerräume 71, 72 dieses Stellzylinders sind über Steuerleitungen 73, 74 mit der zum gesteuerten Zylinderraum 38 des Stellzylinders 21 für den Verstellpumpen-Motor 20 führenden Steuerleitung 36 verbunden, und zwar zu beiden Seiten einer in der Steuerleitung 36 angeordneten Blende 75. Damit wird die bei einer Verstellung des Stellzylinders 21 sich ergebende Druckdifferenz an der Blende 75 in Folge des hierbei im Zylinderraum 38 sich verändernden Volumens auch im Stellkolben 70 wirksam und überträgt ein entsprechendes Verstellsignal auf die Dosiervorrichtung 52, und zwar entsprechend der Verschieberichtung des Stellzylinders 21. Da die Grösse der Volumenverschiebung im Zylinderraum 38 des Stellzylinders 21 gleichzeitig ein Mass für die Verschiebegeschwindigkeit des Stellzylinders darstellt, ergibt sich eine geschwindigkeitsabhängige Verstellung der Dosiervorrichtung 52.

Anstelle eines hydraulischen Geschwindigkeitssignals lässt sich auch ein elektrisches Geschwindigkeitssignal erzeugen, indem beispielsweise mit dem Stellzylinder 21 für den Verstellpumpen-Motor 20 ein elektrischer Potentiometer 55 gekoppelt ist, dessen Ausgangssignal einem Vergleicher zugeführt wird, in dem das Sollwertsignal für eine elektrische Verstelleinrichtung für die Dosiereinrichtung 52 eingegeben ist. Das hieraus sich ergebende Summensignal bildet das Verstellsignal für die elektrische Verstellvorrichtung der Dosiervorrichtung. Als elektrische Verstellvorrichtung für die Dosiervorrichtung 52 kann beispielsweise ein Proportionalmagnet eingesetzt werden.

Der mit dem Stellzylinder 21 weiter gekoppelte Potentiometer 56 führt das Verdrängungsvolumen des Verstellpumpen-Motors 20 der Regeleinrichtung der Primäreinheit zur Anpassung der von der Sekundäreinheit geforderten Leistung als Führungssignal zu.

Das in der Druckleitung 23 in Durchflussrichtung gesehen hinter dem Speicher 19 angeordnete entspernbare Rückschlagventil 53 wird über die Steuerleitung 54 von der Druckseite der Primäreinheit aufgesteuert.

Dadurch ist sichergestellt, dass der Verstellpumpen-Motor nur in Betrieb zu setzen ist, wenn die Primäreinheit die erforderliche Arbeitsflüssigkeit liefert. Der Speicher 19 kann somit nicht unkontrolliert leergefahren werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 4 wird der Stellzylinder 21 für den Verstellpumpen-Motor 20 nicht unmittelbar von der Steuerflüssigkeit beaufschlagt, sondern mittelbar über ein zwischengeschaltetes stetig wirkendes hydraulisch zu betätigendes Wegeventil 57. Die von der Druckmittelquelle P1, Q1 über die Druckleitung 58 dem Wegeventil 57 zugeführte und von dort über die Arbeitsleitungen 80, 81 dem Stellzylinder 21 weitergeleitete Steuerflüssigkeit ist von der Steuermittelquelle Po, Qo unabhängig.

Das dem Wegeventil 57 zu- bzw. abgeführte Steueröl wird über die Steuerleitungen 32, 36, 32a, 36a und über das die Dosiervorrichtung bildende Proportionalventil 25 geleitet. Dadurch, dass der eine Anschluss 30 des Istwertgebers 22 im Schaltbereich b des Proportionalventils 25 und der Anschluss 31 des Istwertgebers 22 im Schaltbereich a des Proportionalventils 25 mit dem Tank in Verbindung stehen, ist eine Regelung des Verstellpumpen-Motors 20 in beiden Drehrichtungen sichergestellt. Der mit dem Verstellpumpen-Motor 20 gekoppelte Istwertgeber 22 arbeitet in beiden Drehrichtungen als Pumpe. Dies ist dadurch bedingt, dass der jeweilige Ausgang des Istwertgebers 22 über das Proportionalventil 25 mit dem Tank in Verbindung steht. Zwischen dem jeweiligen Ausgang des Istwertgebers 22 und dem Proportionalventil 25 muss zur Erzielung eines Kräftegleichgewichts am Steuerkolben des Wegeventils 57 ein solcher Druck erzeugt werden, der dem Druck auf der Zulaufseite entspricht. Bei Erreichen des Druckgleichgewichts nimmt das Wegeventil 57 seine den

