

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 306 030 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

06.04.2011 Patentblatt 2011/14

(51) Int Cl.:

F15B 13/043 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **10009135.4**(22) Anmeldetag: **02.09.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME RS(30) Priorität: **30.09.2009 DE 102009047901****12.10.2009 DE 102009049493**(71) Anmelder: **Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH****88161 Lindenberg/Allgäu (DE)**

(72) Erfinder:

- **Weixler, Franz, Dipl.-ing. (FH)**
87435 Kempten (DE)

- **Lau, Florian, Dipl.-Ing. (FH)**
88167 Grünbach (DE)

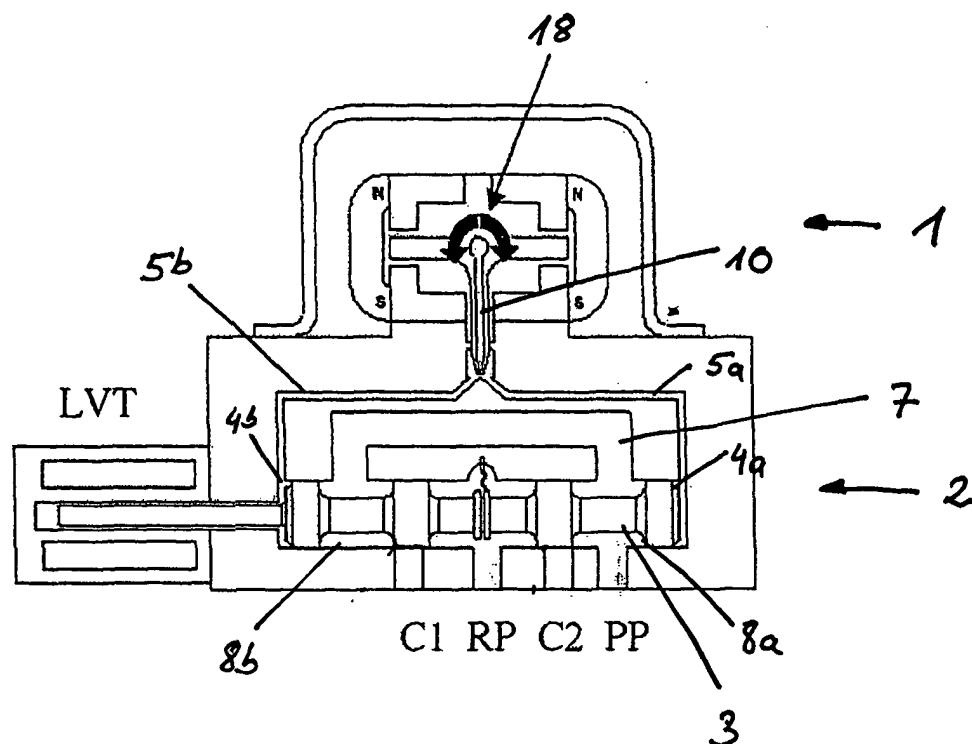
(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter et al**

Lorenz-Seidler-Gossel
Widenmayerstrasse 23
80538 München (DE)

(54) **Servoventil**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil mit einer ersten Stufe (1), die als Vorsteuerstufe arbeitet und ein bewegliches Düsenrohr (10) aufweist, und einer zweiten Stufe

(2), die als Leistungsstufe arbeitet, wobei das Düsenrohr der Vorsteuerstufe mittels eines Torsionselements (11) geführt ist und die Ölzuführung des beweglichen Düsenrohrs in das Torsionselement integriert ist.

Fig.1**EP 2 306 030 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil mit einer ersten Stufe, die als Vorsteuerstufe arbeitet und ein bewegliches Düsenrohr aufweist, und einer zweiten Stufe, die als Leistungsstufe arbeitet.

