(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 452 727 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2007 Patentblatt 2007/04

(51) Int Cl.:
F02M 51/06 *(2006.01)* ***F02M 61/16*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04003350.8**

(22) Anmeldetag: **14.02.2004**

(54) **Brennstoffeinspritzventil**

Fuel injector

Injecteur de carburant

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **27.02.2003 DE 10308635**
22.12.2003 DE 10360449

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.09.2004 Patentblatt 2004/36

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Noller, Klaus**
  71570 Oppenweiler (DE)
- **Huebel, Michael**
  70839 Gerlingen (DE)
- **Gerschwitz, Thomas**
  71735 Eberdingen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 477 400
EP-A- 1 378 657
DE-A- 10 148 594
DE-A- 19 950 760

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 452 727 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Aus der EP 0 477 400 A1 ist eine Anordnung für einen in Hubrichtung wirkenden, adaptiven mechanischen Toleranzausgleich für einen Wegtransformator eines piezoelektrischen Aktors für ein Brennstoffeinspritzventil bekannt. Dabei wird der Hub des Aktors über eine Hydraulikkammer übertragen. Die Hydraulikkammer weist ein definiertes Leck mit einer definierten Leckrate auf. Der Hub des Aktors wird über einen Geberkolben in die Hydraulikkammer eingeleitet und über einen Nehmerkolben auf ein anzutreibendes Element übertragen. Dieses Element ist beispielsweise eine Ventilnadel eines Brennstoffeinspritzventils.

[0003] Im Geberzylinder ist ein Nehmerkolben geführt, der den Geberzylinder ebenfalls abschließt und hierdurch die Hydraulikkammer bildet. In der Hydraulikkammer ist eine Feder angeordnet, die den Geberzylinder und den Nehmerkolben auseinanderdrückt. Wenn der Aktor auf den Geberzylinder eine Hubbewegung überträgt, wird diese Hubbewegung durch den Druck eines Hydraulikfluids in der Hydraulikkammer auf den Nehmerkolben übertragen, da das Hydraulikfluid in der Hydraulikkammer sich nicht zusammenpressen läßt und nur ein geringer Anteil des Hydraulikfluids durch den Ringspalt während des kurzen Zeitraumes eines Hubes entweichen kann. In der Ruhephase, wenn der Aktor keine Druckkraft auf den Geberzylinder ausübt, wird durch die Feder der Nehmerkolben aus dem Zylinder herausgedrückt und durch den entstehenden Unterdruck dringt über den Ringspalt das Hydraulikfluid in den Hydraulikraum ein und füllt diesen wieder auf. Dadurch stellt sich der hydraulische Koppler automatisch auf Längenausdehnungen und druckbedingte Dehnungen eines Brennstoffeinspritzventils ein. Die Abdichtung des Hydraulikmediums erfolgt über Dichtringe.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind außerdem Brennstoffeinspritzventile bekannt, die durch flexible Abschnitte, beispielsweise in wellrohr- bzw. wellbalgförmiger Ausführung, Hydraulikmedium abdichten.

[0005] Nachteilig an diesem bekannten Stand der Technik ist, daß der flexible Abschnitt, beispielsweise bei maximaler Belastung, nicht durch einen Anschlag abgestützt wird und so unvorteilhaft hohen Belastungen ausgesetzt ist. Dies verringert die Lebensdauer und erhöht den Herstellungsaufwand durch entsprechend verstärkte Ausführung des flexiblen Abschnitts.

[0006] Aus der DE 199 50 760 A1 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel bekannt.

Vorteile der Erfindung

[0007] Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß der flexible Abschnitt zuverlässig vor unzulässig hoher Dehnung bzw. Belastung geschützt ist und so der Koppler einfach und kostengünstig herstellbar, weniger aufwendig gebaut und zuverlässig dauerlauffest ist.

[0008] Der Anschlagkörper ist hülsenförmig geformt. Der Anschlagkörper läßt sich so einfach herstellen und montieren.

[0009] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen des im Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0010] Es ist vorteilhaft wenn der Nehmerkolben zumindest teilweise aus einem tassenförmigen ersten Nehmerabschnitt besteht, dessen Boden das Kopplervolumen teilweise begrenzt, und der Geberkolben den ersten Nehmerabschnitt teilweise tassenförmigen umschließt. Dadurch ist es möglich, die Nehmerkolben-Geberkolben-Anordnung besonders einfach aufzubauen. Ebenso ist es vorteilhaft, wenn das obere Ende des ersten Nehmerabschnitts über das obere Ende des Geberkolbens hinaus steht.

[0011] In einer weiteren Weiterbildung weist der Nehmerkolben einen zweiten Nehmerabschnitt auf, der mit dem ersten Nehmerabschnitt bewegungsfest verbunden ist oder der zweite Nehmerabschnitt weist zusätzlich einen Durchmesserabsatz auf, dessen Durchmesser größer ist als der des ersten Nehmerabschnitts und etwa so groß ist wie der Durchmesser des Geberkolbens. Dadurch läßt sich der Koppler besonders kompakt aufbauen und der flexible Abschnitt besonders vorteilhaft im Koppler integrieren.

[0012] Vorteilhaft ist es zudem, wenn der Durchmesserabsatz auf dem oberen Ende des ersten Nehmerabschnitts aufliegt oder das obere Ende des ersten Nehmerabschnitts über das obere Ende des Geberkolbens hinaus steht. Auch dadurch ist eine sehr kompakte Bauweise möglich.

[0013] Eine vorteilhafte einfache Bauweise ist zudem dadurch gegeben, daß die Drossel im Boden des ersten Nehmerabschnitts angeordnet ist.

[0014] Umfaßt die Drossel eine Drosselkugel, die mit einem Drosselspalt in einer Öffnung geführt ist, kann die Drossel besonders einfach aufgebaut werden und, wenn sich die Drosselkugel an einer das Kopplervolumen begrenzenden Fläche des Geberkolbens abstützt, für die Funktion des Kopplers vorteilhaft aufgebaut werden.

[0015] Vorteilhaft ist es zudem, wenn ein Ende des flexiblen Abschnitts am Nehmerkolben und/oder das andere Ende der flexiblen Abschnitts am Geberkolben hermetisch dicht gefügt ist, insbesondere form- und/oder kraftschlüssig. Der flexible Abschnitt läßt sich dadurch besonders einfach in den Koppler integrieren.

[0016] In einer weiteren Weiterbildung ist in den radialen Außenflächen des Geberkolbens und/oder des Nehmerkolbens zumindest jeweils eine Ausnehmung angeordnet, die insbesondere ringförmig ist und in welche zumindest eines der Enden des flexiblen Abschnitts ein-

greift.

[0017] Vorteilhafterweise ist zumindest eine Ausnehmungen muldenförmig. Dadurch kann das Ende des in die Ausnehmung eingreifenden flexiblen Abschnitts besonders einfach gegen eine axiale Verschiebungen gesichert werden.