Stellzylinder 21 festlegende Mittelstellung c ein. Besteht zwischen Ein- und Ausgangsseite des Istwertgebers 22 Druckungleichgewicht, wirkt sich das am Steuerventil 57 derart aus, dass sich dieses in eine der Schaltstellungen a oder b verschiebt und damit eine entsprechende Verstellung des Stellzylinders 21 herbeiführt, durch die eine solche Drehzahländerung des Verstellpumpen-Motors herbeigeführt wird, dass der mit letzterer gekoppelte als Pumpe wirkende Istwertgeber Druckgleichgewicht zwischen seinem Ein- und Ausgang wieder herstellt, durch das das Wegeventil 57 wieder seine

Ausgangsstellung c einnimmt, in der der Stellzylinder 21 hydraulisch blockiert ist. Da das Proportionalventil gleichzeitig die Dosiervorrichtung bildet, entspricht jede Drosselstellung dieses Ventils einer bestimmten Drehzahl des Verstellpumpen-Motors 20. Bei einem Proportionalventil wird sowohl der Zu- als auch der Rückfluss gedrosselt.

Der bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehene Differentialzylinder als Stellzylinder für den Verstellpumpen-Motor 20 kann selbstverständlich auch als Zylinder mit durchgehender Kolbenstange ausgebildet sein.