[0002] In der modernen Hydrosystemtechnik werden oftmals besonders hohe Ansprüche an das Betriebsverhalten der verbauten Hydraulikkomponenten innerhalb eines derartigen Hydrosystems gestellt. Insbesondere soll die verbaute Hydraulik bestimmte Hydraulikvolumenströme bzw. -drücke hochpräzise entsprechend vorgegebener Steuersignale regulieren. Hierzu geeignete Ventile, insbesondere Stetigventile, erlauben es, einen stetigen Übergang der Schaltstellungen des Ventils zuzulassen. Bei den genannten Stetigventilen wird dementsprechend ein elektrisches Eingangssignal zur Ansteuerung des Stetigventils in ein hydraulisches Ausgangssignal umgewandelt. Zu einer Kategorie der Stetigventile gehören die seit langem bekannten Servoventile, die eine hochpräzise und vor allem stetige Einstellung der Ventilschaltstellung erlauben, was insbesondere in der modernen Flugzeugtechnik als Grundvoraussetzung gilt.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind sogenannte zweistufige Servoventile bekannt, deren Leistungsstufe einen Steuerkolben aufweist, der normalerweise in seiner Ausgangsstellung den Volumenfluß zwischen einem Druckeingangs- und Druckausgangskanal unterbindet. Dabei befindet sich der Steuerkolben innerhalb der Leistungsstufe in einem Druckgleichgewicht. Zur Ansteuerung der Leistungsstufe, d.h. zur gesteuerten Auslenkung des Steuerkolbens, die einen Volumenstrom zwischen einem Eingangs- und Ausgangskanal zuläßt, dient eine elektrisch ansteuerbare Vorstufe, die die erforderliche Auslenkung des Steuerkolbens bewirkt.

[0004] Eine Ausführung der Vorsteuerstufe arbeitet nach dem bekannten Düsenrohrprinzip. Hierzu ist ein mit Hydraulikflüssigkeit versorgtes Düsenrohr beweglich in einem Drehpunkt der Vorstufe angelenkt. Das Druckgleichgewicht des Steuerkolbens der Leistungsstufe in der Nullpunktstellung läßt sich durch entsprechende an das Düsenrohr geknüpfte Steuerleitungen beeinflussen. Durch die an die Vorsteuerstufe abgegebenen elektrischen Steuersignale ist das Düsenrohr zwischen den beiden Steuerleitungen hin und her verschwenkbar, wodurch sich der Druck gezielt auf bestimmte Stellen des Steuerkolbens der Leistungsstufe erhöhen läßt. Die Druckänderung erzwingt eine Bewegung des Steuerkolbens aus der Nullpunktstellung heraus, was einem stetigen Schaltübergang des Ventils entspricht.

[0005] Bei den bisher bekannten Vorsteuerstufen wird die Druckversorgung des Düsenrohrs durch eine externe Rohrleitung erzielt, deren Anbindungspunkt anfällig gegenüber der im Ventil während des Betriebes auftretenden Vibrationen, Druckschwankungen, sowie Nullpunktverschiebungen ist.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, dem Fachmann ein zweistufiges Servoventil an die Hand zu geben, das ein robusteres Verhalten bei Vibrationen, Druckschwankungen sowie ein besseres Verhalten bei einer Nullpunktverschiebung bietet.

[0007] Die vorliegende Erfindung wird durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst. Demnach ist bei einem zweistufigen elektrohydraulischen Servoventil mit einer ersten Stufe, die als Vorsteuerstufe arbeitet und ein bewegliches Düsenrohr aufweist, und einer zweiten Stufe, die als Leistungsstufe arbeitet, das Düsenrohr der Vorsteuerstufe mittels eines Torsionselementes geführt, wobei die Ölzuführung des beweglichen Düsenrohrs in das Torsionselement integriert ist. Die Vorsteuerstufe arbeitet demnach nach dem bekannten Düsenrohrprinzip zur Ansteuerung der Leistungsstufe.

