



(11)

EP 2 813 698 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2016 Patentblatt 2016/23

(51) Int Cl.:
F02M 47/02 ^(2006.01) **F02M 51/06** ^(2006.01)
F02M 63/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14165002.8**

(22) Anmeldetag: **16.04.2014**

(54) **Brennstoffeinspritzventil**

Fuel injector valve

Soupape d'injection de combustible

(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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **10.06.2013 DE 102013210745**
07.11.2013 DE 102013222650

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.12.2014 Patentblatt 2014/51

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

(72) Erfinder:
• **Kreschel, Henning**
71640 Ludwigsburg (DE)

- **Rau, Andreas**
70469 Stuttgart (DE)
- **Rapp, Holger**
71254 Ditzingen (DE)
- **Schwarz, Thomas**
73614 Schorndorf (DE)
- **Stoecklein, Wolfgang**
71332 Waiblingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 640 604 EP-A1- 1 703 119
EP-A2- 1 939 441 EP-A2- 2 354 526
WO-A1-2013/098307 DE-A1-102005 030 132
DE-A1-102005 040 533 DE-A1-102009 000 170
DE-A1-102011 078 159

EP 2 813 698 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennstoffeinspritzventil, insbesondere einen Injektor für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen. Speziell betrifft die Erfindung das Gebiet der Injektoren für Brennstoffeinspritzanlagen von luftverdichtenden, selbstzündenden Brennkraftmaschinen.

[0002] Aus der DE 10 2009 046 332 A1 ist eine Steuerventilanordnung für einen Steuerraum eines Kraftstoffinjektors bekannt. Hierbei ist die Steuerventilanordnung durch einen elektromagnetischen Aktor betätigbar. Die Steuerventilanordnung besitzt einen hülsenförmigen Schließkörper, der von einer Schließfeder gegen einen konzentrischen Sitz gespannt wird. Ein Steuerraumdruck des Steuerraums wird mittels einer Führungsstange auf eine Übertragung abgetragen, die elektromagnetische Parameter der Elektromagnetanordnung derart verändert, dass die Schließzeitpunkte einer Düsennadel durch entsprechende Auswertung des elektrischen Stromspannungsverlaufs einer Magnetspule erkannt werden können. Damit übernimmt die Elektromagnetanordnung zusätzlich zu ihrer Aktorfunktion auch Sensorfunktionen und die Führungsstange hat zusätzlich zu ihrer Führungsfunktion für den Schließkörper die Aufgabe eines Steuerelements zu Veränderung von Parametern der Elektromagnetanordnung.

[0003] Durch eine Steuerventilanordnung, wie sie aus der DE 10 2009 046 332 A1 bekannt ist, kann ausgenutzt werden, dass der Steuerraumdruck und somit auch ein Ventilraumdruck zum Zeitpunkt eines Spritzendes einen charakteristischen, schnellen Anstieg erfährt. Hierbei kann die Tatsache genutzt werden, dass die Führungsstange auf ihrer unteren Stirnfläche somit mit dem Ventilraumdruck beaufschlagt wird und oberhalb davon derart geführt ist, dass die Führung gleichzeitig eine Abdichtung darstellt. Folglich wird die Führungsstange mit einer Axialkraft vorgespannt, die proportional zum Ventilraumdruck ist.

[0004] Diese Axialkraft kann beispielsweise in einen piezoelektrischen Sensor eingeleitet werden, der dann eine Ladung beziehungsweise Spannung abgibt, die proportional zu dieser Vorspannkraft und folglich proportional zum Ventilraumdruck ist.

