

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

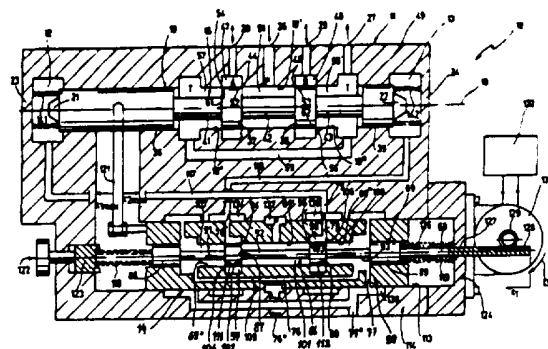
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶: F15B 13/043, 9/10	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/13074 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. April 1997 (10.04.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/04156 (22) Internationales Anmeldedatum: 24. September 1996 (24.09.96) (30) Prioritätsdaten: 195 36 553.4 30. September 1995 (30.09.95) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHULZE, Eckehart [DE/DE]; Stahlbühlstrasse 36, D-71287 Weissach (DE). (74) Anwalt: LUTZ, Johannes, Dieter; Wolf & Lutz, Hauptmannsreute 93, D-70193 Stuttgart (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	

(54) Title: ELECTROHYDRAULIC CONTROL VALVE ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung: ELEKTROHYDRAULISCHE STEUVENTILANORDNUNG

(57) Abstract

The invention concerns an electrohydraulic control valve arrangement (10) for controlling the movement of a hydraulic motor. The control valve arrangement (10) comprises a main control valve (11), which can be actuated by the alternating application and relieving of pressure in two control chambers, and an electrohydraulic servo-control valve (14) which operates with electronically controllable position setpoint input and mechanical actual position data feedback in order to pilot the main control valve accordingly in a manner guided by the setpoint value. The servo-control valve (14) comprises a sleeve-shaped housing element (99) which is disposed so as to be movable in a pressure-tight manner in a connection block (114) rigidly connected to the housing of the main control valve (11). The servo-control valve (14) further comprises a piston (66) which is likewise disposed so as to be movable in a pressure-tight manner in the sleeve-shaped housing element and can be driven in alternate directions by means of a controllable electric motor (131) in order to perform incremental deflections with respect to the sleeve-shaped housing element (99) for inputting the position setpoint. The housing element (99) is coupled for movement in a positive and force-locking manner to the piston (16) of the main control valve (11). The servo-control valve (14) is provided with a valve spring arrangement (118, 119) which, in the non-controlled state of the setpoint input motor (131), sets the piston (66) in the setpoint input position associated with the operationally-neutral centre position of the main control valve (11).



The drawing shows a cross-sectional view of the electrohydraulic control valve arrangement (10). It includes a main control valve (11) with a piston (16) and a servo-control valve (14) with a sleeve-shaped housing element (99) and a piston (66). The servo-control valve (14) is actuated by a controllable electric motor (131) and is coupled to the main control valve (11) via a positive and force-locking connection. The servo-control valve (14) also includes a valve spring arrangement (118, 119) to maintain the piston (66) in its setpoint position when the motor (131) is not active.

(57) Zusammenfassung

Eine elektrohydraulische Steuerventilanordnung (10) zur Bewegungssteuerung eines Hydromotors umfaßt ein durch alternative Druckbeaufschlagung und -entlastung zweier Steuerkammern betätigbares Hauptsteuerventil (11) und zu seiner diesbezüglichen Sollwert-geführten Vorsteuerung ein elektro-hydraulisches Nachlauf-Regelventil (14), das mit elektronisch steuerbarer Positions-Sollwert-Vorgabe und mechanischer Positions-Istwert-Rückmeldung arbeitet. Das Nachlauf-Regelventil (14) umfaßt ein hülsenförmiges Gehäuseelement (99), das in einem mit dem Gehäuse des Hauptsteuerventils (11) fest verbundenen Anschlußblock (114) druckdicht beweglich angeordnet ist, sowie einen seinerseits in dem hülsenförmigen Gehäuseelement druckdicht beweglich angeordneten Kolben (66), der zur Positions-Sollwert-Einsteuerung mittels eines steuerbaren Elektromotors (131) in alternativen Richtungen zur Ausführung inkrementaler Auslenkungen gegenüber dem hülsenförmigen Gehäuseelement (99) antreibbar ist, das als Positions-Istwert-Rückmeldeelement dient, das mit dem Kolben (16) des Hauptsteuerventils (11) kraftformschlüssig bewegungsgekoppelt ist. Das Nachlauf-Regelventil (14) ist mit einer Ventildederanordnung (118, 119) versehen, die im nicht angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabe-Motors (131) den Kolben (66) auf die der funktionsneutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils (11) zugeordnete Sollwert-Vorgabe-Position einstellt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Elektrohydraulische Steuerventilanordnung**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine elektrohydraulische Steuerventilanordnung zur Steuerung des Druckmittel-Zustromes und -Abflusses zu und von einem linearen oder rotatorischen Hydromotor, mit einem als 3-Stellungs-Ventil ausgebildeten Hauptsteuerventil, das einen in einer Bohrung seines Gehäuses in alternativen Richtungen zwischen Endstellungen auslenkbaren Kolben hat, die maximalen Beträgen in alternativen Funktionsstellungen I und II des Hauptsteuerventils freigegebener Querschnitte von Durchflußpfaden entsprechen, die mit zunehmender Auslenkung des Kolbens aus einer (funktionsneutralen) Mittelstellung 0 stetig, im wesentlichen auslenkungsproportional freigegeben und bei Annäherung des Kolbens an seine Mittelstellung entsprechend reduziert werden, wobei die Kolbenauslenkungen mittels einer elektrohydraulischen Vorsteuer-Ventilanordnung, die elektrisch sollwert-geführt ist, durch alternative Druckbeaufschlagung und -Entlastung zweier Steuerkammern des Hauptsteuerventils steuerbar sind. Eine derartige elektrohydraulische Steuerventilanordnung ist das allgemein bekannte Proportionalventil ("Der Hydrauliktrainer", Vogel-Verlag, Würzburg, 1. Auflage 1978, Seiten 143 bis 145), das in einer typischen Ausbildung ein als 4/3-Wege-Ventil als Hauptsteuerventil und zwei mittels je eines Proportionalmagneten, der eine zur Stromstärke proportionale Betätigungskraft erzeugt, steuerbare Druck-Regelventile als Vorsteuer-Ventilanordnung umfaßt, über die die Steuerkammern des Hauptsteuerventils mit Druck beaufschlagbar und druck-entlastbar sind.

Das bekannte Proportionalventil ist aufgrund seines insoweit geschilderten Aufbaus mit zumindest den folgenden Nachteilen behaftet:

Aufgrund stets vorhandener Reibung zwischen den Magnet-Ankern und Gehäuseelementen der Druckregelventile ist deren Ansprechverhalten hysteresese-behaftet, so daß einem definierten Wert des Erregerstromes nicht auch in eindeutiger Weise ein bestimmter Öffnungsquerschnitt des Hauptsteuerventils zugeordnet ist. Derartige Reibungseffekte wirken sich im Sinne der Vergrößerung eines Nachlauffehlers zwischen Soll- und Ist-Position des Hauptsteuerventilkolbens umso stärker aus, je geringer die zeitliche Rate ist, mit der der Erregerstrom der Vorsteuerventile geändert wird, um einen erwünschten Zeitverlauf der jeweiligen Ventileinstellung zu erzielen. Zwar können extreme Auswirkungen solcher Hysteresese-Effekte dadurch einigermaßen wirkungsvoll vermieden werden, daß der Erregerstrom des jeweils angesteuerten Proportionalmagneten zeitperiodisch variiert wird, derart, daß sein zeitlicher Mittelwert einer effektiven Stromstärke entspricht, mit der die gewünschte Anker-Auslenkung verknüpft ist, die wiederum zu einem Vorsteuerdruck führt, der eine erwünschte Positionierung des Hauptsteuerventilkolbens ergeben soll. Der Anker eines solchermaßen angesteuerten Vorsteuerventils wird dadurch ständig in Bewegung gehalten, so daß der im Vergleich zur Gleitreibung höhere Wert der Haftreibung praktisch nicht wirksam werden kann und insoweit die Auslenkung des angesteuerten Ankers stets unter den günstigeren Nebenbedingungen der Gleitreibung möglich ist. Gleichwohl muß auch bei dieser Art der Vorsteuerung in Kauf genommen werden, daß die Ist-Position des Hauptsteuerventilkolbens, einen durch den "Mittelwert" des Erregerstroms des Proportionalmagneten vorgegebenen Sollwert nur relativ träge erfolgt, da weitgehende Übereinstimmung von Soll- und Ist-Position erst nach einigen Periodendauern der periodischen Erregerstrom-Änderungen gegeben sein kann, die diesem durch Überlagerung eines zwischen Extremwerten variierenden Wechselstromes mit einem den einzusteuernden Positions-Sollwert korrelierten Gleichstrom aufgeprägt werden. Für die in praxi nutzbaren Periodendauern des

"Dither"-Stromes, der die periodischen Positions-Änderungen des Vorsteuerventil-Ankers bewirkt, von 10 bis 20 ms, bedeutet dies, daß sich - zeitlich gemittelte - Gleichheit von Ist- und Sollwert der Position des Hauptsteuerventilkolbens erst nach etwa 1/20 bis 1/5 s ergeben kann, was für zahlreiche Bedarfsfälle zu lange ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Dither-Amplitude des Erregerstromes mit dessen zur Einstellung eines bestimmten Öffnungsquerschnittes von Durchfluß-Pfaden des Hauptsteuerventils erforderlichem Mittelwert vergleichbar ist, d.h. in Fällen, in denen das Hauptsteuerventil mit relativ kleinen Öffnungsquerschnitten seiner Durchflußpfade betrieben werden muß.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Steuerventilanordnung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß eine weitestgehend hysteresefreie Ansteuerung des Hauptsteuerventils und auch ein sensibleres Ansprechverhalten der Steuerventilanordnung insgesamt erzielt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Hiernach ist als elektrohydraulische Vorsteuerventilanordnung ein elektrohydraulisches Nachlauf-Regelventil vorgesehen, das mit elektromechanisch steuerbarer Positions-Sollwert-Vorgabe und mechanischer Positions-Istwert-Rückmeldung arbeitet. Zur Realisierung dieses Regelungsprinzips umfaßt das Nachlauf-Regelventil ein in einem mit dem Gehäuse des Hauptsteuerventils fest verbundenen Anschlußblock angeordnetes Gehäuseelement, das gegenüber diesem Anschlußblock druckdicht beweglich ist, sowie ein seinerseits in dem Gehäuseelement druckdicht beweglich angeordnetes Kolbenelement, wobei das eine dieser Elemente als Sollwert-Vorgabeelement dient, das mittels eines steuerbaren Elektromotors in alternativen Richtungen zur Ausföhrung inkrementaler Auslenkungen gegenüber dem anderen Ele-

ment antreibbar ist, das seinerseits als Positions-Istwert-Rückmeldeelement dient, das mit dem Kolben des Hauptsteuerventils kraft-formschlüssig bewegungsgekoppelt und dadurch zur Ausführung mit den Auslenkungen des Sollwert-Vorgabeelements gleichsinniger Nachlaufbewegungen antreibbar ist. Desweiteren ist das Nachlaufregelventil mit einer Ventildfederanordnung versehen, die im nicht angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabe-Motors, erforderlichenfalls gegen ein noch vorhandenes Rest-Haltemoment dieses Motors, das Sollwert-Vorgabeelement auf die der funktionsneutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils zugeordnete Sollwert-Vorgabe-Position einstellt bzw. zurückstellt.