[0008] Erfindungsgemäß wird also darauf verzichtet, ein externes Rohr zur Druckversorgung des Düsenrohrs an dieses anzulöten, sondern die Zuleitung zur Druckversorgung des Düsenrohrs wird innerhalb des Torsionselementes integriert. Das Düsenrohr ist über das Torsionselement um die Torsionsachse, die sich in Richtung der Längsachse des Torsionselementes erstreckt, drehbar angeordnet. Durch diese erfindungsgemäße Anordnung von Düsenrohr, Torsionselement und Versorgungsleitung müssen weniger Teile im operativen Betrieb des zweistufigen elektrohydraulischen Servoventils bewegt werden. Folglich lassen sich dadurch Vorteile hinsichtlich der Dynamik des elektrohydraulischen Servoventils sowie der Robustheit gegenüber Vibrationseinflüssen erzielen. Der maximale Drehwinkel des Düsenrohrs ist von der Elastizität und der Länge des Torsionselementes abhängig. Die Torsion des Torsionselementes dient gleichzeitig zur Rückstellung des Düsenrohrs. Die Ölzuführung erfolgt durch den im Torsionselement vorhandenen Innenraum bzw. Hohlraum. Denkbar ist aber auch, dass im Inneren des Torsionselementes hierzu noch eine extra Leitung eingezogen ist.

[0009] In vorteilhafter Weise ist die Ölzuführung des Düsenrohrs in der neutralen Faser des Torsionselementes angeordnet. Die neutrale Faser des Torsionselementes bezeichnet den Bereich, in dem während eines Biegevorgangs bzw. einer Torsion keine Biegespannung auftritt. Dadurch werden die Belastungen auf die Ölzuführung innerhalb des Torsionselementes aufgrund der auftretenden Kräfte am Torsionselement maßgeblich reduziert, wodurch zu jeder Zeit eine ausreichende und befriedigende Ölzuführung des Düsenrohrs gewährleistet ist. Folglich wird die Robustheit gegenüber Vibrationen und die Ventildynamik sowie die Schaltpräzision des Ventils optimiert.

[0010] Das verwendete Torsionselement ist bevorzugt eine Drehstabfeder, in deren mittigen Bereich auf der Längsachse das Düsenrohr angeordnet ist. Um eine symmetrische Steifigkeit in beiden Ästen des Torsionselementes zu erlangen, die sich von dem Befestigungspunkt des Düsenrohrs seitlich in beide Richtungen erstrecken, kann es vorgesehen sein, daß zusätzlich zur

Ölzuführungsbohrung auf einer Astseite des Torsionselementes auf dem gegenüberliegenden Ast eine weitere Bohrung angeordnet ist. Die Ölzuführbohrung dient zur Zuführung von Flüssigkeit der in das Torsionselement integrierten Ölzuführung. Besonders bevorzugt sind beide genannten Bohrungen symmetrisch zum Verbindungspunkt des Düsenrohres angeordnet. Dadurch wird nicht nur eine symmetrische Steifigkeit in beiden Ästen des Torsionselementes erreicht, sondern auch die gesamte Torsionssteifigkeit des Torsionselementes verringert.

[0011] Denkbar ist, daß das Torsionselement aus Kupfer-Berillium und bzw. oder Titan und bzw. oder Stahl besteht. Alle drei Materialvarianten stellen eine besonders stabile und Vibrationsresistente Ausführungsmöglichkeit des Torsionselementes dar.

[0012] Um die Verbindung von Torsionselement und Düsenrohr abzudichten und somit einem Hydraulikflüssigkeitsverlust vorzubeugen, kann eine Abdichtung an der Verbindung von Torsionselement und Düsenrohr im Drehpunkt vorgesehen sein. Besonders bevorzugt ist eine radiale O-Ring-Abdichtung, die eine vollständige Abdichtung des Düsenrohres im Verbindungspunkt zum Torsionselement erlaubt und die Präzision der Drehbewegung des Düsenrohres zur Ansteuerung der Leistungsstufe nicht wesentlich beeinflusst.