[0018] Vorteilhaft ist es außerdem, wenn der Anschlagkörper zumindest eines der Enden des flexiblen Abschnitts in zumindest einer der Ausnehmungen form- und/oder kraftschlüssig und hermetisch dicht fixiert ist. Der Koppler kann dadurch besonders kompakt aufgebaut werden.

[0019] Sind die Enden des flexiblen Abschnitts verdickt ausgeführt, so lassen sie sich mit besonders geringem Aufwand hermetisch dicht im Koppler fixieren.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es zudem, wenn der Anschlag ein Ausweichvolumen aufweist. Der flexible Abschnitt kann sich dadurch an genau definierter Stelle und in eine durch die Form des Ausweichvolumens festgelegte vorteilhafte Form ausdehnen.

[0021] Vorteilhaft ist es außerdem, das Ausweichvolumen etwa auf Höhe der Mitte des flexiblen Abschnitts anzuordnen. Der flexible Abschnitt kann dadurch gleichmäßig belastet werden.

[0022] Vorteilhaft ist es weiterhin, einen Teil des axialen Verlaufs des Anschlagkörpers nach außen aufzuweiten, insbesondere rund oder kreissegmentförmig, um dadurch das Ausweichvolumen zu bilden. Das Ausweichvolumen kann dadurch besonders einfach hergestellt werden.

[0023] Vorteilhaft ist es weiterhin, den Anschlagkörper zumindest zweiteilig in einem ersten Anschlagsabschnitt und einem zweiten Anschlagsabschnitt auszuführen, wobei die beiden Anschlagsabschnitte durch einen insbesondere ringförmigen Anschlagsspalt geteilt sind.

[0024] Der Anschlagspalt ist vorteilhafterweise auf der Höhe der Mitte des Ausweichvolumens angeordnet. Der flexible Abschnitt wird dadurch mechanisch gleichmäßig beansprucht und der Anschlagsspalt kann in einfacher Weise auch nach der Montage am Koppler beispielsweise durch Laserschweißen angebracht werden.

Zeichnung

[0025] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch ein Brennstoffeinspritzventil gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 einen schematischen Ausschnitt eines Brennstoffeinspritzventils im Bereich des Kopplers gemäß dem Stand der Technik, ähnlich dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffeinspritzventil,

Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils im Bereich des Kopplers und

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils im Bereich des Kopplers.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0026] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielhaft beschrieben.

[0027] Bevor die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen näher beschrieben wird, wird zum besseren Verständnis ein Brennstoffeinspritzventil gemäß dem Stand der Technik in seinen wesentlichen Bauteilen in den Fig. 1 und 2 kurz erläutert. Übereinstimmende Bauteile sind dabei in den Figuren mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

[0028] Das in Fig. 1 dargestellte Brennstoffeinspritzventil 1 ist in der Form eines Brennstoffeinspritzventils 1 für Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschinen ausgeführt. Das Brennstoffeinspritzventil 1 eignet sich insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen nicht dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine.

[0029] Das Brennstoffeinspritzventil 1 umfaßt ein Gehäuse 2, in welchem ein mit einer Aktorumspritzung 3 versehener piezoelektrischer oder magnetostriktiver Aktor 4 angeordnet ist. Dem Aktor 4 kann mittels einer elektrischen Leitung 5, an welcher ein aus dem Gehäuse 2 ragender elektrischer Anschluß 6 ausgebildet sein kann, eine elektrische Spannung zugeführt werden. Der Aktor 4 stützt sich zuströmseitig an einem Geberkolben 9 eines hydraulischen Kopplers 7 und abströmseitig an einem Aktorkopf 8 ab. Der hydraulische Koppler 7 umfaßt weiterhin einen Nehmerkolben 10, eine Druckfeder 11, welche den hydraulischen Koppler 7 mit einer Vorspannung beaufschlagt, und einen Ausgleichsraum 12, welcher mit einem Hydraulikmedium gefüllt ist. Der Brennstoff wird über einen Zulauf 14 zentral zugeführt.

[0030] Eine detaillierte Beschreibung des Kopplers 7 sowie seiner Funktion ist der Beschreibung zu Fig. 2 zu entnehmen.

[0031] Abströmseitig des Aktorkopfes 8 ist ein Betätigungskörper 15 angeordnet, welcher auf eine Ventilnadel 16 einwirkt. Die Ventilnadel 16 weist an ihrem abströmseitigen Ende einen Ventilschließkörper 17 auf. Dieser wirkt mit einer Ventilsitzfläche 18, welche an einem Düsenkörper 19 ausgebildet ist, zu einem Dichtsitz zusammen. Eine Rückstellfeder 20 beaufschlagt die Ventilnadel 16 so, daß das Brennstoffeinspritzventil 1 in unbestromten Zustand des Aktors 4 in geschlossenem Zustand verbleibt. Weiterhin sorgt sie nach der Einspritzphase für die Rückstellung der Ventilnadel 16.

[0032] Der Düsenkörper 19 ist mittels einer Schweißnaht 21 in einem Innengehäuse 22 fixiert, welches den Aktor 4 gegen den Brennstoff abdichtet. Der

Brennstoff strömt vom Zulauf 14 zwischen dem Gehäuse 2 und dem Innengehäuse 22 zum Dichtsitz.

[0033] Fig. 2 zeigt einen ähnlich dem in Fig. 1 dargestellten Koppler aufgebauten Koppler 7.

[0034] Hydraulische Koppler 7 in Brennstoffeinspritzventilen 1 sind gewöhnlich einerseits zur Um- oder Übersetzung des Hubs des Aktors 4 auf die Ventilnadel 16 und/oder andererseits zum Ausgleich temperaturbedingter Längenänderungen des Aktors 4 und des Gehäuses 2 konzipiert. Letzteres wird, wie im Ausführungsbeispiel gezeigt, mittels des als Zweitmediumkoppler ausgeführten Kopplers 7 realisiert, welcher ein nicht mit dem Brennstoff in Berührung kommendes Hydraulikmedium enthält. Das Hydraulikmedium füllt dabei den Ausgleichsraum 12 und ein zwischen Geberkolben 9 und Nehmerkolben 10 ausgebildetes Kopplervolumen 23, welches mit dem Ausgleichsraum 12 über eine Drossel 24 verbunden ist.

[0035] Der Ausgleichsraum 12 ist innerhalb und außerhalb des Nehmerkolben 10 angeordnet, wobei die beiden Teile durch eine Querbohrung 31 miteinander verbunden sind und der außerhalb liegende Teil des Ausgleichsraums 12 mittels eines als Wellrohrdichtung ausgeführten flexiblen Abschnitts 13 gegenüber dem das Brennstoffeinspritzventil 1 durchströmenden Brennstoff abgedichtet ist. Bei Temperaturänderungen wird Hydraulikmedium zwischen dem Kopplervolumen 23 über die Drossel 24 mit dem Ausgleichsraum 12 ausgetauscht.