Die erfindungsgemäße Steuerventilanordnung vermittelt zumindest die folgenden funktionell vorteilhaften Eigenschaften, zu deren Erläuterung angenommen sei, daß als Sollwert-Vorgabe-Element des Nachlaufregelventils dessen Kolben und als Positions-Istwert-Rückmeldeelement dessen den Kolben coaxial umgebendes hülsenförmiges Gehäuseelement genutzt seien, wobei der Kolben mittels eines von einem Schrittmotor als Sollwert-Vorgabe-Motor angetriebenen Zahnstangentrieb, der gleichzeitig als Untersetzungsgetriebe wirkt, zur Ausführung inkrementaler Auslenkungen gegenüber dem hülsenförmigen Gehäuseelement des Nachlaufregelventils antreibbar ist und das hülsenförmige Gehäuseelement des Nachlaufregelventils - spielfrei - mit dem Kolben des Hauptsteuerventils bewegungsgekoppelt ist, derart, daß seine Auslenkungen denjenigen des Sollwert-Vorgabe-Kolbens folgen, wobei das hülsenförmige Gehäuseelement seinerseits mit dem Kolben des Hauptsteuerventils über ein Getriebe bewegungsgekoppelt sein kann, das mit einem definierten Umsetzungsverhältnis Auslenkungen des Hauptsteuerventilkolbens in damit korrelierte Nachlaufbewegungen des hülsenförmigen Gehäuseelements des Nachlaufregelventils umsetzt. Entsprechend dieser Funktion gelangt somit das Nachlaufregelventil, unabhängig vom Änderungssinn der Sollwert-Vorgabe und

demjenigen der Kolbenposition des Hauptsteuerventils jeweils dann in seine funktionsneutrale Mittelstellung, wenn Gleichheit der Ist-Position des Hauptsteuerventilkolbens mit deren Sollwert gegeben ist, der durch schrittmotor-gesteuerte Verschiebung des Sollwert-Vorgabekolbens des Nachlaufregelventils eingesteuert worden ist. Hierdurch sind Hysterese-Effekte der einleitend erläuterten Art, weitestgehend vermeidbar. Die Schrittweiten der inkrementalen Auslenkungen des Sollwert-Vorgabe-Kolbens des Nachlaufregelventils sind elektronisch auf einfache Weise steuerbar und hinsichtlich ihres Betrages in weiten Grenzen definiert vorgebbar, so daß eine hinreichend fein abgestufte, quasi-kontinuierliche Einstellbarkeit des Hauptsteuerventils auf die erforderlichen Durchflußquerschnitte möglich ist. Probleme, die bei dem bekannten Proportionalventil aus einer "Brumm" (Dither-Strom)-Modulation von Magnet-Erregerströmen resultieren, treten bei der erfindungsgemäßen Steuerventilanordnung prinzipiell nicht auf.

Durch die Ventulfederanordnung des Nachlaufregelventils, die dessen Sollwert-Vorgabekolben, sobald eine Ansteuerung desselben mittels des Sollwert-Vorgabe-Motors aufgehoben ist, in die der neutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils zugeordnete Sollwert-Vorgabeposition zurückstellt, wird auf einfache Weise erreicht, daß ein mittels der erfindungsgemäßen Steuer-Ventilanordnung gesteuerte hydraulische Antriebseinheit mit dem Abschalten der Sollwert-Vorgabe-Steuerung in einen sicheren Zustand gelangt, auch wenn die Betriebsdruckquelle weiterhin in Betrieb ist.

Durch die Merkmale der Ansprüche 2 und 3 sind alternative Gestaltungen der Steuerventilanordnung angegeben, bei denen das jeweilige Positions-Rückmeldeelement des Nachlauf-Regelventils starr mit dem Kolben des Hauptsteuerventils verbunden sein kann und insoweit ein konstruktiv besonders einfacher Aufbau der Steuerventilanordnung gegeben ist.

Alternativ hierzu kann jedoch, wie gemäß Anspruch 4 vorgesehen, das Hauptsteuerventil der Steuerventilanordnung als Drehschieberventil und das Nachlaufregelventil als lineares Schieberventil ausgebildet sein, wobei dann eine Getriebeeinrichtung vorgesehen ist, die azimutale Auslenkungen des Kolbens des Hauptsteuerventils in lineare Verschiebungen des Rückmeldeelements des Nachlaufregelventils umsetzt.

Für die durch die Merkmale des Anspruchs 5 umrissene, konstruktiv einfache und bevorzugte Gestaltung der Steuerventilanordnung, bei der das Hauptsteuerventil als lineares Schieberventil ausgebildet ist und das Nachlaufregelventil als Drehschieberventil, dessen Istwert-Rückmeldeelement über eine Koppereinrichtung, die lineare Auslenkungen des Kolbens des Hauptsteuerventils in azimutale Auslenkungen des Istwert-Rückmeldeelements des Nachlaufregelventils umsetzt, mit dem Hauptsteuerventilkolben bewegungsgekoppelt ist, wobei das Sollwert-Vorgabeelement des Nachlaufregelventils drehfest mit der Abtriebswelle des elektrischen Sollwert-Vorgabe-Motors verbunden ist, sind durch die Merkmale der Ansprüche 6, 7 und 8 vorteilhaft einfache Gestaltungen der Koppereinrichtung angegeben, über die das Positions-Istwert-Rückmeldeelement des Nachlaufregelventils mit dem Kolben des Hauptsteuerventils bewegungsgekoppelt ist. Eine in Kombination hiermit vorgesehene Verspanneinrichtung, durch die Spielfreiheit der Bewegungskopplung zwischen dem Kolben des Hauptsteuerventils und dem Istwert-Rückmeldeelement des Nachlaufregelventils erzielbar ist, ist in bevorzugter, technisch einfacher und raumsparender Gestaltung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 10 realisiert.

Für die das Sollwert-Vorgabeelement des Nachlaufregelventils im nicht angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabemotors in die mit der funktionsneutralen Mittelstellung des Hauptsteu-

erventilkolbens verknüpfte Sollwert-Vorgabeposition drängende Ventildfederanordnung sind durch die Merkmale der Ansprüche 11 bis 13 alternativ oder in Kombination nutzbare Ausgestaltungen angegeben, die insbesondere zweckmäßig sind, wenn das Nachlaufregelventil der Steuerventilanordnung als lineares Schieberventil ausgebildet ist, während durch die Merkmale der Ansprüche 14 und 15 Gestaltungen einer funktionsentsprechenden Ventildfederanordnung angegeben sind, die besonders für ein als Drehschieber-Ventil ausgebildetes Nachlaufregelventil der Steuerventilanordnung geeignet sind.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäßen Steuerventilanordnung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zweier spezieller Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer die Funktion eines Proportionalventils vermittelnden Steuerventilanordnung mit einem als lineares Schieberventil ausgebildeten Hauptsteuerventil und einem ebenfalls als lineares Schieberventil ausgebildeten Nachlaufregelventil als Vorsteuerventil, in schematisch vereinfachter Längsschnittdarstellung;

Fig. 1a ein hydraulisches Schaltbild zur Erläuterung der Funktion der Steuerventilanordnung gemäß Fig. 1;

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer zur Steuerventilanordnung gemäß Fig. 1 funktionsanalogen Steuerventilanordnung mit einem als lineares Schieberventil ausgebildeten Hauptsteuerventil und einem als Drehschieberventil ausgebildeten Nachlaufregelventil, in einer der Fig. 1 entsprechenden Schnittdarstellung;

Fig. 2a eine Ventildfederanordnung des Nachlaufregelventils

gemäß Fig. 2 durch die dieses im nicht angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabemotors in diejenige Konfiguration gelangt, die der Sollwert-Ansteuerung der neutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils entspricht, teilweise im Schnitt längs der Linie IIa-IIa der Fig. 2;

Fig. 2b eine Schenkelfeder der Ventulfederanordnung gemäß Fig. 2a in deren entspanntem Zustand, in vereinfachter perspektivischer Darstellung und

Fig. 2c einen Schnitt längs der Linie IIc-IIc der Fig. 2 zur Erläuterung einer spielfreie Bewegungskopplung des Kolbens des Hauptsteuerventils mit dem Istwert-Rückmeldeelement des Nachlaufregelventils der Steuerventilanordnung gemäß Fig. 2 vermittelnden Verspanneinrichtung.

Die in der Fig. 1 insgesamt mit 10 bezeichnete elektrohydraulische Steuerventil-Anordnung umfaßt ein durch hydraulischen Druck betätigbares, insgesamt mit 11 bezeichnetes Hauptsteuerventil, das durch alternative Druckbeaufschlagung und -entlastung in Steuerkammern 12 und 13 aus seiner dargestellten Grundstellung 0 in alternative Funktionsstellungen I und II umschaltbar ist, sowie als Vorsteuerventil ein insgesamt mit 14 bezeichnetes Nachlauf-Regelventil, das mit elektrisch steuerbarer Vorgabe der Soll-Position des Kolbens 16 des Hauptsteuerventils 11 und mechanischer Rückmeldung der Ist-Position des Kolbens 16 arbeitet.

Zum Zweck der Erläuterung sei angenommen, daß die Steuerventilanordnung 10, wie der Schaltbilddarstellung der Fig. 1a entnehmbar, zur Betriebssteuerung eines Rotations-Hydomotors 17 eingesetzt ist, dessen alternativen Drehrichtungen - Uhrzeigersinn und Gegenuhrzeigersinn - die alternativen Funk-

tionsstellungen I und II des Hauptsteuerventils 11 zugeordnet sind, wobei die Drehzahl des Motors durch den ihm über das Hauptsteuerventil 11 zugeleiteten und abgeführten Volumenstrom des hydraulischen Betriebsmediums einstellbar ist.

Die in der Fig. 1 dargestellte, in der Fig. 1a mit 0 bezeichnete Grundstellung des Hauptsteuerventils 11 ist dem Stillstand des Rotationshydromotors 17 zugeordnet.

Das Hauptsteuerventil 11 ist als lineares Schieberventil ausgebildet, dessen Kolben 16 in Richtung der zentralen Längsachse 18 einer sich zwischen den Steuerkammern 12 und 13 erstreckenden Gehäusebohrung 19 hin- und herverschiebbar ist, wobei diesbezügliche Endstellungen durch Anschlagwirkung zwischen Endstücken 21 und 22 des Kolbens 16 mit diesen jeweils gegenüberliegenden Stirnwänden 23 bzw. 24 der Steuerkammern 12 und 13 markiert sind.