[0013] In vorteilhafter Weise ist das Düsenrohr per Presspassung mit dem Torsionselement verbunden, wodurch eine besonders stabile und robuste Verbindung der beiden Elemente erreicht wird.

[0014] Denkbar ist, daß die Bohrungen innerhalb des Torsionselementes mittels Kugellagerkugeln verschließbar bzw. verschlossen sind. Denkbar ist auch, daß die Bohrungen des Torsionselementes anstatt durch Kugellagerkugeln mittels zylindrischer Stopfen verschließbar bzw. verschlossen sind, oder eine Kombination der beiden Verschlusstechniken angewandt ist.

[0015] In vorteilhafter Weise weist die Vorsteuerstufe eine Grundplatte auf. Diese grenzt an den Bereich bzw. den Block der Leistungsstufe an. Die Grundplatte dient zur Aufnahme des Torsionselementes, wobei die Längsachse des Düsenrohres eine vertikale Stellung einnimmt und durch die Grundplatte in Richtung der Leistungsstufe bzw. in diese hinein geführt ist. Insbesondere ist hierbei die Abdichtung des Düsenrohres im Drehpunktbereich des Torsionselementes in der Grundplatte integriert. Dies entspricht einer besonders stabilen und robusten Anordnung gegenüber Vibrationseinflüssen, die auf das zweistufige elektrohydraulische Servoventil einwirken können.

[0016] Es kann vorgesehen sein, daß die Grundplatte gegenüber der Leistungsstufe bzw. gegenüber dem Block der Leistungsstufe mittels einer Axialdichtung abgedichtet ist. Insbesondere befindet sich die axiale Abdichtung im Bereich des vertikalen Verlaufs des Düsenrohres zwischen der Grundplatte und dem Block der Leistungsstufe.

[0017] Da sich die die Ölzuführung des Düsenrohres

aus der Ölzuführung der Leistungsstufe erstreckt, ist es besonders vorteilhaft, daß eine Ölzuführungsleitung durch die Grundplatte bis zum Torsionselement geführt ist. Der weitere Verlauf der Ölzuführung ist dann erfindungsgemäß innerhalb des Torsionselementes bis zum Düsenrohr integriert. Folglich wird bei der erfindungsgemäßen Anordnung des zweistufigen elektrohydraulischen Servoventils gänzlich auf eine externe Druckversorgung des Düsenrohres verzichtet. Ein Anlöten eines externen Rohres zur Druckversorgung kann umgangen werden, wodurch sich ein besseres und robusteres Verhalten des Servoventils bei Vibrationen, Druckschwankungen sowie einer Nullpunktverschiebung ergibt.

[0018] Zur Schonung und weiteren Abdichtung der Ölzuführungsleitung ist es vorteilhaft, diese mittels Axialabdichtung im Bereich zwischen Torsionselement und der Grundplatte abzudichten. Denkbar ist hierbei der Einsatz mehrerer Dichtungsmittel, insbesondere im Bereich des Übergangs zwischen dem Ventilblock der Leistungsstufe und der Grundplatte sowie im Bereich zwischen Torsionselement und Grundplatte.

[0019] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten werden nun anhand eines in zwei Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen zweistufigen elektrohydraulischen Servoventils im Längsschnitt,

Fig. 2: eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen zweistufigen elektrohydraulischen Servoventils aus Fig. 1 im Querschnitt.

[0020] Der prinzipielle Aufbau des erfindungsgemäßen zweistufigen elektrohydraulischen Servoventils wird in der Längsschnittdarstellung des Ventils der Fig. 1 wiedergegeben. Das Servoventil besteht aus der Einheit Vorsteuerstufe 1 und der hydraulischen Leistungsstufe 2.