[0036] Der notwendige Befülldruck wird dabei über die im Nehmerkolben 10 in einem Druckspeicherraum 32 angeordnete Druckfeder 11 aufgebracht. Diese ist zwischen einem ersten Verschlußkörper 25 und einem zweiten Verschlußkörper 26 angeordnet, wobei ersterer eine Nut 27 mit einem darin angeordneten Dichtring 28 zur Abdichtung des Kopplerraumes 12 aufweist.

[0037] Die Befüllung des Kopplers 7, beispielsweise bei der Herstellung, mit Hydraulikmedium erfolgt durch einen Kanal 29, welcher beispielsweise mittels einer eingepreßten Verschlußkugel 30 verschlossen sein kann.

[0038] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Kopplers 7 für ein erfindungsgemäß ausgestaltetes Brennstoffeinspritzventil 1. Der Nehmerkolben 10 greift mit einem becherförmigen ersten Nehmerabschnitt 34 in den einseitig geschlossenen hohlzylinderförmigen Geberkolben 9 ein. Der Nehmerkolben 10 bzw. der erste Nehmerabschnitt 34 ist im Geberkolben 9 axial beweglich mit einem Führungsspalt 38 geführt. Der Führungsspalt 38 ist relativ klein, wobei die durch den Führungsspalt 38 strömende Menge an Hydraulikmedium sehr klein ist. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Führungsspalt 38 eine Drosselfunktion ausüben.

[0039] In diesem Ausführungsbeispiel besteht der Nehmerkolben 10 aus dem ersten Nehmerabschnitt 34 und einem zweiten Nehmerabschnitt 35. Der erste Nehmerabschnitt 34 begrenzt mit seinem geschlossenen Ende zusammen mit dem Grund des Geberkolbens 9 das Kopplervolumen 23, wobei im geschlossenen Ende des ersten Nehmerabschnitts 34 zentriert die Drossel 24 angeordnet ist. Die Drossel 24 besteht aus einer zentriert im Boden des becherförmigen ersten Nehmerabschnitts 24 angeordneten Öffnung 36 und einer darin mit einem Drosselspalt 37 geführten Drosselkugel 39.

[0040] Das offene, dem Kopplervolumen 23 abgewandte Ende des ersten Nehmerabschnitts 34 ist durch den zweiten Nehmerabschnitt 35 verschlossen. Der zweite Nehmerabschnitt 35 greift dabei teilweise in den ersten Nehmerabschnitt 34 ein und ist beispielsweise durch Pressen oder Schweißen mit diesem bewegungsfest gefügt. Zwischen dem in den ersten Nehmerabschnitt 34 eingreifenden Ende des zweiten Nehmerabschnitts 35 und der Drosselkugel 39 ist die Druckfeder 11 mit einer Vorspannung in einem im ersten Nehmerabschnitt 34 angeordneten Federraum 45 angeordnet. Die Druckfeder 11 ist spiralförmig und drückt auf die Drosselkugel 39 unter Zwischenlage eines Federtellers 40, wobei sich die Drosselkugel 39 am Boden des Geberkolbens 9 im Kopplervolumen 23 abstützt.

[0041] Die oberen, dem Kopplervolumen 23 abgewandten Enden des ersten Nehmerabschnitts 34 und des Geberkolbens 9 liegen etwa auf gleicher Höhe, wobei das Ende des ersten Nehmerabschnitts 34 etwas über das Ende des Geberkolbens 9 ragt. Der in den ersten Nehmerabschnitt 34 teilweise eingreifende zweite Nehmerabschnitt 35 erweitert seinen Durchmesser durch eine Stufe 44 oberhalb des oberen Endes des ersten Nehmerabschnitts 34 zu einem flanschähnlichen Durchmesserabsatz 46, wobei der Durchmesserabsatz 46 in diesem Ausführungsbeispiel mit seiner unteren, dem ersten Nehmerabschnitt 34 zugewandten Seite auf dem oberen Ende des ersten Nehmerabschnitts 34 aufliegt. Der Durchmesserabsatz 46 hat etwa den Durchmesser des Geberkolbens 9.

[0042] Der Ausgleichsraum 12 wird durch den flexiblen Abschnitt 13, den zweiten Nehmerabschnitt 35 mit seinem Durchmesserabsatz 46, den Geberkolben 9 und den ersten Nehmerabschnitt 34 begrenzt, wobei der Ausgleichsraum 12 über die Querbohrung 31 und den Federraum 45 mit der Drossel 24 in Verbindung steht. Der Kanal 29 mit der Verschlußkugel 30 ist koaxial im zweiten Nehmerabschnitt 35 durch eine Bohrung realisiert, die in den Federraum 45 mündet.

[0043] Der flexible Abschnitt 13 kann elastisch sein und besteht vorzugsweise aus einem Elastomer. In diesem Ausführungsbeispiel ist der flexible Abschnitt 13 hohlzylindrisch bzw. hülsenförmig und koaxial zu den Kolben 9, 10 angeordnet, wobei die Enden bzw. der untere und obere Rand jeweils verdickt ist.

[0044] Der flexible Abschnitt 13 liegt mit dem oberen Ende in einer muldenförmigen ersten Ausnehmung 42, welche in der radialen Außenfläche des zweiten Nehmerabschnitts 35 bzw. des Durchmesserabsatzes 46 ausgebildet ist, und mit seinem unteren Ende in einer muldenförmigen zweiten Ausnehmung 43, welche im Bereich der Außenfläche des oberen Endes des Geberkolbens 9 angeordnet ist. Die axiale Ausdehnung der Aus-

nehmungen 42, 43 ist dabei jeweils etwas größer als die axiale Ausdehnung der verdickten Enden. Dadurch ist insbesondere die Montage erleichtert.

[0045] Ein zweiteilig ausgeführter im Ausführungsbeispiel hülsenförmiger Anschlagkörper 33 ist passgenau über den Durchmesserabsatz 46, den flexiblen Abschnitt 13 und den oberen Bereich des Geberkolbens 9 gezogen. Der Anschlagkörper 33 besteht aus einem oberen ersten Anschlagsabschnitt 47 und einem unteren zweiten Anschlagsabschnitt 48. Der erste Anschlagsabschnitt 47 ist bewegungsfest mit dem Nehmerkolben 10 bzw. dem zweiten Nehmerabschnitt 35 gefügt, beispielsweise durch Schweißen oder Pressen. Der zweite Anschlagsabschnitt 48 ist bewegungsfest mit dem Geberkolben 9 gefügt, beispielsweise durch Schweißen oder Pressen. An seinem dem zweiten Anschlagsabschnitt 48 abgewandten Ende weist der erste Anschlagsabschnitt 47 einen Einzug 49 auf, an dem sich der Durchmesser des ersten Anschlagsabschnitts 47 verjüngt. Dadurch kann der erste Anschlagsabschnitt 47 leichter montiert werden.