Das Hauptsteuerventil 11 ist als 4/3-Wege-Ventil ausgebildet, in dessen dargestellter Grundstellung 0 ein mit dem Druckausgang eines nicht dargestellten Druckversorgungsaggregats verbundener P-Versorgungsanschluß 26 und ein mit dem drucklosen Vorratsbehälter des Druckversorgungsaggregats verbundener T-Rücklaufanschluß 27 sowohl gegen einen A-Steueranschluß 28 als auch gegen einen B-Steueranschluß 29 des Hauptsteuerventils, durch deren alternative Druckbeaufschlagung und -entlastung die Antriebssteuerung des Verbrauchers 17 erfolgt, abgesperrt sind. In der zur Erläuterung gewählten Gestaltung des Hauptsteuerventils gelangt dieses bei einer durch Druckbeaufschlagung der gemäß der Darstellung der Fig. 1 rechten Steuerkammer 13 und Druckentlastung der linken Steuerkammer 12 erzielbaren Verschiebung seines Kolbens 16 nach links in seine Funktionsstellung I, in der der P-Versorgungsanschluß 26 des Hauptsteuerventils 11 über einen Durchflußpfad 31, mit dem A-Steueranschluß 28 und der T-Rücklaufanschluß 27 über

einen weiteren Durchflußpfad 32 mit dem B-Steueranschluß 29 des Hauptsteuerventils 11 verbunden sind; durch Druckbeaufschlagung der linken Steuerkammer 12 und Druckentlastung der rechten Steuerkammer 13 des Hauptsteuerventils 11 gelangt dieses, ausgehend von der dargestellten Grundstellung 0, in seine Funktionsstellung II, in der über einen ersten Durchflußpfad 33 der P-Versorgungsanschluß 26 mit dem B-Steueranschluß 29 verbunden ist und über einen zweiten Durchflußpfad 34 der T-Rücklaufanschluß 27 des Hauptsteuerventils 11 mit dessen A-Steueranschluß 28 verbunden sind.

Das Hauptsteuerventil 11 ist als Proportionalventil ausgebildet, bei dem mit zunehmender Auslenkung seines Kolbens 16 aus dessen der Grundstellung 0 entsprechender Mittelposition, je nach Richtung dieser Auslenkung, die in den alternativen Funktionsstellungen I und II freigegebenen Durchflußpfade 31 und 32 bzw. 33 und 34 mit zunehmend größeren Querschnitten freigegeben sind, die in den Endstellungen des Kolbens jeweils ihre Maximalwerte erreicht.

Zur Erzielung dieser Funktionen ist das Hauptsteuerventil 11 in gängiger Weise wie folgt ausgebildet:

Die Gehäusebohrung 19 des Hauptsteuerventils 11, in der dessen Kolben 16 mit Kolbenflanschen 36, 37, 38 und 39 druckdicht verschiebbar geführt ist, die paarweise durch Kolbenstangen 41, 42 und 43, deren Durchmesser kleiner ist als derjenige der Ventilbohrung 19 fest miteinander verbunden sind, hat einen zentralen Abschnitt 19', der sich zwischen gehäuseseitigen Steuerkanten 44 und 46 erstreckt, die durch die bohrungsseitigen Ränder einander benachbarter Wangen von Steuernuten 47 und 48 des Ventilgehäuses 49 gebildet sind, die mit je einem der Steueranschlüsse 28 und 29 des Hauptsteuerventils 11 in ständig kommunizierender Verbindung stehen. Dieser innere Bohrungsabschnitt 19' bildet die radial äußere, gehäusefeste

Begrenzung eines Ringraumes 51, der mit dem P-Versorgungsanschluß des Hauptsteuerventils 11 in ständig kommunizierender Verbindung steht. Dieser Ringraum 51 ist axial beweglich durch die einander benachbarten Ringstirnflächen der durch die mittlere Kolbenstange 42 miteinander verbundenen zentralen Kolbenflansche 37 und 38 begrenzt, die mit den äußeren Rändern ihrer einander benachbarten Ringstirnflächen kolbenseitige, innere Steuerkanten 52 und 53 bilden, deren axialer Abstand gleich demjenigen der inneren Steuerkanten 44 und 46 der A-Steuernut 47 und der B-Steuernut 48 voneinander ist.

Die A-Steuernut 47 und die B-Steuernut 48 des Ventilgehäuses 49 schließen über je eine durch den radial inneren Rand ihrer axial äußeren Nutflanke markierte, äußere Steuerkante 54 bzw. 56 an Bohrungsabschnitte 19'' bzw. 19''' an, welche gehäusefeste radiale Begrenzungen von Ringräumen 57 und 58 bilden, die über einen Gehäusekanal 59 miteinander kommunizierend verbunden und gemeinsam an den Rücklaufanschluß 27 des Hauptsteuerventils 11 angeschlossen sind.

Die in Richtung der zentralen Längsachse 18 der Gehäusebohrung 19 gemessenen lichten Weiten der A-Steuernut 47 und der B-Steuernut 48 des Hauptsteuerventil-Gehäuses 49 entsprechen den axialen Dicken der beiden zentralen Kolbenflansche 37 und 38 des Hauptsteuerventil-Kolbens 16, deren einander abgewandte Ringstirnflächen mit ihren radial äußeren Rändern axial äußere Steuerkanten 61 und 62 bilden, die in der dargestellten Grundstellung 0 des Hauptsteuerventils 11 ebenso wie die axial inneren Steuerkanten 52 und 53 der inneren Kolbenflansche 37 und 38 in Null-Überdeckung mit den gehäuseseitigen Steuerkanten 54 und 56 bzw. 44 und 46 stehen, so daß in dieser Grundstellung 0 beide mit dem drucklosen Vorratsbehälter des Druckversorgungsaggregats ständig kommunizierend verbundene Ringräume 57 und 58 gegen die gehäuseseitigen Steuernuten 47 und diese ihrerseits gegen den zentralen, mit dem P-

Versorgungsanschluß 26 kommunizierend verbundenen Ringraum 51 des Hauptsteuerventils abgesperrt sind.

Die mit dem drucklosen Vorratsbehälter des Versorgungsaggregats verbundenen T-Ringräume 57 und 58 sind durch die Endflansche 36 und 39 des Kolbens 16 des Hauptsteuerventils 11 gegen dessen Steuerkammern 12 und 13 druckdicht beweglich abgegrenzt.

Wird in die gemäß der Darstellung der Fig. 1 rechte Steuerkammer 13 Druck eingekoppelt und die linke Steuerkammer 12 druckentlastet, wodurch der Kolben 16 des Hauptsteuerventils 11 eine Verschiebung nach links erfährt, so gelangt das Hauptsteuerventil in eine der Funktionsstellung I entsprechende Anordnung der kolbenseitigen und der gehäuseseitigen Steuerkanten, d.h. die A-Steuernut 47 in kommunizierende Verbindung mit dem unter dem hohen Druck stehenden Ringraum 51 und die B-Steuernut 48 in kommunizierende Verbindung mit dem rechten T-Ringraum 56.

Durch eine Druckbeaufschlagung der linken Steuerkammer 12 und -entlastung der rechten Steuerkammer 13 gelangt das Hauptsteuerventil 11 in seine Funktionsstellung II, in der die A-Steuernut 47 mit dem linken T-Ringraum 57 und die B-Steuernut 48 mit dem zentralen P-Ringraum 51 kommunizierend verbunden sind.

Die Beträge der in den alternativen Durchflußstellungen I und II freigegebenen Querschnitte der Durchflußpfade 31 und 32 bzw. 33 und 34 des Hauptsteuerventils 11 sind mittels des Nachlaufregelventils 14 einstellbar, mittels dessen die Druckbeaufschlagung und -entlastung der Steuerkammern 12 und 13 des Hauptsteuerventils 11 steuerbar sind. Das Nachlaufregelventil 14 ist beim dargestellten, speziellen Ausführungsbeispiel in weitgehender baulicher Analogie zu dem Hauptsteu-

erventil 11 als lineares Schieberventil ausgebildet, das mit parallelem Verlauf der zentralen Längsachse 68 zur zentralen Längsachse 18 des Hauptsteuerventils 11 angeordnet ist. Auch das Nachlauf-Regelventil 14 vermittelt die Funktion eines 4/3-Wege-Ventils, für dessen insgesamt mit 66 bezeichneten Kolben und dessen Gehäuse 99, abgesehen von Querschnittsabmessungen und eines größeren axialen Abstandes der zentralen Kolbenflansche 87 und 88, zwischen denen sich der P-Ringraum 101 des Nachlauf-Regelventils 14 erstreckt, dieselbe Konfiguration kolbenseitiger Steuerkanten 102, 103, 111 und 112 sowie gehäusesseitiger Steuerkanten 94, 96, 104 und 106 vorgesehen ist, wie bei dem Hauptsteuerventil 11. Dasselbe gilt sinngemäß für alle diejenigen Elemente des Nachlauf-Regelventils 14, die in den Fig. 1 sowie 1a mit Bezugszeichen belegt sind, die gegenüber denjenigen Bezugszeichen, mit denen die schon erläuterten Bau- und Funktionselemente des Hauptsteuerventils 11 belegt sind, um 50 erhöht sind, so daß bezüglich der Beschreibung der mit den erhöhten Bezugszeichen versehenen Elemente des Nachlaufregelventils 14 auf die Beschreibung des Hauptsteuerventils 11 verwiesen werden kann, um insoweit Wiederholungen zu vermeiden.

Das Gehäuse 99 des Nachlaufregelventils 14 ist als eine außen zylindrische Hülse ausgebildet, die in einer mit der zentralen Längsachse 68 des Nachlaufregelventils 14 coaxialen Bohrung 113 eines Gehäuseblocks 114, der fest mit dem Gehäuse 49 des Hauptsteuerventils 11 verbunden ist, druckdicht gleitend hin- und herverschiebbar geführt ist.

Der A-Steueranschluß 78 ist mit der gemäß Fig. 1 rechten Steuerkammer 13 des Hauptsteuerventils verbunden, während der B-Steueranschluß 79 des Nachlaufregelventils 14 mit der linken Steuerkammer 12 des Hauptsteuerventils 11 verbunden ist. Die diesbezüglichen Anschlußkanäle sind mit 116 bzw. 117 bezeichnet.

Der Kolben 66 des Nachlaufregelventils 14 hat eine durch Ventildfedern 118 und 119 zentrierte Mittelstellung, welche die Sollwert-Vorgabe-Position für die dargestellte Grundstellung des Kolbens 16 des Hauptsteuerventils 11 ist, der über eine schematisch angedeutete Brücke 121 mit dem Gehäuse 99 des Nachlaufregelventils 14 verschiebefest verbunden ist.

Diese Zuordnung der Grundstellungen 0 des Nachlaufregelventils 14 und des Hauptsteuerventils 11 wird durch die Präzision der Fertigung sowie gegebenenfalls die Justierbarkeit der mechanischen Verbindung zwischen dem Hauptsteuerventilkolben 16 und den Kolben 66 des Nachlaufregelventils 14 sowie der Justierbarkeit der Grundstellung des Ventilkolbens 66 des Nachlaufregelventils 14 erreicht. Die diesbezügliche Justierbarkeit der Kolben-Position ist in der Fig. 1 durch eine Stellschraube 122 angedeutet, mittels derer ein Stützblock 123, an dem sich die eine Ventildfeder 118 gehäuseseitig abstützt, axial verschiebbar ist, während die andere Ventildfeder 119 an einer gegenüberliegenden Stirnwand 124 des das Nachlaufregelventils 14 enthaltenden Gehäuseblocks 114 axial abgestützt ist.

Der Kolben 66 ist an seinem einen, gemäß Fig. 1 rechten Ende mit einem schlanken, stangenförmigen, die rechte Ventildfeder 119 zentral durchsetzenden Fortsatz 126 versehen, der durch eine zentrale Bohrung 127 der Endstirnwand 124 hindurchtritt und an seinem freien Ende als Zahnstange 128 ausgebildet ist, mit deren Zahnung das Antriebsritzell 129 eines elektrischen Schrittmotors 131 in spielfrei kämmendem Eingriff steht.