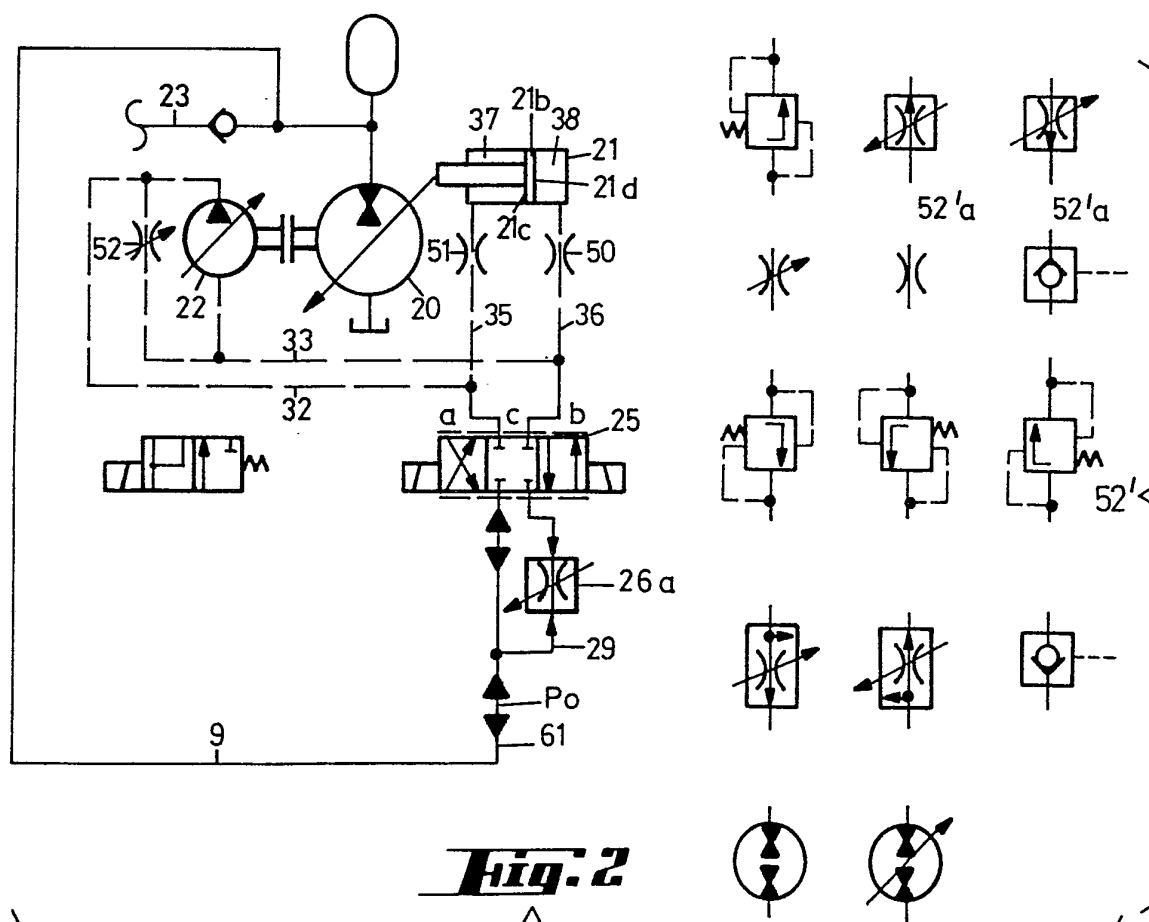
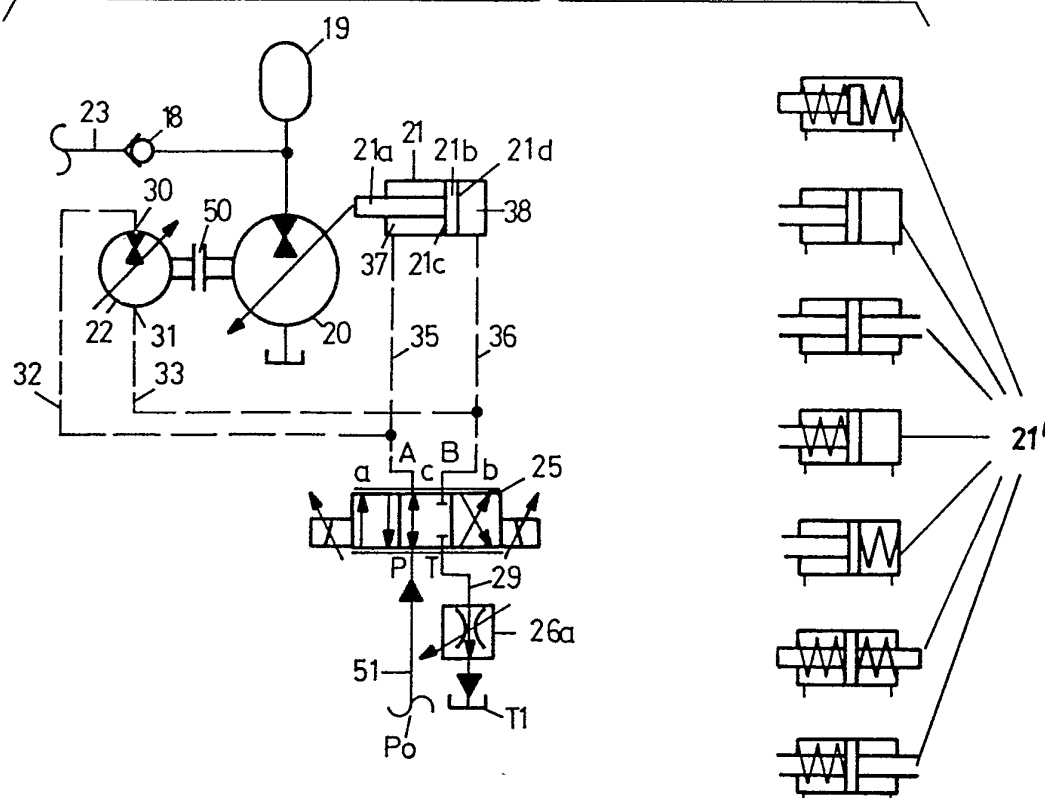
Fig. 1

Fig. 2