[0005] Die aus der DE 10 2009 046 332 A1 bekannte Steuerventilanordnung hat den Nachteil, dass der Einsatzbereich begrenzt ist und für die Funktionsweise gewisse Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen. Auch bei einem Servoventil, das von einem piezoelektrischen Aktor betätigt wird, besteht ein Zusammenhang zwischen den zeitlichen Verläufen eines Düsennadelhubs und eines Steuerraumdrucks, wobei die Rückwirkung eines Öffnens und Schließens der Düsennadel auf den Steuerraumdruck deutlich zu erkennen ist. Allerdings wirkt der Ventilraumdruck bei einem nach innen öffnenden Ventil nur auf den Schaltventilsitz und die den Ven-

tilraum anderweitig begrenzenden Oberflächen. Die Anbringung eines Drucksensors in diesem Bereich erfordert somit dessen Abdichtung gegen den Hochdruck und die Einführung zusätzlich elektrischer Kontakte. Deshalb ist es beim piezogesteuerten Servoventil günstiger, das Aktorspannungssignal auf eine typische Resonanzschwingung hin zu analysieren, die unter anderem durch das Schließen der Düsennadel angeregt wird. Die Anregung erfolgt hierbei zum einen über die Schaltkette durch den schnellen Anstieg des Ventilraumdrucks im Moment des Ventilschließens und zum anderen auch durch akustische Übertragung durch den Haltekörper, was durch den schnellen Anstieg der Düsensitzkraft im Moment des Nadelschließens angeregt wird. Im Unterschied zu einer Ausgestaltung, wie sie aus der DE 10 2009 046 332 A1 bekannt ist, ist hierdurch aber keine gezielte Erfassung des Ventilraumdruckverlaufs, sondern nur die Erfassung einer durch das Nadelschließen parasitär angeregten Schwingung möglich. Hierbei ist es denkbar, dass aus den Eingangssignalen nur ein sehr schmales Frequenzsignal entnommen und mit einer Verstärkung von deutlich weniger als 1 der Aktorkraft aufmoduliert wird. Insbesondere werden hierbei die Gleichanteile sowohl des Steuerraumdrucks als auch der Düsensitzkraft bereits in der mechanischen Übertragungskette herausgefiltert, so dass die erheblichen Veränderungen dieser beiden Größen im Moment des Düsennadelschließens nur eine geringe transiente Auswirkung auf das Aktorspannungssignal haben. Speziell besteht dieses Problem, wenn der Aktor, der als Sensor benutzt wird, sehr weit von den eigentlichen Kraftflusslinien eingebaut wird und nur über eine parasitäre Auskopplung aus diesen Kraftflusslinien zum Schwingen angeregt wird. Somit ist die Detektionsmethode für das Spritzende bei einem piezoelektrisch betätigten Servoventil deutlich weniger robust und wesentlich störungsanfälliger als bei einer elektromagnetisch betätigten Steuerventilanordnung, wie sie aus der DE 10 2009 046 332 A1 bekannt ist. In der Folge ergibt sich ein in der Brennstoffdruck-Last-Ebene wesentlich kleinerer Funktionsbereich zur Detektion eines Einspritzendes beim Piezoinjektor im Vergleich zu einem Magnetventilinjektor.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass eine verbesserte Ausgestaltung ermöglicht ist. Insbesondere kann bei einer Ausgestaltung, bei deren piezoelektrischer Aktor vorgesehen ist, in eine Vorspannkraft des piezoelektrischen Aktors ein Anteil eingekoppelt werden, der von dem Druck im Ventilraum abhängt und insbesondere proportional zu dem Druck im Ventilraum ist.

[0007] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Anspruch 1 angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0008] Das Kraftübertragungselement ist zumindest abschnittsweise in dem Ventilschließkörper angeordnet. Insbesondere kann das Kraftübertragungselement zumindest abschnittsweise in dem Ventilschließkörper geführt sein. Dies ist speziell bei einer möglichen Ausgestaltung von Vorteil, bei der das Kraftübertragungselement als starres Kraftübertragungselement ausgestaltet ist. Das Kraftübertragungselement kann dann beispielsweise aus einem Metall oder einer metallischen Legierung gebildet sein. Bei einer weiteren möglichen Ausgestaltung kann das Kraftübertragungselement auch aus einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff ausgebildet sein oder auf einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basieren.