Der Schrittmotor 131 ist durch Ausgangsimpulse einer elektronischen Steuereinheit 132 zur Ausführung inkrementaler Drehbewegungen in den möglichen alternativen Drehrichtungen ansteuerbar.

Durch eine Ansteuerung des Schrittmotors 131 in dem durch den Pfeil 133 repräsentierten Drehsinn (+) φ_1 erfährt der Ventilkolben 66 des Nachlaufregelventils 14, bezogen auf die dargestellte Grundstellung 0 eine mit diesem Winkelbetrag φ_1 korrelierte Auslenkung ε_1 , gemäß der Darstellung der Fig. 1 nach links, wodurch die der Funktionsstellung I des Nachlaufregelventils entsprechende Konfiguration seines Ventilkolbens 66 und seiner Gehäusehülse 99 erzielt wird, mit der Folge, daß über den A-Steueranschluß 78 des Nachlaufregelventils 14 Druck in die rechte Steuerkammer 13 des Hauptsteuerventils 11 eingekoppelt wird und dessen linke Steuerkammer 12 über den B-Steueranschluß 79 des Nachlaufregelventils 14 druckentlastet wird. Der Hauptsteuerventilkolben 16 und das mit diesem verschiebefest verbundene, hülsenförmige Ventilgehäuse 99 des Nachlaufregelventils 14 erfahren dadurch ebenfalls eine der Auslenkung ε_1 des Kolbens 66 des Nachlaufregelventils 14 folgende Auslenkung "nach links", die zum Stillstand kommt, sobald sich für den Kolben 66 und das hülsenförmige Gehäuse 99 des Nachlaufregelventils 14 wieder die der dargestellten Grundstellung 0 entsprechende Konfiguration ergibt, d.h. der Hauptsteuerventilkolben 16 dieselbe Auslenkung ε_1 zur Einnahme der Funktionsstellung I des Hauptsteuerventils 11 ausgeführt hat, wie der Kolben 66 des Nachlaufregelventils, der durch die elektrisch eingesteuerte Vorgabe des Sollwertes entsprechend ausgelenkt worden war.

Auf analoge Weise ist das Hauptsteuerventil 11 in seine Funktionsstellung II steuerbar und auf definierte Werte der Öffnungsquerschnitte der in dieser Funktionsstellung II freigegebenen Durchflußpfade 33 und 34 einstellbar.

Der A-Steueranschluß 78 und der B-Steueranschluß 79 des Nachlaufregelventils 14 sowie dessen P-Versorgungsanschluß 76 und dessen T-Rücklaufanschluß 77 münden innerhalb von flachen

Ringnuten 134 und 136 bzw. 137 und 138 des Gehäuseblocks 114, die mit dem A-Anschlußkanal 116 und dem B-Anschlußkanal 117 bzw. dem P-Versorgungsanschluß 76'' und dem T-Rücklaufanschluß 77'' des feststehenden Gehäuseblocks 114 in kommunizierender Verbindung stehen und in axialer Richtung "beidseits" der der Grundstellung 0 des Hauptsteuerventils 11 zugeordneten Mittelstellung des hülsenförmigen Gehäuses 99 des Nachlaufregelventils so weit ausgedehnt sind, daß ihre jeweilige Anschlußverbindung mit den Ventilräumen 101, 107 und 108 in sämtlichen möglichen Auslenkungspositionen des Gehäuses 99 gewährleistet ist.

In einer typischen Auslegung der Steuerventilanordnung 10 entsprechen den maximalen Auslenkungen $\varepsilon_{1\max}$ und $\varepsilon_{2\max}$ des Kolbens 66 des Nachlaufregelventils 14 aus seiner federzentrierten Mittelstellung, mit denen auch entsprechende maximale Auslenkungen des Hauptsteuerventilkolbens 16 und des mit diesem fest verbundenen Nachlaufregelventilgehäuses 99 verknüpft sind, jeweils 90°-Drehungen des Antriebsritzels 129 des Schrittmotors 131 im Uhrzeigersinn und im Gegenuhrzeigersinn, wobei diese 90°-Drehungen, gesteuert durch die elektronische Steuereinheit 132 in jeweils 100 inkrementale Schritte gleichen Betrages unterteilt sind. Die hiermit verknüpfte Abstufbarkeit der Öffnungsquerschnitte des Hauptsteuerventils 11 in seinen beiden Funktionsstellungen I und II entspricht praktisch einer kontinuierlichen Veränderbarkeit der Öffnungsquerschnitte der jeweiligen Durchflußpfade.

Die an dem als Sollwert-Vorgabeelement ausgenutzten Ventilkolben 66 des Nachlaufregelventils 14 angreifenden Ventilfeuern 118 und 119 sind so ausgelegt, daß sie im nicht bestromten Zustand des Schrittmotors 131 in der Lage sind, dessen Rest-Haltemoment zu überwinden und den Ventilkolben 66 in dessen neutrale Mittelstellung zu bringen, mit der Folge, daß, so lange die Druckversorgung in Funktion ist, auch das

Hauptsteuerventil in seine Grundstellung 0 zurückgeführt wird. Um diese Position des Hauptsteuerventilkolbens 16 auch bei ausgefallener Druckversorgung zu erreichen, ist es zweckmäßig, wenn auch die Grundstellung 0 des Hauptsteuerventilkolbens 16 und mit diesem diejenige des Ventilgehäuses 99 des Nachlaufregelventils 14 durch Ventulfedern 141 und 142 des Hauptsteuerventils 11, die erheblich schwächer ausgelegt sein können als die Ventulfedern 118 und 119 des Nachlaufregelventils 14, federzentriert ist.

Die in der Fig. 2, auf deren Einzelheiten nunmehr verwiesen sei, als weiteres Ausführungsbeispiel dargestellte, insgesamt mit 10' bezeichnete Steuerventilanordnung ist funktionell der Steuerventilanordnung 10 gemäß Fig. 1 weitestgehend analog und unterscheidet sich von dieser im wesentlichen nur durch die Gestaltung des Nachlauf-Regelventils 14' als Drehschieberventil und die hierdurch bedingte Gestaltung des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11', die die Bewegungskopplung desselben mit dem Positions-Istwert-Rückmeldeelement 99' des Nachlauf-Regelventils 14' vermittelt.

Soweit für Elemente der Fig. 2 dieselben Bezugszeichen angegeben sind wie für anhand der Fig. 1 beschriebene Elemente, soll dies den Verweis auf deren anhand der Fig. 1 gegebene Beschreibung beinhalten. Durch die Verwendung von Bezugszeichen, die mit einem (') versehen sind, hinsichtlich der Ziffer jedoch mit Bezugszeichen anhand der Fig. 1 beschriebener Bau- und Funktionselemente der Steuerventilanordnung 10 identisch sind, soll auf deren Bau- und/oder Funktionsanalogie hingewiesen werden.

Bei dem Nachlauf-Regelventil 14' der Steuerventilanordnung 10' gemäß Fig. 2 erfolgt die Einstuerung des Sollwertes der Position des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' durch Drehen seines zentralen Kolbens 66' um die zentrale Längsach-

se 68' des Nachlauf-Regelventils 14', das mit zur zentralen Längsachse 18 des Hauptsteuerventils 11' rechtwinkligem Verlauf seiner zentralen Längsachse 68' an das Hauptsteuerventil 11' angesetzt ist. Die Rückmeldung des Istwertes der Position des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' erfolgt durch "Mit-Drehen" des der Grundform nach zylindrisch-hülsenförmigen Gehäuseelements 99' des Nachlauf-Regelventils 14' um dessen zentrale Längsachse 68', wobei die Umsetzung translatorischer Bewegungen des Hauptsteuerventilkolbens 16' entlang dessen zentraler Längsachse 18 in rotatorische Bewegungen des als Rückmeldeelement genutzten Gehäuseteils 99' des Nachlauf-Regelventils 14' durch formschlüssigen Eingriff eines mit dem hülsenförmigen drehbaren Gehäuseteil 99 des Nachlauf-Regelventils 14' fest verbundenen Koppellements 143 mit einer Ringnut 144 des Hauptsteuerventilkolbens 16' zustande kommt, die im mittleren Bereich des relativ langgestreckten Kolbenflansches 36' angeordnet ist, der zum einen die druckdicht bewegliche Begrenzung der linken Steuerkammer 12 und zum anderen auch die eine - linke - druckdicht bewegliche Begrenzung des linken T-Ringraumes 57 des Hauptsteuerventils 11' bildet.

Der als Sollwert-Vorgabelement dienende Kolben 66' des Nachlauf-Regelventils 14' ist drehfest mit der Abtriebswelle 146 des Schrittmotors 131 verbunden, die über eine äußere Geradverzahnung mit einer inneren Geradverzahnung des Kolbens 66' mit diesem in spielfrei kämmendem Eingriff steht.

Der Sollwert-Vorgabekolben 66' des Nachlauf-Regelventils 14', der in der zentral durchgehenden Bohrung 69' des Hülsenförmigen Gehäuseelements 99' druckdicht drehbar gelagert ist, das seinerseits in der den Anschlußblock 114' des Nachlauf-Regelventils 14' zentral durchsetzenden Bohrung 113' des Anschlußblocks 114' des Nachlauf-Regelventils 14' um dessen zentrale Längsachse 68' druckdicht drehbar gelagert ist, ist drehfest mit einem insgesamt mit 147 bezeichneten Anschlagwinkel ver-

bunden, der zwischen freie Schenkelenden 148 und 149 (Fig. 2a und 2b) einer insgesamt mit 151 bezeichneten Schenkelfeder hineinragt, die unter einer azimuthalen Vorspannung steht, durch die die freien Schenkelenden einander entgegengesetzt gerichteten azimuthalen Kräften ausgesetzt sind und gegen einander abgewandte Anschlagflächen des Anschlagwinkels 147 gedrängt werden. Die Schenkelfeder 151 ist gegen ein Verdrehen um die zentrale Längsachse 68' gesichert und vermittelt dadurch, sowie durch ihre Vorspannung, die ausreichend ist, um ein im stromlosen Zustand des Schrittmotors 131 von diesem noch entfaltetes Haltemoment zu überwinden, die Wirkung, daß der Sollwert-Vorgabe-Kolben 66' im stromlosen Zustand des Schrittmotors 131 in die in den Fig. 2 und 2a dargestellte, definierte azimuthale Position φ_0 gelangt, die der dargestellten, neutralen Mittelstellung 0 des Hauptsteuerventils 11' als Sollwert-Vorgabe-Position zugeordnet ist.

Die durch die Schenkelfeder 151 und den Anschlagarm 147 gebildete, funktionell den Ventilsfedern 118 und 119 des "linearen" Nachlaufregelventils 14 gemäß Fig. 1 entsprechende Rückstell-einrichtung 147, 151 des Drehschieber-Nachlaufregelventils 14' gemäß Fig. 2 ist mehr im einzelnen wie folgt realisiert:

Der Anschlagwinkel 147 umfaßt eine stabile, einen Abschnitt der Abtriebswelle 146 des Schrittmotors 131 koaxial umschließende Fixierungshülse 152, die an ihrem ventilseitigen Ende mit einer inneren Geradverzahnung versehen ist, die mit einem kurzen Abschnitt der äußeren Geradverzahnung der Abtriebswelle 146 des Schrittmotors 131 in kämmendem Eingriff steht und dadurch drehfest mit dieser Abtriebswelle 146 verbunden ist. Die Fixierungshülse 152 ist durch Madenschrauben 153 gegen axiale Verrückungen gegenüber der Abtriebswelle 146 gesichert. Vom motorseitigen, flanschförmig ausgebildeten Rand 153' der Befestigungshülse 152 des Anschlagwinkels 147 geht dessen einer, radialer flachstab-förmig ausgebildeter

Schenkel 154 aus, an dessen radial äußeres Ende mit zu dem radialen Schenkel 154 rechtwinkligem, zum Ventil hin weisendem Verlauf ein rundstabförmiger Anschlagsschenkel 156 des Anschlagwinkels anschließt, wobei die zentrale Achse 157 dieses Anschlagsschenkels 156 parallel zur zentralen Längsachse 68' des Nachlaufregelventils 14' verläuft.