[0046] Etwa auf Höhe der Mitte des flexiblen Abschnitts 13 ist der Anschlagkörper 33 an einem Ausweichabschnitt 51, beispielsweise rund und insbesondere kreissegmentförmig, vom flexiblen Abschnitt 13 weggebogen. Dadurch entsteht zwischen dem flexiblen Abschnitt 13 und dem Anschlagkörper 33 bzw. dem Ausweichabschnitt 51 ein Ausweichvolumen 52, in das sich der flexible Abschnitt 13 bei Zufluß von Hydraulikmedium aus dem Kopplervolumen 23 ausdehnen kann. Der Anschlagkörper 33 begrenzt die Ausdehnung des flexiblen Abschnitts 13, die mit einer zur axialen Bewegungsachse der Kolben 9, 10 mit einem radialen Richtungsanteil gerichteten Bewegung erfolgt, und schützt ihn vor Beschädigung. Die axiale Ausdehnung des Ausweichabschnitts 51 erstreckt sich zwischen den verdickten Enden des flexiblen Abschnitts 13 und schließt diese dabei nicht ein, so daß die verdickten Enden zuverlässig vom Anschlagkörper 33 hermetisch dicht in die Ausnehmungen 42, 43 gedrückt werden können. Ein Anschlagsspalt 50 trennt die beiden Anschlagsabschnitte 47, 48.

[0047] Über lange Zeiträume auf den Koppler 7 axial wirkende Kräfte, wie sie beispielsweise bei einer temperaturbedingten Ausdehnung des Aktors 4 auftreten, bewirken eine Verkleinerung des Kopplervolumens 23 durch Abfließen von Hydraulikmedium vom Kopplervolumen 23 durch die Drossel 24 über den Federraum 45 und die Querbohrung 31 in den Ausgleichsraum 12, der durch den elastischen und membranartigen flexiblen Abschnitt 13 teilweise begrenzt ist. Durch eine Vorspannung der Druckfeder 11 wird ein das Kopplervolumen 23 vergrößernder Druck auf das Hydraulikmedium ausgeübt.

[0048] Die dynamische Steifigkeit des Kopplers 7 wird insbesondere durch die Größe und Form des Drosselspalts 37 und ggf. durch die Größe und Form des Führungsspalts 38 bestimmt.

[0049] Fig. 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils im Bereich des Kopplers 7.

[0050] Der becherförmige Nehmerkolben 10 greift mit seinem offenen Ende voran in den einseitig geschlossenen hohlzylinderförmigen Geberkolben 9 ein, wobei das offene Ende des Nehmerkolbens 10 mit einer Drosselscheibe 41 verschlossen ist. Der Nehmerkolben 10 ist im Geberkolben 9 axial beweglich mit einem Führungsspalt 38 geführt. Der Führungsspalt 38 ist relativ klein, wobei die durch den Führungsspalt 38 strömende Menge an Hydraulikmedium sehr klein ist. In anderen Ausführungsbeispielen kann der Führungsspalt 38 eine Drosselfunktion ausüben.

[0051] Der Nehmerkolben 10 begrenzt mit seinem durch die Drosselscheibe 41 verschlossenen Ende zusammen mit dem Grund des Geberkolbens 9 das Kopplervolumen 23. In der Drosselscheibe 41 ist zentriert die als relativ dünne Bohrung ausgeführte Drossel 24 angeordnet. Der durch die Verschlußkugel 30 verschlossene Kanal 29 verläuft zentriert im Geberkolben 9 und mündet direkt in das Kopplervolumen 23. Die im Nehmerkolben 10 oberhalb des oberen Rands des Geberkolbens 9 angeordnete Querbohrung 31 verbindet über das Innere des Nehmerkolbens 10 den Ausgleichsraum 12 mit der Drossel 24.

[0052] Der Ausgleichsraum 12 ist durch den oberen Rand des Geberkolbens 9, den Nehmerkolben 10 und den flexiblen Abschnitt 13 begrenzt. Der flexible Abschnitt 13 besteht aus einem Elastomer und ist hülsenförmig geformt, wobei sich sein Durchmesser vom Geberkolben 9 nach oben verjüngt. Das obere Ende des flexiblen Abschnitts 13 ist zwischen einer den Nehmerkolben 10 im oberen Bereich nach oben durchmesserverjüngenden Kolbenstufe 54 und einem den oberen Bereich des Nehmerkolbens 10 umfassenden Deckel 53 festgeklemmt. Das untere Ende des flexiblen Abschnitts 13 ist in der in der Außenfläche des Geberkolbens 9 angeordneten zweiten Ausnehmung 43 durch den in diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls hülsenförmigen und den Geberkolben 9 passgenau umfassenden Anschlagkörper 33 geklemmt.

[0053] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt und für beliebige Bauformen von Brennstoffeinspritzventilen 1, insbesondere auch für Brennstoffeinspritzventile 1 für selbstzündende Brennkraftmaschinen und/oder nach innen öffnende Brennstoffeinspritzventile, geeignet.

Bezugszeichenliste

[0054]

1	Brennstoffeinspritzventil
2	Gehäuse
3	Aktorumspritzung
4	Aktor
5	elektrische Leitung
6	Anschluß

7 Koppler
8 Aktorkopf
9 Geberkolben
10 Nehmerkolben
11 Druckfeder
12 Ausgleichsraum
13 flexibler Abschnitt
14 Zulauf
15 Betätigungskörper
16 Ventilnadel
17 Ventilschließkörper
18 Ventilsitzfläche
19 Düsenkörper
20 Rückstellfeder
21 Schweißnaht
22 Innengehäuse
23 Kopplervolumen
24 Drossel
25 erster Verschlußkörper
26 zweiter Verschlußkörper
27 Nut
28 Dichtring
29 Kanal
30 Verschlußkugel
31 Querbohrung
32 Druckspeicherraum
33 Anschlagkörper
34 erster Nehmerabschnitt
35 zweiter Nehmerabschnitt
36 Öffnung
37 Drosselspalt
38 Führungsspalt
39 Drosselkugel
40 Federteller
41 Drosselscheibe
42 erste Ausnehmung
43 zweite Ausnehmung
44 Stufe
45 Federraum
46 Durchmesserabsatz
47 erster Anschlagsabschnitt
48 zweiter Anschlagsabschnitt
49 Einzug
50 Anschlagsspalt
51 Ausweichabschnitt
52 Ausweichvolumen
53 Deckel
54 Kolbenstufe

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil mit einem piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktor (4), der einen Ventilschließkörper (17) betätigt, der mit einer Ventilsitzfläche (18) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt, und mit einem hydraulischen Koppler (7), der einen Geberkolben (9), einen Nehmerkolben (10) und ein dazwischen ausgebildetes Kopplervolumen (23) umfaßt, wobei der Geberkolben (9) und der Nehmerkolben (10) axial gegeneinander beweglich sind, das Kopplervolumen (23) über eine Drossel (24) mit einem Ausgleichsraum (12) verbunden ist, ein flexibler Abschnitt (13) den Ausgleichsraum (12) zumindest teilweise begrenzt und wobei das Kopplervolumen (23), die Drossel (24) und der Ausgleichsraum (12) mit einem Hydraulikmedium gefüllt sind, wobei der flexible Abschnitt (13) durch einen Anschlagkörper (33) in seiner nach außen gerichteten Ausdehnung begrenzt ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anschlagkörper (33) die Form einer Hülse aufweist.