[0009] Das Kraftübertragungselement überträgt die Kraft, die sich aus der Beaufschlagung der Stirnseite des Kraftübertragungselements mit dem Druck im Ventilraum ergibt, zumindest mittelbar auf den Aktor. Hierbei wird die Übertragung in der Praxis regelmäßig eine verlustbehaftete Übertragung sein. Die Übertragungsverluste werden sich in der Regel auch bei Ausgestaltungen ergeben, bei denen das Kraftübertragungselement aus einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff ausgebildet ist. Solchen Übertragungsverlusten kann jedoch durch geeignete Anpassungen Rechnung getragen werden. Insbesondere kann dies durch eine geeignete Anpassung bezüglich der Ausgestaltung, insbesondere der Größe, der Stirnseite, die mit dem Druck im Ventilraum beaufschlagt ist, konstruktiv realisiert werden.

[0010] Das Kraftübertragungselement ist bei einer möglichen Ausgestaltung als starres Kraftübertragungselement ausgestaltet. Beispielsweise kann das Kraftübertragungselement als stiftförmiges Kraftübertragungselement ausgestaltet sein. Hierdurch ist es auch möglich, dass das Kraftübertragungselement die Kraft, die sich aus der Beaufschlagung der Stirnseite des Kraftübertragungselements mit dem Druck im Ventilraum ergibt, zumindest im Wesentlichen ungedämpft auf den Aktor überträgt.

[0011] Vorteilhaft ist es, dass der Aktor den Ventilschließkörper mittels einer mechanischen Übertragungseinrichtung betätigt und dass das Kraftübertragungselement die Kraft mittels der mechanischen Übertragungseinrichtung auf den Aktor überträgt. Über die mechanische Übertragungseinrichtung kann die Kraft mittelbar vom Kraftübertragungselement auf den Aktor übertragen werden. Hierbei kann die Übertragungseinrichtung auch eine Kraftübersetzung beziehungsweise Wegübersetzung zwischen dem Aktor und dem Ventilschließkörper erzielen. Umgekehrt ergibt sich dann auch eine Kraftübersetzung von dem Kraftübertragungselement auf den Aktor mittels der mechanischen Übertragungseinrichtung. Bei der Ausgestaltung mit der mechanischen Übertragungseinrichtung kann in vorteilhafter Weise eine Vorspannkraft beziehungsweise eine zusätzliche Vorspannkraft auf den Aktor ausgeübt werden, die von dem Druck im Ventilraum abhängt.

[0012] Vorteilhaft ist es ferner, dass der Aktor als pie-

zoelektrischer Aktor ausgebildet ist. Speziell eignet sich die Beaufschlagung des Aktors, die von dem Druck im Ventilraum abhängt, für piezoelektrische Aktoren, um den Aktor auch in diesem Fall als Sensor mit einer guten Auflösung zu nutzen. Dadurch kann insbesondere eine Detektierung von Schwingungen, die bei einem Nadel-schließen auftreten, mit verbesserter Auflösung realisiert werden.

[0013] Bei einer entsprechend abgewandelten Ausgestaltung ist es ebenfalls von Vorteil, dass der Aktor den Ventilschließkörper mittels einer hydraulischen Übertragungseinrichtung betätigt und dass die Kraft durch eine mechanische Überbrückung der hydraulischen Übertragungseinrichtung von dem Kraftübertragungselement auf den Aktor übertragbar ist. Bei einer hydraulischen Übertragungseinrichtung kann in vorteilhafter Weise eine Übertragung des dynamischen Aktorhubs auf die Düsennadel erreicht werden. Allerdings besteht im quasistatischen Fall das Problem, dass eine permanent auf die hydraulische Übertragungseinrichtung einwirkende Kraft aufgrund der vorgesehenen Leckage beziehungsweise einer vorgesehenen Drosselwirkung einen Kolben der hydraulischen Übertragungseinrichtung in eine Endposition verstellen würde, so dass die Übertragung der Kraft, die sich aus der Beaufschlagung der Stirnseite des Kraftübertragungselements mit dem Druck im Ventilraum ergibt, im Bereich der hydraulischen Übertragungseinrichtung enden würde und nicht bis zu dem piezoelektrischen Aktor gelangt. Durch die mechanische Überbrückung der hydraulischen Übertragungseinrichtung kann diese Kraft dennoch von dem Kraftübertragungselement auf den Aktor übertragen werden. Somit kann der Aktor gewissermaßen mit einem Gleichanteil beaufschlagt werden, obwohl die hydraulische Übertragungseinrichtung nur Wechselanteile übertragen kann. Speziell kann die hydraulische Übertragungseinrichtung als hydraulischer Koppler ausgestaltet sein. Hierbei kann in entsprechender Weise der Aktor als piezoelektrischer Aktor ausgebildet sein.