[0021] Im Inneren des Blocks der Leistungsstufe 2 ist ein Steuerkolben 3 beweglich gelagert. Der Block der Leistungsstufe 2 weist an seiner Unterseite einen Druckeinlaßkanal PP und die beiden Druckauslaßkanäle C1 und C2 auf. An dem Außendurchmesser des Steuerkolbens 3 sind jeweils Steuerkanten über den beiden Druckauslaßkanälen C1 und C2 ausgebildet, deren Breite in axialer Richtung des Steuerkolbens 3 in etwa dem Durchmesser der beiden Auslaßkanäle C1 und C2 entspricht.

[0022] Über die Druckeinlaßöffnung PP wird eine geeignete hydraulische Flüssigkeit, insbesondere ein Hydrauliköl, in die erste Druckkammer 8a eingeführt und über die Ausgleichsleitung 7 zur zweiten Druckkammer 8b weitergeleitet.

[0023] Die Ausgangsstellung des Steuerkolbens 3 wird als sogenannte Nullstellung bezeichnet, in dieser der Steuerkolben 3 mittig zentriert im Block der Leistungsstufe gelagert ist und sich im Druckgleichgewicht befindet. In dieser genannten Nullstellung verdecken die

Steuerkanten am Steuerkolben 3 die beiden Druckauslaßkanäle C1 und C2 in vollem Umfang, so daß kein Flüssigkeitsstrom zwischen dem Einlaßkanal PP und einem der beiden Druckauslaßkanäle C1 und C2 ermöglicht ist.

[0024] Figur 2 zeigt einen Querschnitt entlang einer in etwa durch die Mitte des erfindungsgemäßen Servoventils verlaufenden Schnittlinie. Auf der Oberkante des Ventilblocks der Leistungsstufe 2 ist die Grundplatte 17 der Vorsteuerstufe 1 angeordnet. Die Grundplatte 17 trägt ein Torsionselement 11, das als Drehstabfeder 11 ausgeführt ist. Die Drehstabfeder 11 ist dabei um die Torsionsachse 12, die sich in Richtung der Längsachse der Drehstabfeder 11 erstreckt, verdrehbar auf der Grundplatte 17 gelagert, wobei die beiden Enden der Drehstabfeder 11 fest an der Grundplatte 17 fixiert sind. Im Weiteren zeigt Figur 2 eine stufenartige Ausbildung der Drehstabfeder 11, an deren mittlerer Stufe ein Düsenrohr 10 zentriert mittels Preßpassung befestigt ist. Die Längsachse des Düsenrohrs 10 verläuft in vertikaler Richtung ausgehend von der Drehstabfeder 11 durch die Grundplatte hindurch bis in den Ventilblock der Leistungsstufe 2 hinein. Am Ende des Düsenrohrs 10, d.h. an der unteren Rohröffnung, sind seitlich zum vertikal verlaufenden Düsenrohr 10 versetzt die beiden Steuerleitungen 5a, 5b innerhalb der Leistungsstufe 2 angeordnet.

[0025] Mittels einer geeigneten Vorrichtung kann auf das Düsenrohr 10 eine Kraft ausgeübt werden, die ein Verschwenken des Düsenrohrs 10 gegen seine vertikale Ausgangsstellung auslöst. Beispielsweise ist durch die Vorrichtung ein elektromagnetisches Feld erzeugbar, das derart auf das Düsenrohr 10 einwirkt, so dass dieses wie in Figur 1 gezeigt entweder nach links oder nach rechts in Pfeilrichtung verschwenkt wird, wodurch die Öffnung des Düsenrohrs 10 entweder der Steuerleitung 5a oder der Steuerleitung 5b angenähert wird. Die Regelung der am Düsenrohr 10 angreifenden Kraft, also der Betrag des elektromagnetischen Feldes, erfolgt über elektrische Steuersignale, die an die Vorsteuerstufe durch eine externe Ventilsteuerung übermittelt werden.