2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Nehmerkolben (10) zumindest teilweise aus einem tassenförmigen ersten Nehmerabschnitt (34) besteht, dessen Boden das Kopplervolumen (23) teilweise begrenzt.

3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Geberkolben (9) den ersten Nehmerabschnitt (34) teilweise tassenförmig umschließt.

4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das obere Ende des ersten Nehmerabschnitts (34) über das obere Ende des Geberkolbens (9) hinaus steht.

5. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Nehmerkolben (10) einen zweiten Nehmerabschnitt (35) aufweist, der mit dem ersten Nehmerabschnitt (34) bewegungsfest verbunden ist.

6. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Nehmerabschnitt (35) einen Durchmesserabsatz (46) aufweist, dessen Durchmesser größer ist als der des ersten Nehmerabschnitts (34) und in etwa so groß ist wie der des Geberkolbens (9).

7. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Durchmesserabsatz (46) auf dem oberen Ende des ersten Nehmerabschnitts (34) aufliegt.

8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drossel (24) im Boden des tassenförmigen ersten Nehmerabschnitts (34) angeordnet ist.

9. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das obere, dem Kopplervolumen (23) abgewandte axiale Ende des ersten Nehmerabschnitts (34) über das obere, dem Kopplervolumen (23) abgewandte axiale Ende des Geberkolbens (9) hinaus steht.

10. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangene Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drossel (24) eine Drosselkugel (39) umfaßt, die mit einem Drosselspalt (37) in einer Öffnung (36) geführt ist.

11. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich die Drosselkugel (39) an einer das Kopplervolumen (23) begrenzenden Fläche des Geberkolbens (9) abstützt.

12. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Ende des flexiblen Abschnitts (13) am Nehmerkolben (10) und/oder das andere Ende des flexiblen Abschnitts (13) am Geberkolben (9) hermetisch dicht gefügt ist, insbesondere form- und/oder kraftschlüssig.

13. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in den radialen Außenflächen des Geberkolbens (9) und/oder des Nehmerkolbens (10) zumindest jeweils eine Ausnehmung (42, 43) angeordnet ist.

14. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine der Ausnehmungen (42, 43) ringnutförmig ist.

15. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eines der Enden des flexiblen Abschnitts (13) in zumindest eine der Ausnehmungen (42, 43) eingreift.

16. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine der Ausnehmungen (42, 43) muldenförmig ist.

17. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anschlagkörper (33) zumindest eines der Enden des flexiblen Abschnitts (13) in zumindest einer der Ausnehmungen (42, 43) form- und/oder kraftschlüssig und hermetisch dicht fixiert.

18. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Enden des flexiblen Abschnitts (13) verdickt sind.

19. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anschlagkörper (33) ein Ausweichvolumen (52) aufweist.

20. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Ausweichvolumen (52) etwa auf der Höhe der Mitte des flexiblen Abschnitts (13) angeordnet ist.

21. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der flexible Abschnitt (13) bei Abnahme des Kopplervolumens (23) in das Ausweichvolumen (52) ausdehnt.

22. Brennstoffeinspritzventil nach einem Ansprüche 19 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Ausweichvolumen (52) dadurch gebildet ist, daß ein Teil axialen Verlaufs des Anschlags (33) nach außen aufgeweitet ist.

23. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass der das Ausweichvolumen (52) formende Teil des axialen Verlaufs des Anschlagkörpers (33) rund, insbesondere kreissegmentförmig, nach außen aufgeweitet ist.

24. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 19 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich der Anschlagkörper (33) in zumindest einen ersten Anschlagsabschnitt (47) und einen zweiten Anschlagsabschnitt (48) aufteilt.

25. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anschlagkörper (33) durch einen Anschlagsspalt (50), insbesondere ringförmigen Anschlagsspalt (50), geteilt ist.

26. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 25,

dadurch gekennzeichnet,
dass der Anschlagsspalt (50) auf der Höhe der Mitte des Ausweichvolumens (52) angeordnet ist.

27. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Ausgleichsraum (12) durch den flexiblen Abschnitt (13), den Nehmerkolben (10) und den Geberkolben (9) begrenzt ist.

28. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der flexible Abschnitt (13) elastisch ist und insbesondere aus einem Elastomer besteht.

Claims

1. Fuel injection valve having a piezoelectric or magnetostrictive actuator (4) which activates a valve-closing body (17) which interacts with a valve seat face (18) to form a sealing seat, and having a hydraulic coupler (7) which comprises a master piston (9), a slave piston (10) and a coupler volume (23) formed between them, the master piston (9) and the slave piston (10) being movable axially with respect to one another, the coupler volume (23) being connected to an equalization space (12) via a throttle (24), a flexible section (13) at least partially bounding the equalization space (12), and the coupler volume (23), the throttle (24) and the equalization space (12) being filled with a hydraulic medium, and the flexible section (13) being bounded by a stop element (33) in its outwardly directed extent, **characterized in that** the stop element (33) is in the form of a sleeve.

2. Fuel injection valve according to Claim 1, **characterized in that** the slave piston (10) is composed at least partially of a cup-shaped first slave section (34) whose base partially bounds the coupler volume (23) .

3. Fuel injection valve according to Claim 2, **characterized in that** the master piston (9) partially encloses the first slave section (34) in the form of a cup.

4. Fuel injection valve according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the upper end of the first slave section (34) protrudes beyond the upper end of the master piston (9).

5. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** the slave piston (10) has a second slave section (35) which is connected fixed in terms of movement to the first slave section (34).

6. Fuel injection valve according to Claim 5, **characterized in that** the second slave section (35) has a diameter shoulder (46) whose diameter is greater than that of the first slave section (34) and approximately as large as that of the master piston (9).

7. Fuel injection valve according to Claim 6, **characterized in that** the diameter shoulder (46) rests on the upper end of the first slave section (34).

8. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that** the throttle (24) is arranged in the base of the cup-shaped first slave section (34).

9. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 8, **characterized in that** the upper axial end of the first slave section (34) which faces away from the coupler volume (23) protrudes beyond the upper axial end of the master piston (9) which faces away from the coupler volume (23).

10. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the throttle (24) comprises a throttle ball (39) which is guided with a throttle gap (37) in an opening (36).

11. Fuel injection valve according to Claim 10, **characterized in that** the throttle ball (39) is supported on a face of the master piston (9) which bounds the coupler volume (23).

12. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** one end of the flexible section (13) is fitted in a hermetically sealed fashion, in particular in a positively and/or frictionally locking fashion, onto the slave piston (10) and/or the other end of the flexible section (13) is fitted in a hermetically sealed fashion, in particular in a positively and/or frictionally locking fashion, onto the master piston (9).

13. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** in each case at least one recess (42, 43) is arranged in the radial outer faces of the master piston (9) and/or of the slave piston (10).

14. Fuel injection valve according to Claim 13, **characterized in that** at least one of the recesses (42, 43) is in the shape of an annular groove.

15. Fuel injection valve according to Claim 13 or 14, **characterized in that** at least one of the ends of the flexible section (13) engages in at least one of the recesses (42, 43).

16. Fuel injection valve according to one of Claims 13 to 15, **characterized in that** at least one of the re-

cesses (42, 43) is trough-shaped.

17. Fuel injection valve according to one of Claims 13 to 16, **characterized in that** the stop element (33) of at least one of the ends of the flexible section (13) is secured in a positively and/or frictionally locking fashion and in a hermetically sealed fashion in at least one of the recesses (42, 43).

18. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the ends of the flexible section (13) are thickened.

19. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the stop element (33) has a compensation volume (52).

20. Fuel injection valve according to Claim 19, **characterized in that** the compensation volume (52) is arranged approximately at the level of the centre of the flexible section (13).

21. Fuel injection valve according to Claim 19 or 20, **characterized in that** the flexible section (13) expands into the compensation volume (52) when the coupler volume (23) is reduced.

22. Fuel injection valve according to one of Claims 19 to 21, **characterized in that** the compensation volume (52) is formed by a part of the axial profile of the stop (33) being widened outwards.

23. Fuel injection valve according to Claim 22, **characterized in that** the part of the axial profile of the stop element (33) which forms the compensation volume (52) is widened outwards in a round shape, in particular in the form of a circular segment.

24. Fuel injection valve according to one of Claims 19 to 23, **characterized in that** the stop element (33) is divided at least into a first stop section (47) and a second stop section (48).

25. Fuel injection valve according to Claim 24, **characterized in that** the stop element (33) is divided by a stop gap (50), in particular by an annular stop gap (50).

26. Fuel injection valve according to Claim 25, **characterized in that** the stop gap (50) is arranged at the level of the centre of the compensation volume (52).

27. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the compensation space (12) is bounded by the flexible section (13), the slave piston (10) and the master piston (9).

28. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the flexible section (13) is elastic and is composed in particular of an elastomer.

Revendications

1. Injecteur de carburant muni d'un actionneur (4) piézoélectrique ou magnétostrictif qui actionne un obturateur de soupape (17) qui coopère avec une surface de siège de soupape (18) pour former un siège d'étanchéité, et comprenant un coupleur hydraulique (7) qui présente un piston capteur (9), un piston récepteur (10) et un volume de coupleur (23) situé entre ceux-ci, le piston capteur (9) et le piston récepteur (10) étant mobiles axialement l'un par rapport à l'autre, le volume de coupleur (23) étant relié par un étranglement (24) à une chambre de compensation (12), un segment flexible (13) limitant au moins partiellement la chambre de compensation (12), et le volume de coupleur (23), l'étranglement (24) et la chambre de compensation (12) étant remplis par un fluide hydraulique, le segment flexible (13) étant limité au niveau de sa longueur orientée vers l'extérieur par un corps de butée (33),
caractérisé en ce que
le corps de butée (33) présente la forme d'une douille.

2. Injecteur de carburant selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le piston récepteur (10) comprend au moins partiellement un premier segment récepteur (34) en forme de tasse dont le fond limite en partie le volume de coupleur (23).

3. Injecteur de carburant selon la revendication 2,
caractérisé en ce que
le piston capteur (9) entoure le premier segment récepteur (34) en partie en forme de tasse.

4. Injecteur de carburant selon la revendication 2 ou 3,
caractérisé en ce que
l'extrémité supérieure du premier segment capteur (34) dépasse de l'extrémité supérieure du piston capteur (9).

5. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 4,
caractérisé en ce que
le piston récepteur (10) présente un second segment récepteur (35) solidaire en mouvement avec le premier segment récepteur (34).

6. Injecteur de carburant selon la revendication 5,
caractérisé en ce que
le second segment récepteur (35) présente un talon diamétral (46) dont le diamètre est supérieur à celui

du premier segment récepteur (34) et sensiblement égal à celui du piston capteur (9).

7. Injecteur de carburant selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le talon diamétral (46) repose sur l'extrémité supérieure de premier segment récepteur (34).

8. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** l'étranglement (24) est disposé dans le fond du premier segment récepteur (34) en forme de tasse.

9. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, **caractérisé en ce que** l'extrémité axiale supérieure du premier segment récepteur (34) détournée du volume de coupleur (23) dépasse de l'extrémité axiale supérieure du piston capteur (9) détournée du volume de coupleur (23).

10. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étranglement (24) comprend une sphère d'étranglement (39) qui est guidée avec un jeu d'étranglement (37) dans une ouverture (36).

11. Injecteur de carburant selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la sphère d'étranglement (39) prend appui sur une surface du piston capteur (9) limitant le volume de coupleur (23).

12. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** une extrémité du segment flexible (13) est fixée de façon étanche hermétiquement au piston récepteur (10) et/ou l'autre extrémité du segment flexible (13) au piston capteur (9), en particulier par complémentarité de formes et/ou de forces.

13. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** au moins un évidement (42, 43) est disposé respectivement dans les surfaces extérieures radiales du piston capteur (9) et/ou du piston récepteur (10) .

14. Injecteur de carburant selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'** au moins un des évidements (42, 43) présente la forme d'une rainure annulaire.

15. Injecteur de carburant selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce qu'** au moins une des extrémités du segment flexible (13) s'engage dans au moins un des évidements (42, 43).

16. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce qu'** au moins un des évidements (42, 43) présente la forme d'un creux.

17. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce que** le corps de butée (33) fixe par complémentarité de formes et/ou de forces et de façon étanche hermétiquement au moins une des extrémités du segment flexible (13) dans au moins un des évidements (42, 43).

18. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les extrémités du segment flexible (13) sont épaissies.

19. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps de butée (33) présente un volume d'évitement (52).