Die Schenkelfeder 151 hat mit der zentralen Achse 68' des Nachlauf-Regelventils 14' koaxiale Windungen 158 gleichen Innendurchmessers, der beim dargestellten, speziellen Ausführungsbeispiel gleich dem Durchmesser der Bohrung 113' des Anschlußblocks 114' des Nachlauf-Regelventils 14' ist.

Radial außerhalb des von den Windungen 158 der Schenkelfeder 151 umschlossenen kreiszylindrischen Bereiches sind in bezüglich der zentralen Längsachse 68' des Nachlauf-Regelventils diametraler Anordnung ein Ankerzapfen 159 und ein Anschlagzapfen 161 mit kreisrundem Querschnitt vorgesehen, die beide von einer dem 131 Motor bzw. dem Anschlagwinkel 147 zugewandten Stirnseite des Anschlußblocks 114' des Nachlaufregelventils 14' abstehen. Die zentrale Längsachse 162 des Ankerzapfens und die zentrale Längsachse 163 des Anschlagzapfens 161 verlaufen parallel zur zentralen Längsachse 68' des Nachlauf-Regelventils 14', wobei durch die zentrale Längsachse 163 des Anschlagzapfens 161 und die zentrale Längsachse 68' des Nachlauf-Regelventils 14' eine "mittlere" Radialebene 164 definiert ist, in der auch die zentrale Längsachse 157 des Anschlagsschenkels 156 des Anschlagwinkels 147 verläuft, sowie auch dessen radiale Mittelebene 166, wenn sich der zentrale Kolben 66' des Nachlauf-Regelventils 14' in seiner der Grundstellung 0 des Hauptsteuerventils 11' zugeordneten Sollwert-Vorgabe-Position befindet.

Die Schenkelfeder 151 hat, wie auch der Detaildarstellung der Fig. 2b entnehmbar ist, bei dem zur Erläuterung gewählten Aus-

führungsbeispiel vier "innere", in sich geschlossene Windungen 158, die von der Fixierungshülse 152 des Anschlagwinkels 147 in radialem Abstand verlaufen und diese jeweils mit dem vollen Umfangswinkel von 360° umschließen, sowie an jeder Stirnseite der Schenkelfeder eine End-Windung 167 bzw. 168, die sich, bezogen auf die gehäusefeste, durch die zentralen Längsachsen 68' und 163 des Nachlauf-Regelventils 14' bzw. des Anschlagzapfens 161 markierte Radialebene 164 der Orientierung φ_0 nur über einen Teil des Umfangs der inneren Windungen 158 erstrecken. An diese endständigen Teilwindungen 167 und 168 schließen, wie am besten der Fig. 2a entnehmbar ist, mit glatter Krümmung, die etwa derjenigen des Anschlagzapfens 161 entspricht, die radial oder annähernd radial verlaufenden freien Schenkelenden 148 und 149 der Schenkelfeder 151 an.

Eine der zentralen Windungen, die zwischen zwei "kompletten", die Fixierungshülse vollständig umschließenden Windungen 158 angeordnet ist, ist innerhalb eines azimutalen Winkelbereichs von insgesamt etwa 60° mit einer U-förmigen, radialen Ausbuchtung 169 versehen, durch deren den Ankerzapfen 159, der dem Anschlagzapfen 161 diametral gegenüberliegend angeordnet ist, außenseitig formschlüssig umgreifende Anordnung die Schenkelfeder 151 in der in der Fig. 2a dargestellten Anordnung gegen ein Verdrehen um die zentrale Längsachse 68' des Nachlaufregelventils 14' gesichert ist.

In dem in der Fig. 2b dargestellten, dem entspannten Zustand der Schenkelfeder 151 entsprechenden Konfiguration derselben erstrecken sich die Teilwindungen 167 und 168 nur über einen - auf die zwischen den freien Schenkelenden 148 und 149 verlaufende Längsmittlebene 171 bezogenen - Umfangsbereich von etwa 160°, so daß zwischen ihren freien Schenkelenden 148 und 149 ein "lichter" azimutaler Abstand von etwa 40° verbleibt, d.h. eine positive Überlappung der endständigen Teilwindungen

167 und 168 in Umfangsrichtung nicht gegeben ist.

Die für die bestimmungsgemäße Funktion der Schenkelfeder 151, nämlich im stromlosen Zustand des Schrittmotors 131 den Sollwert-Vorgabe-Kolben 66' des Nachlauf-Regelventils 14' in diejenige Orientierung zu drehen, die der Grundstellung 0 des Hauptsteuerventils 11' zugeordnet ist, erforderliche azimuthale Vorspannung wird der Schenkelfeder 151 dadurch aufgeprägt, daß diese bei der Montage in die in der Fig. 2a in ausgezogenen Linien dargestellte Konfiguration gebracht wird, in der sich die äußeren, endständigen Teilwindungen 167 und 168, radial innerhalb des Anschlagzapfens 161 an diesem vorbeitretend, auf einem durch dessen Durchmesser bedingten Umfangsbereich überlappen und mit ihren radial verlaufenden freien Schenkelen 148 und 149 sich jeweils an einander abgewandten Seiten des Anschlagzapfens 161 an diesem - azimuthal - abstützen.

Nachdem diese Konfiguration der Schenkelfeder 151 eingestellt ist und die der Grundstellung 0 des Hauptsteuerventils 11' entsprechende Stellung seines Kolbens 16' sowie die damit verknüpfte Position des Rückmeldeelements 99' des Nachlauf-Regelventils 14' und auch die mit der Grundstellung 0 des Nachlauf-Regelventils 14' verknüpfte azimuthale Position seines Sollwert-Vorgabe-Kolbens 66' eingestellt sind, was montage-technisch mit nicht erläuterungsbedürftigen Mitteln ohne weiteres möglich ist, wird der Schrittmotor 131 mit derjenigen Orientierung seines Anschlagwinkels 147 angesetzt, in der der Anschlagschenkel 156 des Anschlagwinkels 147 radial außerhalb des Anschlagzapfens 161 zwischen die freien Schenkelen 148 und 149 der Teilwindungen 167 und 168 eingreift und in dieser Position an dem Gehäuseblock 114' des Nachlauf-Regelventils 14' festgelegt, wodurch die radiale Orientierung φ_0 der Radialebene 164 des Anschlagwinkels 147, der mit der Abtriebswelle des Schrittmotors 131 drehfest verbunden ist,

der Grundstellung 0 des Nachlauf-Regelventils 14 und damit auch des Hauptsteuerventils 11' funktionsgerecht zugeordnet ist.

Das Nachlauf-Regelventil 14' ist so ausgebildet, daß es durch eine mittels des Schrittmotors 131 steuerbare Drehung seines zentralen Ventilkolbens 66' in Richtung des Pfeils 172 der Fig. 2a, d.h., gesehen in Richtung des Pfeils 173 der Fig. 2, im Uhrzeigersinn in seine Funktionsstellung I gelangt, in welcher die rechte Steuerkammer 13 des Hauptsteuerventils 11' über den A-Steueranschluß 78' des Nachlauf-Regelventils 14' mit Druck beaufschlagt ist und die linke Steuerkammer 12 des Hauptsteuerventils 11' über den B-Steueranschluß 79' des Nachlauf-Regelventils 14' druckentlastet ist, mit der Folge, daß auch das Hauptsteuerventil 11' mit einer mit der azimuthalen Auslenkung des zentralen Kolbens 66' des Nachlauf-Regelventils 14' verknüpften axialen Auslenkung gegenüber der Grundstellung seines Ventilkolbens 16' in seine Funktionsstellung I gesteuert wird. Auf analoge Weise ist das Hauptsteuerventil 11' durch schrittmotorgesteuerte azimuthale Drehung des zentralen Kolbens 66' des Nachlaufregelventils 14' in Richtung des Pfeils 174 der Fig. 2a in seine Funktionsstellung II steuerbar, in der sein Ventilkolben 16', bezogen auf dessen neutrale Mittelstellung 0, eine Auslenkung "nach rechts" erfährt, die mit der azimuthalen Auslenkung des zentralen Nachlauf-Regelventilskolbens 66' monoton korreliert ist.

Das Hauptsteuerventil 11' und das Nachlauf-Regelventil 14' der Steuerventilanordnung 10' gemäß Fig. 2 sind so aufeinander abgestimmt, daß den maximalen Auslenkungen $\varepsilon_{1\max}$ und $\varepsilon_{2\max}$ des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' im Sinne der Einnahme der Funktionsstellung I oder II azimuthale Auslenkungen $\varphi_{1\max}$ oder $\varphi_{2\max}$ des Kolbens 66' in Richtung der Pfeile 172 bzw. 174 der Fig. 2a entsprechen, die jeweils 30° betragen,

wie in der Fig. 2a durch die azimuthalen Orientierungen $\varphi_{1\max}$ und $\varphi_{2\max}$ der radialen Mittelebene 166 des Anschlagwinkels 147 des Nachlauf-Regelventils 14' repräsentiert.

Das zur Umsetzung translatorischer, in Richtung der zentralen Längsachse 18 des Hauptsteuerventils 11' erfolgender Bewegungen des Kolbens 16' in rotatorische "Rückmelde"-Bewegungen des hülsenförmigen Rückmeldeelements 99' des Nachlauf-Regelventils 14' vorgesehene Koppellement 143 ist als schlanker, vom kreisringförmigen Stirnrand 176 des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' des Nachlauf-Regelventils 14' ausgehender, an seinem Ende mit einem kugelförmigen Kopf 177 versehener Stab 178 ausgebildet, dessen zentrale Längsachse 179 parallel zur zentralen Längsachse 68' des Nachlaufregelventils verläuft. Der Durchmesser des kugelförmigen Kopfes 177 des Koppellements 143 entspricht, abgesehen von einem Untermaß von einigen hundertstel Millimetern der lichten Weite der Ringnut 144 des Kolbens 16', in die das Koppellement 143 radial oder annähernd radial hineinragt. Die Dicke des stabförmigen Teils 178 des Koppellements 143 ist kleiner als der Durchmesser seines kugelförmigen Kopfes 177. Der radiale Abstand r der zentralen Längsachse 179 des Koppellements 143 von der zentralen Längsachse 68' des Nachlaufregelventils 14', der allgemein mit der Beziehung

$$r \geq \varepsilon_{\max} / \sin(\varphi_{\max})$$

genügen muß, wenn gilt, daß $\varepsilon_{\max} = \varepsilon_{1\max} = \varepsilon_{2\max}$ und ebenso $\varphi_{\max} = \varphi_{1\max} = \varphi_{2\max}$, hat bei dem zur Erläuterung gewählten Beispiel den Wert $r = 2 \varepsilon_{\max}$.