[0026] Durch die Schwenkbewegung des Düsenrohrs 10 wird gleichzeitig die Drehstabfeder 11 um die Torsionsachse 12 verdreht und innerhalb der Drehstabfeder 11 eine Torsionsspannung aufgebaut, die der Drehbewegung des Düsenrohrs 10 entgegenwirkt. Nach Reduzierung bzw. Abschalten des elektromagnetischen Feldes wird das Düsenrohr 10 durch die Torsionsspannung innerhalb der Drehstabfeder 11 in Richtung seiner vertikalen Ausgangsstellung zurückgestellt. Es bleibt zu erwähnen, dass die Auslenkung des Düsenrohrs 10 durch die Ventilsteuerung stetig erfolgt. Der maximale Drehwinkel des Düsenrohrs 10, sowie der Zusammenhang zwischen angreifender Kraft und Drehwinkel, sind von der Länge und Elastizität der Drehstabfeder 11 abhängig.

[0027] Zur Versorgung des Düsenrohrs 10 mit Hydrauliköl dient die Ölzufuhrleitung 20. Diese entspringt am Eingang des Druckeinlaßkanals PP des Ventilblocks der Leistungsstufe 2 und erstreckt sich in diesem in vertikaler Richtung bis zur Grundplatte 17. Erfindungsgemäß wird

die Ölzuführung mittels der Ölzufuhrleitung 20 durch die Grundplatte 17 bis zur Drehstabfeder 11 geführt, und tritt durch eine Bohrung in den Innenraum bzw. Hohlraum der Drehstabfeder 11 ein. Somit erfolgt die weitere Ölzuführung bis zum Düsenrohr 10 nunmehr vollständig innerhalb der Drehstabfeder 11, und verläuft somit ausgehend von der Eingangsbohrung der Drehstabfeder 11 entlang der Stufenform der Drehstabfeder 11 bis zum Verbindungspunkt des Düsenrohrs 10 mit der Drehstabfeder 11. Die vorliegende Erfindung greift daher nicht auf eine externe Rohrleitung der Vorsteuerstufe zurück, sondern integriert die Ölzuführung des Düsenrohrs 10 vollständig innerhalb des Torsionselementes, insbesondere der Drehstabfeder 11. Die Verwendung einer externen Rohrleitung, die mittels Anlöten am Düsenrohr 10 befestigt ist, weist eine ausgeprägte Anfälligkeit gegenüber Vibrationen, Druckschwankungen sowie Nullpunktverschiebungen auf. Durch die erfindungsgemäße Integration der Ölzuführung innerhalb des Torsionselementes kann der genannte Verschleißpunkt ausgespart werden, woraus sich wesentliche Vorteile hinsichtlich der Ventildynamik sowie der Robustheit gegenüber Vibrationseinflüssen erzielen lassen.

[0028] Durch die seitliche Auslenkung des Düsenrohrs 10 kann entweder die Steuerleitung 5a oder die Steuerleitung 5b mit mehr oder weniger Druck beaufschlagt werden, wodurch innerhalb der Steuerräume 4a und 4b ein veränderter Druck auf die Stirnflächen des Steuerkolbens 3 wirkt, der mittels der Steuersignale stetig variierbar ist.