20. Injecteur de carburant selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** le volume d'évitement (52) est disposé sensiblement au niveau du centre du segment flexible (13).

21. Injecteur de carburant selon la revendication 19 ou 20, **caractérisé en ce que** le segment flexible (13) s'étend dans le volume d'évitement (52) lors d'une réduction du volume de coupleur (23).

22. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, **caractérisé en ce que** le volume d'évitement (52) est formé par un évasement vers l'extérieur d'une partie de l'évolution axiale de la butée (33).

23. Injecteur de carburant selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** la partie de l'évolution axiale du corps de butée (33) formant le volume d'évitement (52) est évasée vers l'extérieur de façon ronde, en particulier en forme de segment de cercle.

24. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 19 à 23,
caractérisé en ce que
le corps de butée (33) est divisé en au moins un premier segment de butée (47) et un second segment de butée (48).

25. Injecteur de carburant selon la revendication 24,
caractérisé en ce que
le corps de butée (33) est divisé par une fente de butée (50), en particulier une fente de butée annulaire (50).

26. Injecteur de carburant selon la revendication 25,
caractérisé en ce que
la fente de butée (50) est au centre du volume d'évitement (52).

27. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la chambre de compensation (12) est limitée par le segment flexible (13), le piston récepteur (10) et le piston capteur (9).

28. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le segment flexible (13) est élastique et en particulier réalisé à partir d'un élastomère.

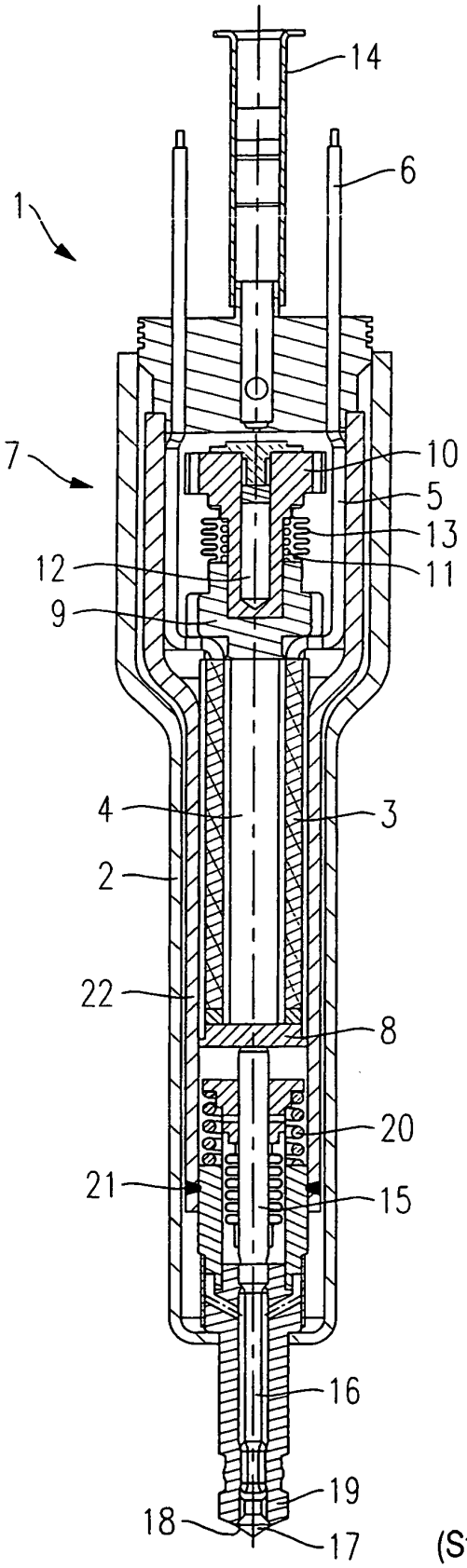


Fig. 1

(Stand der Technik)

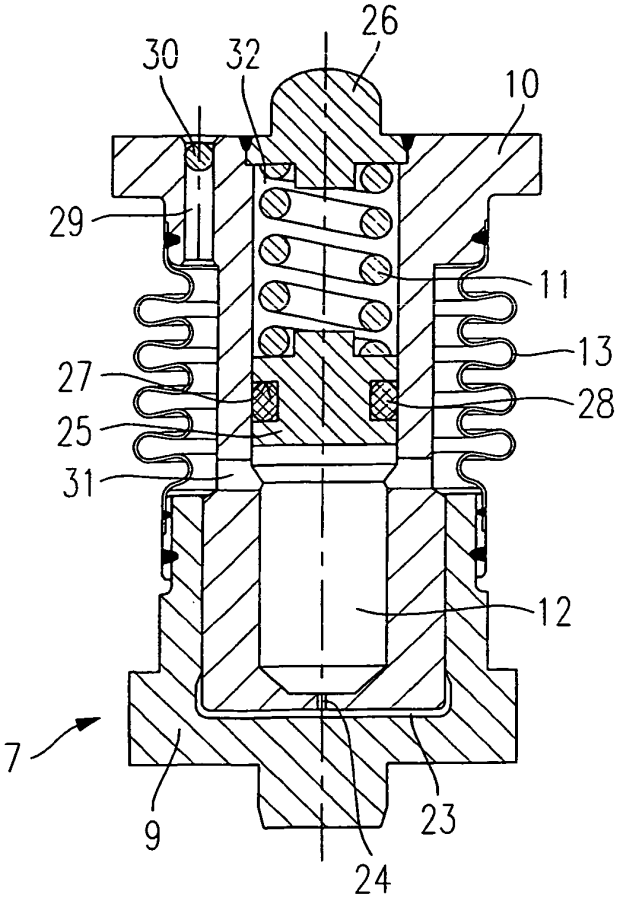


Fig. 2

(Stand der Technik)