Der radiale Abstand $r_{\max}$, in dem die zentrale Längsachse 68 des Nachlauf-Regelventils 14' von der zentralen Längsachse 18 des Hauptsteuerventils verläuft, ist durch die Beziehung

$$r_m = r - (\sqrt{r^2 - \varepsilon_{\max}^2}) / 2$$

gegeben.

Bei dieser Anordnung des Nachlaufregelventils 14' und des Hauptsteuerventils 11' zueinander sind die Beträge, um die der kugelförmige Kopf 77 des Koppellements 143 gegenüber der zentralen Längsachse 18 des Hauptsteuerventils 11' enthaltenen, parallel zur zentralen Längsachse 68' des Nachlauf-Regelventils 14' verlaufenden Längsmittlebene des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' in alternativen Richtungen - "nach oben oder unten" ausgelenkt werden kann, einander gleich, so daß sich in jeder azimutalen Position des hülsenförmigen Rückmeldelements 99' des Nachlauf-Regelventils 14' eine annähernd zentrale Anordnung des kugelförmigen Kopfes des Koppellements 143 in der Ringnut 144 des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' ergibt.

Um die für eine präzise Funktion der Steuerventilanordnung 10' geeignete Spielfreiheit der Bewegungskopplung zwischen dem Kolben 16' des Hauptsteuerventils 11' und dem hülsenförmigen Gehäuseteil 99' des Nachlauf-Regelventils 14' zu erzielen, ist eine die Funktion einer Torsionsfeder vermittelnde, insgesamt mit 181 bezeichnete Verspanneinrichtung vorgesehen, die auf das hülsenförmige Gehäuseelement 99' des Nachlaufregelventils 14' ein an dem zentralen Kolben 66', der drehfest mit der Abtriebswelle 146 des Schrittmotors 131 verbunden ist, azimuthal abgestütztes Drehmoment ausübt, aufgrund dessen der Kopf 177 des mit dem hülsenförmigen Gehäuseelement 99' drehfest verbundenen Koppellements 143 zuverlässig in Anlage mit der einen Nutwange 182 der Ringnut 144 des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' gehalten ist. Diese Verspanneinrichtung 181, zu deren Erläuterung auch auf die Fig. 2c Bezug genommen sei, umfaßt eine unter Zugvorspannung stehende Wendelfeder 183, die auf einem azimuthalen Bereich, der etwas

kleiner ist als der zu dem Gesamt-Schwenkbereich $\varphi_{1\max}$ - $\varphi_{2\max}$ des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' des Nachlaufregelventils 14' zu 360° komplementäre Winkel, von einer äußeren, konkaven Rille 184 eines in axialer Richtung nur wenig ausgedehnten, aus der zentralen Bohrung 113' des Anschlußblocks 114' zum Hauptsteuerventil 11' hin herausragenden Endabschnitts 186 (Fig. 2) des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' aufgenommen ist. Der Krümmungsradius dieser Rille 184 ist geringfügig größer als derjenige der Feder-Wendeln, die mit einem radial inneren 180°-Bereich von dieser konkaven Rille 184 aufgenommen und an deren Grund abgestützt sind. Der kurze Endabschnitt 186 des als mechanisches Rückmeldeelement genutzten hülsenförmigen Gehäuseteils 99' des Nachlaufregelventils 14' durchsetzt eine gegenüber der zentralen Bohrung 113' des Anschlußblocks 114' des Nachlaufregelventils 14', in der das hülsenförmige Gehäuseteil 99' auf Abschnitten ihrer Länge druckdicht gleitend drehbar angeordnet ist, erweiterte Bohrungsstufe 187, deren Durchmesser geringfügig größer ist als der Außendurchmesser der Wendelfeder 183, wobei die radiale lichte Weite des zwischen der Bohrungsstufe 187 und der äußeren Mantelfläche des die Wendelfeder 183 tragenden Endabschnitts 186 des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' verbleibenden Ringspalts 188 kleiner ist als der Durchmesser der einzelnen Federwendeln, der bei einer Federdrahtdicke um 0,2 mm ca. 2 mm beträgt. Dadurch ist die Wendelfeder 183 gegen ein axiales Ausrücken aus dem Ringspalt 188 hinreichend gesichert.

In den zentralen Ventilkolben 66' ist in dessen von dem Endabschnitt 186 des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' auf dem azimuthalen Bereich von annähernd 300° coaxial umschlossenen, aus der zentralen Bohrung 113' des Anschlußblocks 114' zum Hauptsteuerventil 11' hin austretenden Bereich ein Anschlagstift 189 fest eingesetzt, der einseitig radial in den "freien" Ringspaltbereich 188' hineinragt, dessen azimuthale Weite

durch den azimuthalen Abstand radialer Endstirnflächen 191 und 192 bestimmt ist, die sich in axialer Richtung über die Tiefe - axiale Ausdehnung - des die Wendelfeder 183 tragenden Endabschnitts 186 des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' des Nachlaufregelventils 14' erstrecken.

Die Gestaltung des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' des Nachlaufregelventils 14' und die Orientierung des fest mit dem Sollwert-Vorgabe-Kolben 66' des Nachlaufregelventils 14' verbundenen Anschlagstiftes 189 sind dahingehend aufeinander abgestimmt, daß in der Gleichheit von Positions-Sollwert und Positions-Istwert des Kolbens 16' des Hauptsteuerventils 11' entsprechenden Mittelstellung 0 des Nachlaufregelventils 14' die die zentrale Längsachse 193 des Anschlagstiftes 189 und die zentrale Längsachse 68' des Nachlaufregelventils 14' enthaltende Radialebene den Winkel ϕ halbiert, den die radialen Endstirnflächen 191 und 192 des die Wendelfeder 183 tragenden Endabschnitts 186 des hülsenförmigen Gehäuseteils 99' miteinander einschließen. Dieser Winkel ϕ ist hinreichend groß gewählt, daß der zentrale Kolben 66', bezogen auf die dargestellte Mittelstellung des Anschlagstiftes 189 um die maximalen Aussteuerwinkel $\phi_{1\max}$ und $\phi_{2\max}$ im Uhrzeiger- und im Gegenuhrzeigersinn gegenüber dem hülsenförmigen Gehäuseteil 99' verdrehbar ist, ohne daß dessen spielfreier Eingriff mit dem Kolben 16' des Hauptsteuerventils 11' aufgehoben werden könnte.

Das eine Ende 194 der Wendelfeder 183 ist an dem freien Endabschnitt 189' des Anschlagstiftes 189 befestigt, während das andere Ende 196 in unmittelbarer Nähe der radialen Stirnfläche 192, an dem hülsenförmigen Gehäuseteil 99' festgelegt ist, deren azimuthaler Abstand von dem Anschlagstift 189, gesehen in der Verlaufsrichtung der Feder 183 etwa deren azimuthaler Ausrichtung entspricht.

Patentansprüche

1. Elektrohydraulische Steuerventilanordnung zur Steuerung des Druckmittel-Zustromes und -Abflusses zu und von einem linearen oder rotatorischen Hydromotor, mit einem als 3-Stellungs-Ventil ausgebildeten Hauptsteuerventil, das einen in einer Bohrung seines Gehäuses in alternativen Richtungen zwischen Endstellungen auslenkbaren Kolben hat, die maximalen Beträgen in alternativen Funktionsstellungen I und II des Hauptsteuerventils freigegebene Querschnitte von Durchflußpfaden entsprechen, die mit zunehmender Auslenkung des Kolbens aus einer funktionsneutralen Mittelstellung stetig, im wesentlichen auslenkungsproportional freigegeben und bei Annäherung des Kolbens an seine Mittelstellung entsprechend reduziert werden, wobei die Kolbenauslenkungen mittels einer elektrohydraulischen Vorsteuer-Ventilanordnung, die elektrisch sollwert-geführt ist, durch alternative Druckbeaufschlagung und -Entlastung freier Steuerkammern des Hauptsteuerventils steuerbar sind,
gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- a) Als elektrohydraulische Vorsteueranordnung ist ein elektrohydraulisches Nachlauf-Regelventil (14;14') vorgesehen, das mit elektromechanisch steuerbarer Positions-Sollwert-Vorgabe und mechanischer Positions-Istwert-Rückmeldung arbeitet,
- b) das Nachlauf-Regelventil (14;14') umfaßt ein in einem mit dem Gehäuse des Hauptsteuerventils (11;11') fest verbundenen Anschlußblock (114, 114') angeordneten, gegenüber diesem druckdicht beweglichen hülsenförmigen Gehäuseelement (99; 99'), seinerseits druckdicht beweglich angeordnetes Kolbenelement (66;66'), von denen das eine als Sollwert-Vorgabeelement dient, das

mittels eines steuerbaren Elektromotors (131) in alternativen Richtungen zur Ausführung inkrementaler Auslenkungen gegenüber dem anderen antreibbar ist, das als Positions-Istwert-Rückmeldeelement dient, das mit dem Kolben (16;16') des Hauptsteuerventils (11; 11') kraft-formschlüssig bewegungsgekoppelt und dadurch zur Ausführung mit den Auslenkungen des Sollwert-Vorgabeelements gleichsinniger Nachlaufbewegungen antreibbar ist;

c) das Nachlauf-Regelventil (14;14') ist mit einer Ventiltfederanordnung (118,119;151) versehen, die im nicht angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabe-Motors (131) das Sollwert-Vorgabeelement auf die der funktionsneutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils (11;11') zugeordnete Sollwert-Vorgabe-Position einstellt.

2. Steuerventilanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptsteuerventil (11) und das Nachlauf-Regelventil (14) als lineare Schieberventile ausgebildet sind, die mit parallelem Verlauf ihrer zentralen Längsachsen (18,68) angeordnet sind, wobei das Rückmeldeelement (99) des Nachlauf-Regelventils (14) axial verschiebefest mit dem Kolben (16) des Hauptsteuerventils (11) verbunden ist und das Sollwert-Vorgabeelement (66) des Nachlauf-Regelventils (14) mittels eines elektrischen Linearantriebes axial hin- und her-verschiebbar ist.
3. Steuerventilanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptsteuerventil und das Nachlauf-Regelventil als Drehschieberventile ausgebildet sind, die mit parallelem, vorzugsweise koaxialem, Verlauf ihrer zentralen Längsachsen angeordnet sind, wobei das Rück-

meldeelement des Nachlauf-Regelventils (14') drehfest mit dem drehbaren Kolben des Hauptsteuerventils verbunden ist und das Sollwert-Vorgabe-Element des Nachlauf-Regelventils mittels eines elektrischen Rotationsantriebes azimuthal in alternativen Richtungen auslenkbar ist.

4. Steuerventilanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptsteuerventil als Drehschieberventil ausgebildet ist und das Nachlauf-Regelventil als lineares Schieberventil, und daß eine Getriebeeinrichtung vorgesehen ist, die azimuthale Auslenkungen des Kolbens des Hauptsteuerventils in lineare Verschiebungen des Rückmeldeelements des Nachlaufregelventils umsetzt, wobei dessen Sollwert-Vorgabeelement mittels eines elektrischen Linearantriebes axial hin- und her-verschiebbar ist.
5. Steuerventilanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Hauptsteuerventil (11') als lineares Schieberventil ausgebildet ist und das Nachlauf-Regelventil (14') als Drehschieberventil, dessen Istwert-Rückmeldeelement (99') über eine Koppereinrichtung (143,144), die lineare Auslenkungen des Kolbens (16') des Hauptsteuerventils (11') in azimuthale Auslenkungen des Istwert-Rückmeldeelements des Nachlauf-Regelventils (14') umsetzt, mit dem Hauptsteuerventilkolben (16') bewegungsgekoppelt ist, und dessen Sollwert-Vorgabeelement (66') drehfest mit der Abtriebswelle (146) des elektrischen Sollwert-Vorgabe-Motors (131) verbunden ist.
6. Steuerventilanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Nachlauf-Regelventil (14') mit zur zentralen Längsachse (18) des Hauptsteuerventils (11') rechtwinkligem Verlauf seiner zentralen Längsachse (68) an das Hauptsteuerventil (11') anmontiert ist, daß als

Positions-Istwert-Rückmeldeelement des Nachlauf-Regelventils (14') dessen hülsenförmiges Gehäuseelement (99') ausgenutzt ist, mit dem drehfest ein Koppellement (143) verbunden ist, das durch formschlüssigen Eingriff mit einem Mitnahmeelement (144) des Hauptsteuerventilkolbens (16') dessen axiale Auslenkungen in azimutale Nachlaufbewegungen des Rückmeldeelements (99') umsetzt.

7. Steuerventilanordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Mitnahmeelement des Hauptsteuerventilkolbens (16') als Ringnut (144) desselben ausgebildet ist, das das Koppellement (143) mit einem rechtwinklig zur zentralen Längsachse (18) des Kolbens (16') und parallel zur zentralen Längsachse (68) des Nachlauf-Regelventils (14') verlaufenden, stabförmig ausgebildeten Endabschnitt in das Mitnahmeelement (144) hineinragt, und daß die Anordnung der Nut (144) am Kolben (16') des Hauptsteuerventils (11') und diejenige des Koppellements (143) an dem Rückmeldeelement (99') des Nachlauf-Regelventils (14') dahingehend aufeinander abgestimmt sind, daß in der funktionsneutralen Mittelstellung des Hauptsteuerventils (14') die durch die Längsachse des stabförmigen Koppellement-Abschnitts (143) und die zentrale Längsachse (68') des Nachlauf-Regelventils (14') markierte Ebene rechtwinklig zur zentralen Längsachse (18) des Hauptsteuerventils (11') verläuft.
8. Steuerventilanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zwischen den Nutwangen der Ringnut (144) angeordnete Eingriffsende des Koppellements (143) als Kugelkopf (177) ausgebildet ist, dessen Durchmesser größer ist als derjenige des stabförmigen Endabschnitts und annähernd gleich oder höchstens gleich dem in axialer Richtung gemessenen lichten Abstand der Nutwangen der Ringnut (144) des Hauptsteuerventilkolbens (16') ist.

9. Steuerventilanordnung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Verspanneinrichtung (181) vorgesehen ist, die ein zwischen dem hülsenförmigen Gehäuseelement (99') und dem Kolben (66') des Nachlauf-Regelventils (14') permanent wirksames Drehmoment erzeugt, das das Koppellement (143) in Kraft-Formschlüssiger Anlage mit der einen Nutwange der Ringnut (144) des Kolbens (16') des Hauptsteuerventils (16') drängt und dem Betrage nach kleiner ist als das Haltemoment des Sollwert-Vorgabemotors (131) und auch kleiner als das bei eingeschalteter Druckversorgung durch den Kolben (16') auf das kolbenseitige Gehäuseelement (99') des Nachlauf-Regelventils (14') ausgeübte Rückstellmoment.
10. Steuerventilanordnung nach Anspruch 9, wobei der Gesamtbetrag $\varnothing$ der azimuthalen Auslenkung des Kolbens (66') des Nachlauf-Regelventils (14') gegenüber dem hülsenförmigen Gehäuseelement (99') weniger als 180° ist, vorzugsweise um 90° beträgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der azimuthale Auslenkungsbereich $\varnothing$ durch Anschlagwirkung eines mit dem Kolben (66') fest verbundenen radialen Stiftes mit den azimuthalen Begrenzungen eines sich in Umfangsrichtung erstreckenden Langlochs des hülsenförmigen Gehäuseelements (99') oder einer stirnseitig angeordneten, randoffenen, sektorförmigen Ausnehmung desselben begrenzt ist, und daß die Verspanneinrichtung eine einerseits am freien Ende des Stiftes und andererseits an dem hülsenförmigen Gehäuseelement (99') festgelegte, unter Zugvorspannung stehende Wendelfedern umfaßt, die auf dem zum Schwenkbereich $\varnothing$ komplementären Umfangsbereich von einer randoffenen Rille des hülsenförmigen Gehäuseelements (99') aufgenommen ist.

11. Steuerventilanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die im nicht-angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabe-Motors (131) das Sollwert-Vorgabe-Element (66;66') in dessen mit der Mittelstellung (0) des Hauptsteuerventilkolbens (16;16') verknüpfte Sollwert-Vorgabe-Position drängende Ventildfederanordnung zwei vorgespannte Druckfedern (118,119) umfaßt, die in entgegengesetzter Richtung am Sollwert-Vorgabe-Element des Nachlauf-Regelventils oder an einem mit diesem fest verbundenen Teil angreifen.
12. Steuerventilanordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorspannung der Druckfedern (118,119) einstellbar ist.
13. Steuerventilanordnung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Entspannhübe der Ventildfedern (118,119) durch Fesselung der Federn auf denjenigen Betrag begrenzt sind, bei dem die mit der Mittelstellung (0) des Hauptsteuerventilkolbens (16;16') verknüpfte Position des Sollwert-Vorgabe-Elements erreicht ist.
14. Steuerventilanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die im nicht-angesteuerten Zustand des Sollwert-Vorgabe-Motors (131) das Sollwert-Vorgabeelement (66;66') in dessen mit der Mittelstellung des Hauptsteuerventilkolbens (16;16') verknüpfte Sollwert-Vorgabe-Position drängende Ventildfederanordnung eine azimuthal vorgespannte, als Wendelfeder, deren Wendungen die zentrale Achse (68) des Nachlauf-Regelventils (14;14') coaxial umgeben, ausgebildete Schenkelfeder (151) umfaßt, die zwei von ihren endständigen Teilwindungen ausgehende, an diese mit radialem oder annähernd radialem Verlauf anschließende freie Schenkelenenden umfaßt, zwischen denen ein fest mit dem Anschlußblock

(114') des Nachlauf-Regelventils (14') verbundener Anschlagzapfen und ein drehfest mit dem Sollwert-Vorgabe-element verbundener Anschlagschenkel (156) angeordnet sind.

15. Steuerventilanordnung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine der die zentrale Achse des Nachlauf-Regelventils (14') coaxial umgebende Windungen (158) der Schenkelfeder (151) mit einer Ausbuchtung versehen ist, die einen mit dem Anschlußblock (114') des Nachlauf-Regelventils (14') fest verbundenen, sich parallel zu dessen zentraler Längsachse (68) erstreckenden Anschlagzapfen formschlüssig umgreift.