[0029] Wird beispielsweise durch das entsprechende elektrische Steuersignal eine Drehbewegung des Düsenrohrs 10 ausgehend von einer vertikalen Achse nach links bewirkt, so nähert sich die Öffnung des Düsenrohrs 10 der Steuerleitung 5b, wodurch der Großteil der aus der Öffnung austretenden Hydraulikflüssigkeit an die Steuerleitung 5b abgegeben wird. Folglich steigt der Druck innerhalb des Steuerraumes 4b an. Dadurch wirkt innerhalb des Steuerraums 4b ein erhöhter Druck auf die Stirnfläche des Steuerkolbens 3 ein, was in einer Verschiebung des Steuerkolbens 3 entlang seiner Längsachse nach rechts resultiert. Aufgrund der Bewegung des Steuerkolbens 3 werden gleichzeitig die Steuerekanten oberhalb des Druckauslaßkanals C1 nach rechts verschoben, wodurch der Kanal C1 geöffnet wird. Die über den Druckeinlaßkanal PP eintretende Flüssigkeit kann über den Ausgleichskanal 7 und die Kammer 8b über den Druckauslaßkanal C1 aus dem Servoventil austreten und beispielsweise einen an C1 angeschlossenen Verbraucher mit Hydrauliköl versorgen. Denkbar ist hierbei, daß das vom Verbraucher zurückgeführte Öl über den Druckauslaßkanal C2 dem Ventil zurückgeführt wird und über die gleichzeitig geöffnete Verbindung von C2 und dem Rückflußkanal RP an den Öltank zurückgeführt wird. Die in den Steuerschieber 3 eingreifende Rückfeder 6 ist fest mit dem Düsenrohr 10 verbunden und erzeugt nun ein immer größer werdendes rücktreibendes Drehmoment auf das Düsenrohr 10 solange bis dieses

in die vertikale Neutraistellung zurückschwenkt. Die Drücke an den Steuerräumen 4a und 4b sind dann gleich groß. Der Steuerkolben 3 bleibt in dieser Position stehen. Der Steuerkolbenhub ist proportional dem aufgetragenen elektrischen Steuersignal. Davon abgeleitet ist nun der Volumenstrom von PB nach C1 bzw. C2 nach PR proportional dem aufgetragenen elektrischen Signal.

[0030] Die Öffnung des Druckauslaßkanals C2 erfolgt analog über eine Drehbewegung des Düsenrohrs 10 in Richtung des Steuerkanals 5a.

[0031] Sämtliche Bohrungen der Drehstabfeder 11, die zum einen die Bohrung für die Ölzuführungsleitung 20 und zum anderen eine Bohrung auf der gegenüberliegenden Seite der Drehstabfeder 11 umfassen, können optional mittels Kugellagerkugeln 16 oder zylindrischen Stopfen verschlossen werden. Um den Verbindungspunkt von Düsenrohr 10 und Drehstabfeder 11 zusätzlich abzudichten und so einem ungewollten Hydraulikflüssigkeitsverlust bzw. Druckverlust innerhalb des Servoventils vorzubeugen, ist eine radiale O-Ring-Abdichtung 13, insbesondere im Drehpunkt 18, angeordnet. Weiterhin wird das Düsenrohr 10 im Übergangsbereich von Grundplatte 17 zum Ventilblock der Leistungsstufe 2 durch eine axiale Abdichtung 14 abgedichtet. Zur weiteren Abdichtung der Ölzuführungsleitung 20 dienen mehrere axiale Abdichtungen 15, die im Bereich des Übergangs zwischen Grundplatte 17 und Ventilblock der Leistungsstufe 2, sowie im Bereich der Drehstabfeder 11 angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil mit einer ersten Stufe (1), die als Vorsteuerstufe arbeitet und ein bewegliches Düsenrohr (10) aufweist, und einer zweiten Stufe (2), die als Leistungsstufe arbeitet, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Düsenrohr (10) der Vorsteuerstufe (1) mittels eines Torsionselementes (11) geführt ist und die Ölzuführung des beweglichen Düsenrohrs (10) in das Torsionselement (11) integriert ist.
2. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Ölzuführung in der neutralen Faser des Torsionselement (11) befindet.
3. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Torsionselement (11) eine Drehstabfeder ist.
4. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Torsionselement (11) auf einer Seite eine Ölzuführbohrung aufweist und auf der gegenüber-

liegenden Seite eine zusätzliche Bohrung vorgesehen ist.

5. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Torsionselement (11) aus Titan besteht.
6. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Torsionselement (11) aus einer Kupfer-Berilliumlegierung besteht.
7. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Torsionselement (11) aus Stahl besteht.
8. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Verbindung von Torsionselement (11) und Düsenrohr (10) im Drehpunkt (18) eine Abdichtung (13), vorzugsweise eine radial Abdichtung, vorgesehen ist.
9. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Düsenrohr (10) per Presspassung mit dem Torsionselement (11) verbunden ist.
10. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrungen im Torsionselement (11) mittels Kugellagerkugeln (16) verschlossen sind.
11. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrungen im Torsionselement (11) mittels zylindrischen Stopfen verschlossen sind.
12. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerstufe (1) eine Grundplatte (17) aufweist, auf dieser das Torsionselement (11) angeordnet ist und in welcher die Drehpunktabdichtung (13) des Düsenrohrs (10) integriert ist.
13. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundplatte (17) gegenüber der Leistungsstufe (2) mittels einer Axialdichtung (14) abgedichtet ist.
14. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet,**

dass eine Ölzufuhrleitung (20) durch die Grundplatte (17) bis zum Torsionselement (11) geführt ist.

15. Zweistufiges elektrohydraulisches Servoventil nach Anspruch 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ölzufuhrleitung (20) zwischen Torsionselement (11) und Grundplatte (17) mittels Axialdichtung (15) abgedichtet ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

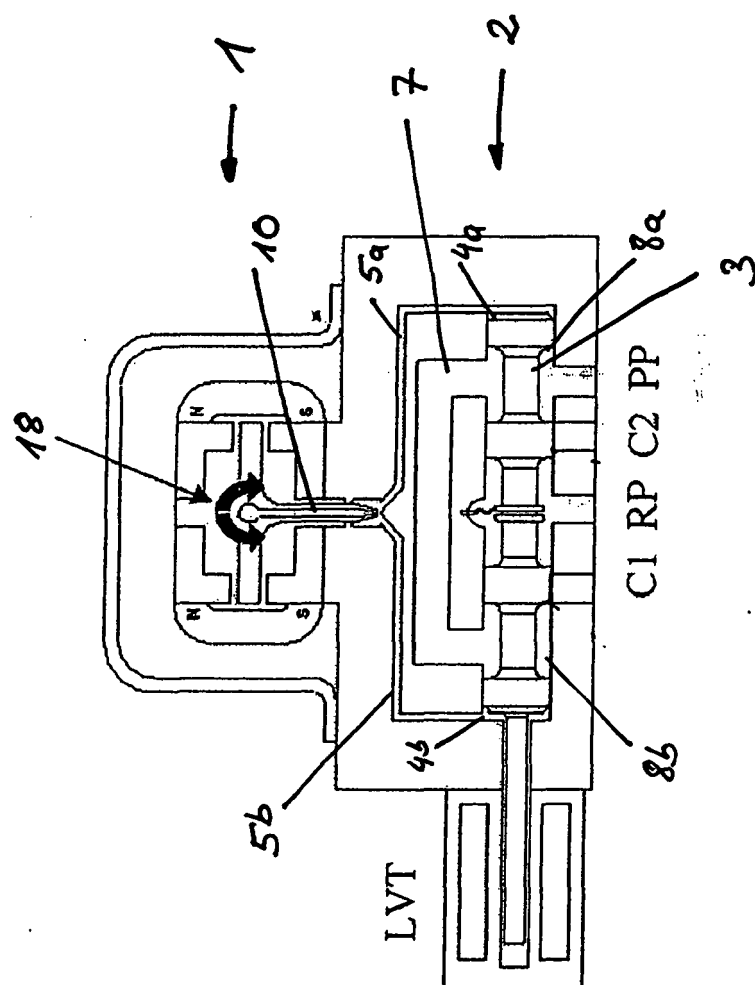


Fig.2