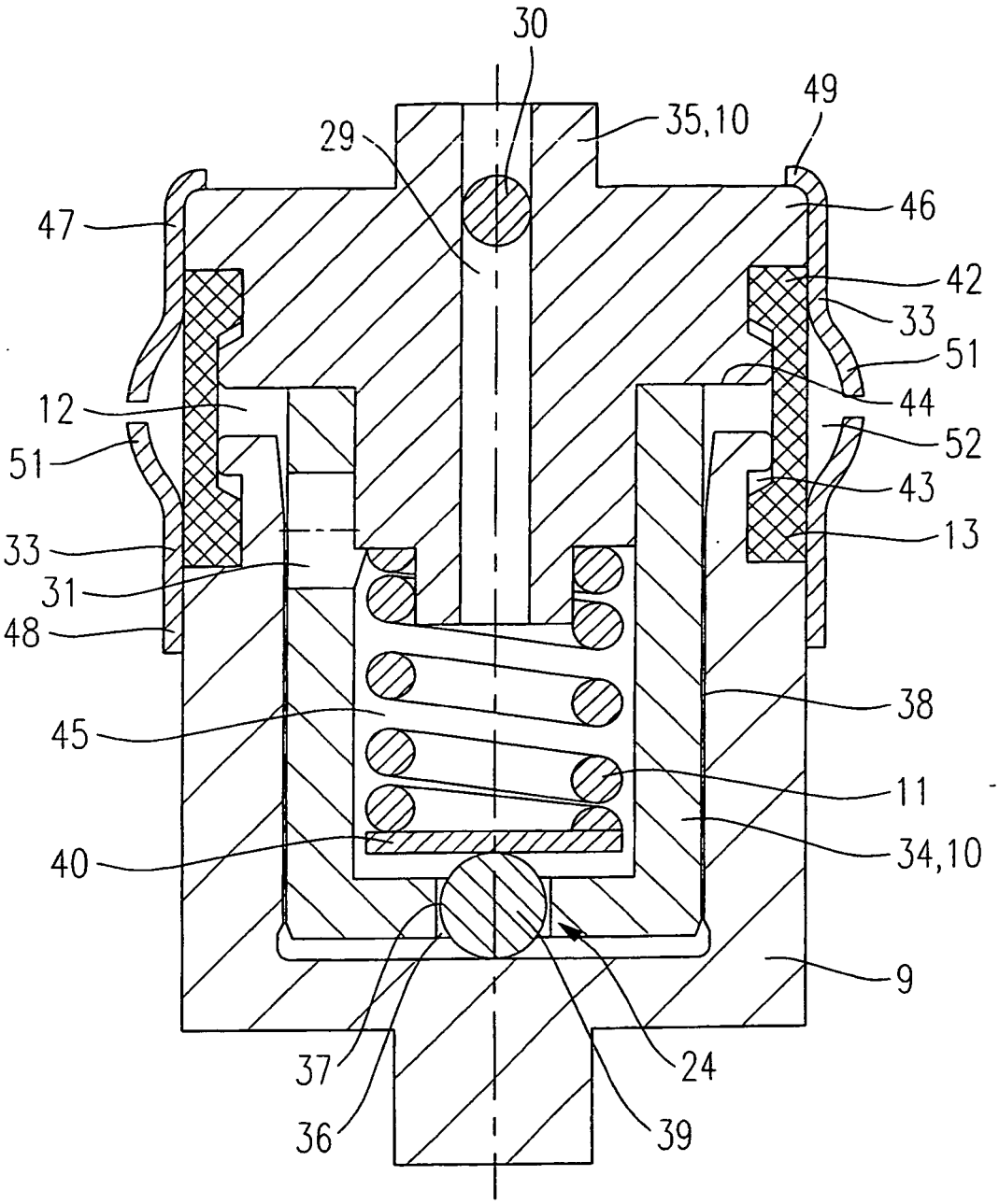

30
49
29
35,10
47
46
42
33
51
12
44
52
51
43
33
13
31
48
38
45
11
34,10
40
9
37
24
36
39

Fig. 3

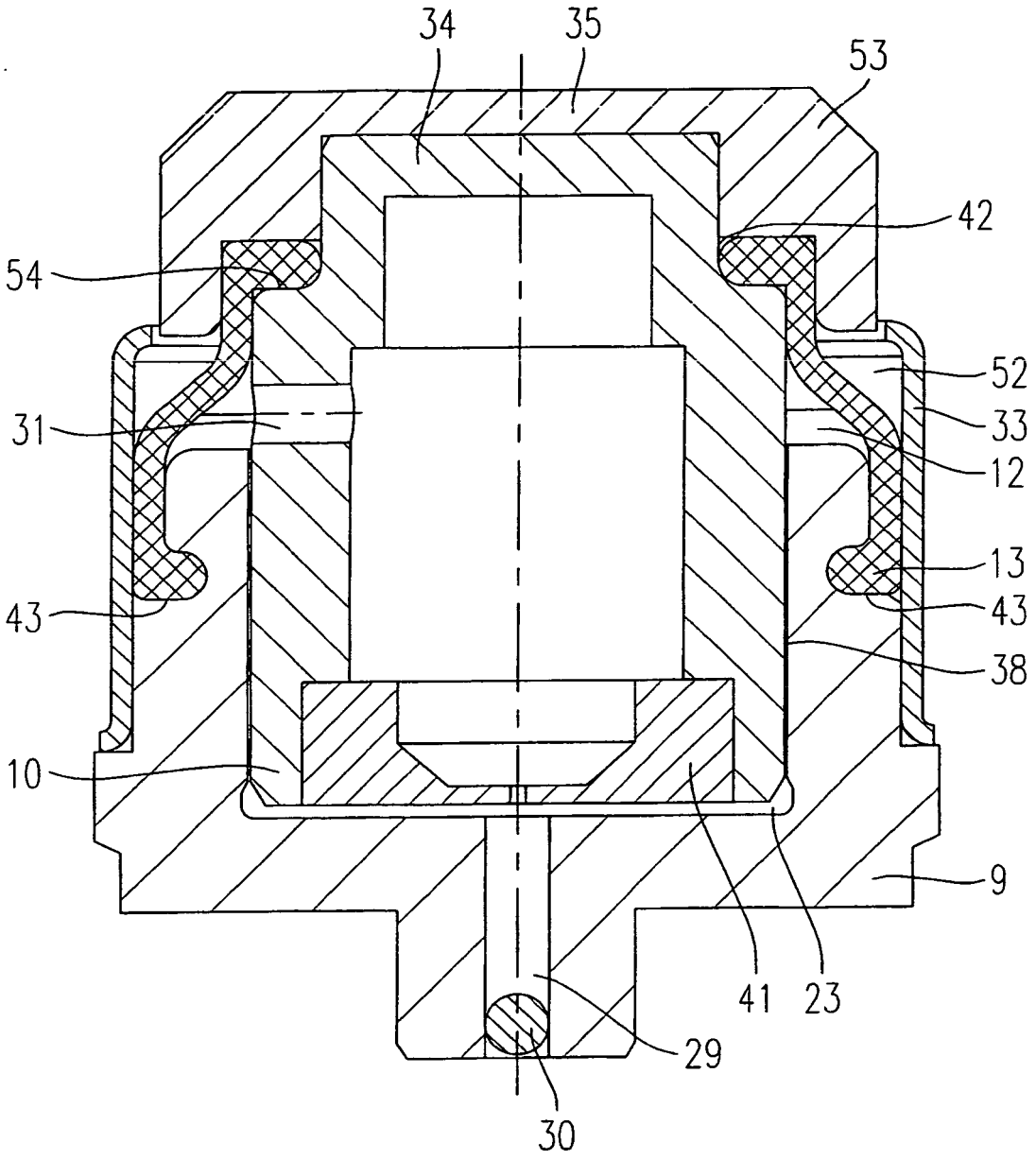


Fig. 4