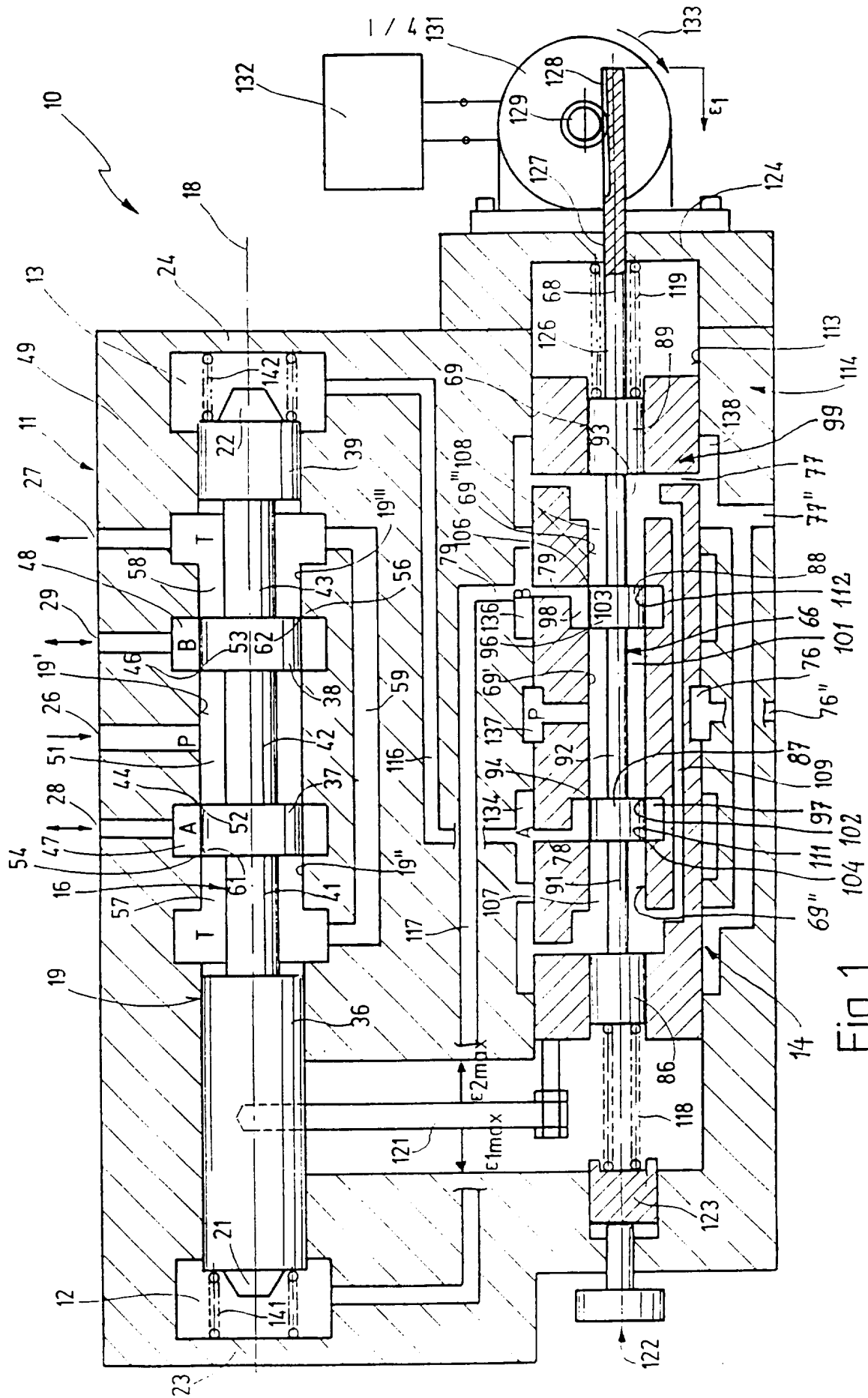


Fig. 1

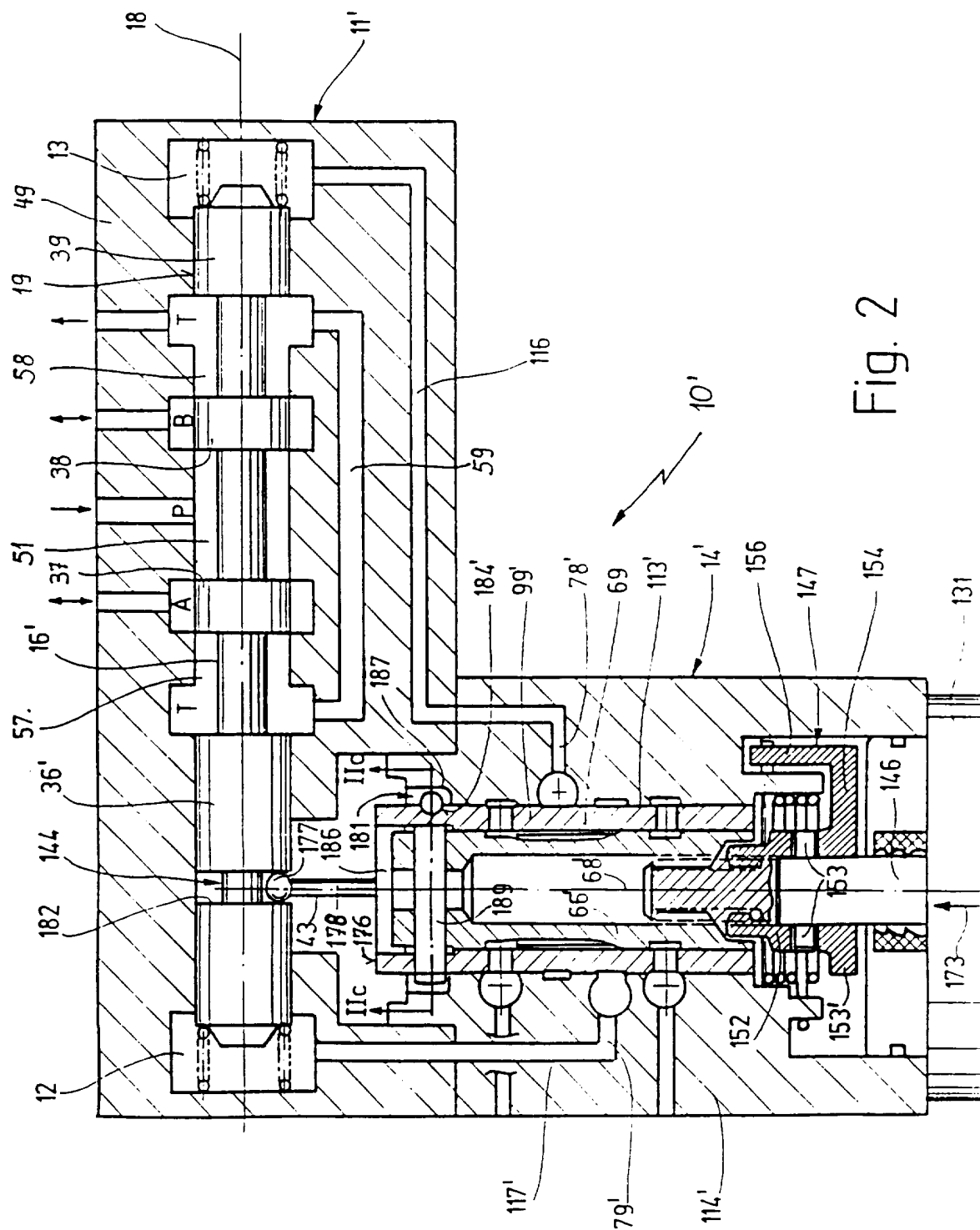


Fig. 2

3 / 4

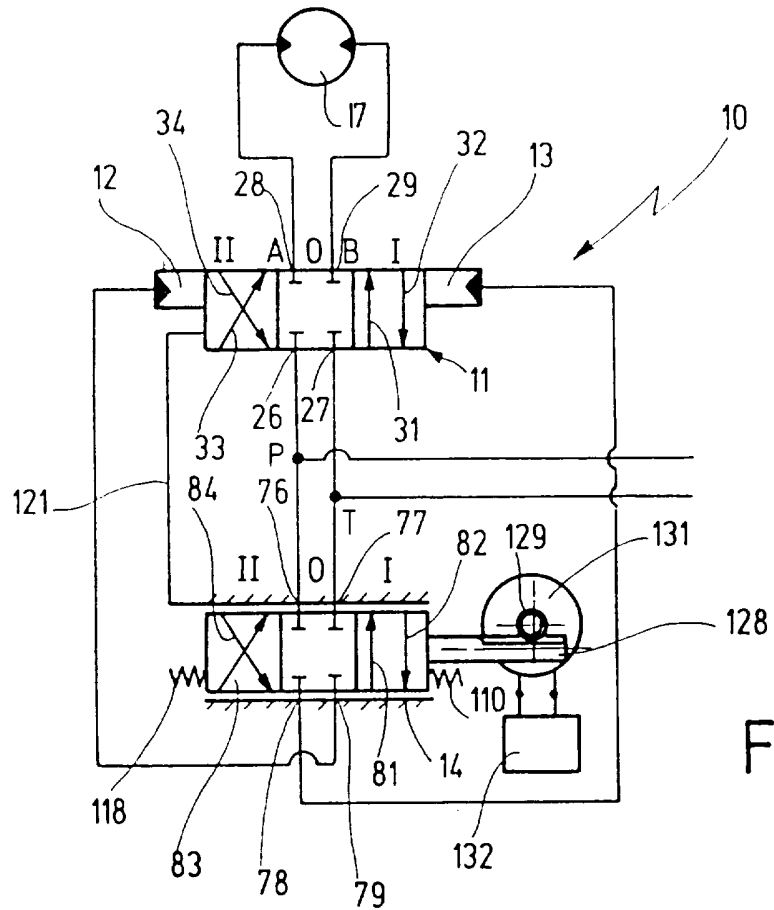


Fig. 1a

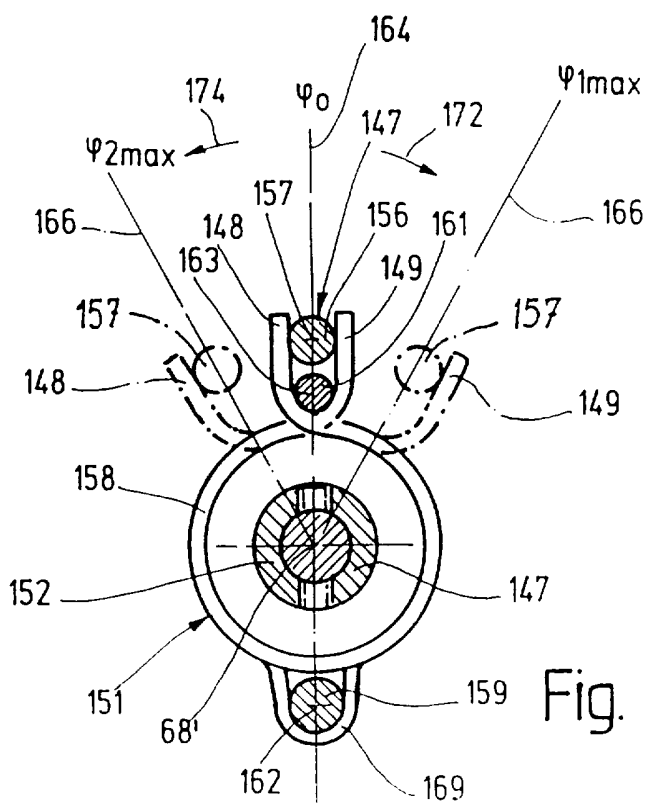


Fig. 2a

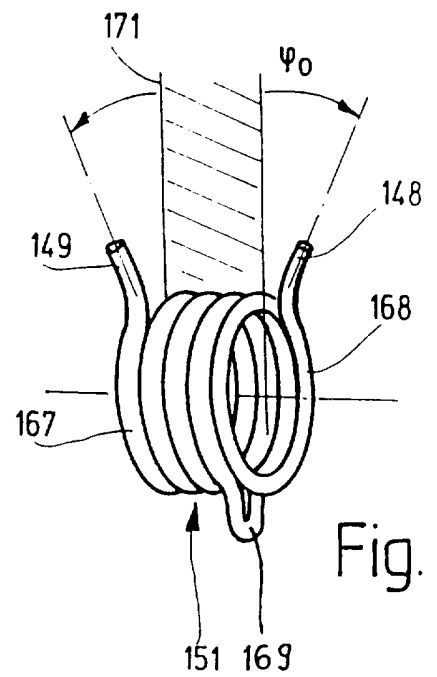


Fig.

4 / 4

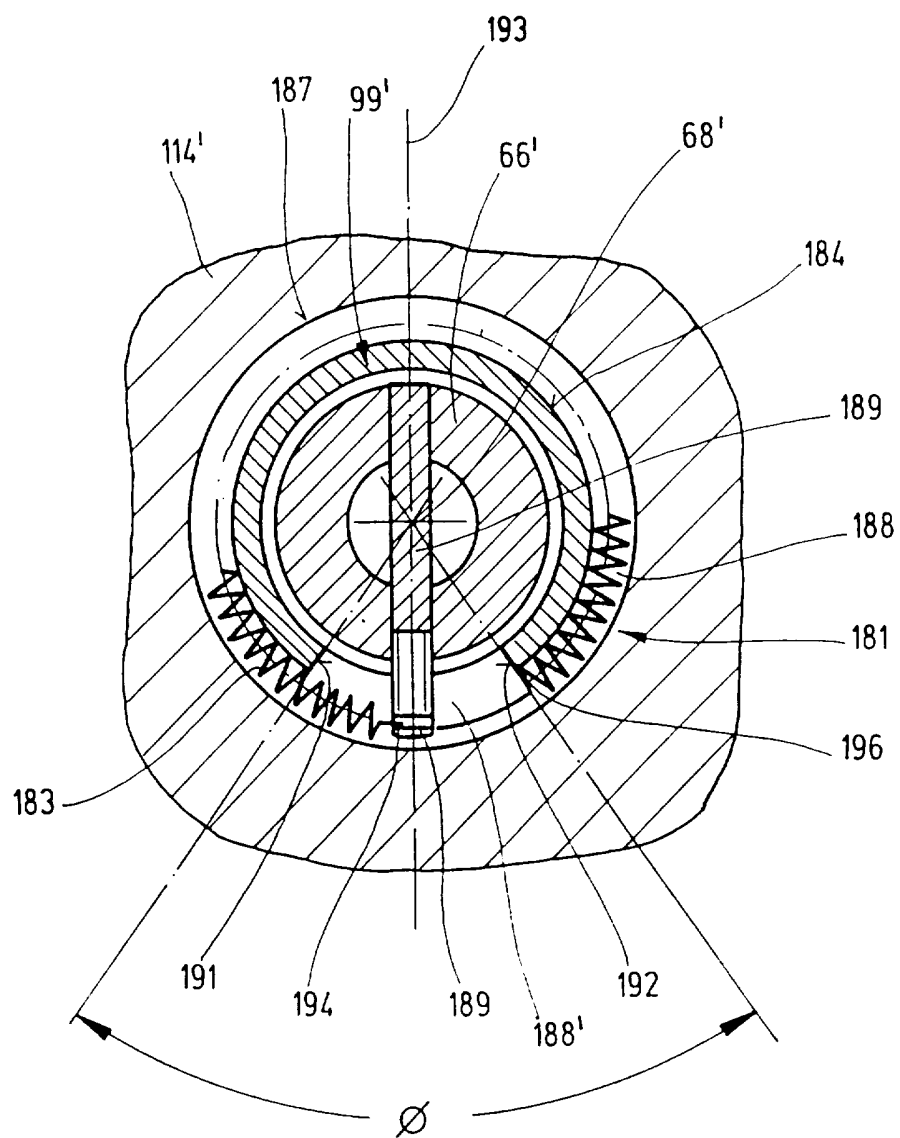


Fig. 2c