[0014] Vorteilhaft ist es hierbei ferner, dass die hydraulische Übertragungseinrichtung einen Kopplerraum und einen Kopplerkörper aufweist, dass ein Niederdruckraum vorgesehen ist, dass zwischen dem Niederdruckraum und dem Ventilraum ein von dem Ventilschließkörper gebildeter Dichtsitz vorgegeben ist, dass eine aktorseitige Stirnseite des Kopplerkörpers den Kopplerraum begrenzt, dass eine ventilschließkörperseitige Stirnseite des Kopplerkörpers an dem Ventilschließkörper anliegt und dass das Kraftübertragungselement und/oder zumindest ein weiteres Kraftübertragungselement durch den Kopplerkörper geführt sind. Auf diese Weise kann eine mechanische Kraftübertragung von dem Kraftübertragungselement zumindest mittelbar auf den Aktor erfolgen, die die hydraulische Übertragungseinrichtung überbrückt. Hierbei ist auf geeignete Weise eine Abdichtung realisiert. Hierbei besteht der Vorteil, dass die dynamische Betätigung durch den Aktor zu einer relativ kurzen Druckerhöhung im Kopplerraum führt, was die Ab-

dichtung erheblich vereinfacht.

[0015] Hierbei ist es ferner vorteilhaft, dass der Kopplerkörper eine Durchgangsbohrung aufweist und dass das zumindest eine weitere Kraftübertragungselement zumindest im Wesentlichen durchgehend entlang der Durchgangsbohrung des Kopplerkörpers geführt ist. Bei dieser Ausgestaltung ist zumindest ein weiteres Kraftübertragungselement vorgesehen, wobei eine gewisse Abdichtung zwischen dem zumindest einem weiteren Kraftübertragungselement und der Durchgangsbohrung realisiert ist, um die Druckerhöhung im Koplerraum zu ermöglichen. Über das zumindest eine weitere Kraftübertragungselement ist hierbei eine Übertragung des Gleichanteils des Drucks im Ventilraum auf den Aktor möglich.

[0016] Bei einer entsprechend abgewandelten Ausgestaltung ist es ferner vorteilhaft, dass der Kopplerkörper eine Durchgangsbohrung, die sich durch den Kopplerkörper erstreckt, aufweist, dass das zumindest eine weitere Kraftübertragungselement in einem erweiterten Führungsabschnitt der Durchgangsbohrung des Kopplerkörpers geführt ist und dass sich der erweiterte Führungsabschnitt der Durchgangsbohrung zu der aktorseitigen Stirnseite des Kopplerkörpers erstreckt. Somit kann zwischen dem weiteren Kraftübertragungselement und dem Kopplerkörper im Bereich des Führungsabschnitts eine ausreichende Abdichtung gewährleistet werden, um eine dynamische Druckerhöhung im Koplerraum zu ermöglichen. Dadurch ist eine vorteilhafte Betätigung des Steuerventils von dem Aktor möglich. Ferner kann der Aktor hierbei von dem Gleichanteil des Drucks im Ventilraum beaufschlagt werden.

[0017] Vorteilhaft ist es ferner, dass das Kraftübertragungselement im Bereich der ventilschließkörperseitigen Stirnseite des Kopplerkörpers an dem weiteren Kraftübertragungselement anliegt. Hierdurch kann einerseits das Kraftübertragungselement an dem Ventilschließkörper des Steuerventils geführt sein. Andererseits kann das weitere Kraftübertragungselement unabhängig von dem Kraftübertragungselement in dem Kopplerkörper geführt sein. Hierdurch wird eine Überbestimmung verhindert.

[0018] Vorteilhaft ist es, dass der Ventilschließkörper eine durchgehende Bohrung aufweist, in der das Kraftübertragungselement geführt ist. Hierdurch ist zum einen eine einfache Ausgestaltung des Ventilschließkörpers möglich, wobei die Bohrung insbesondere als axiale Bohrung bezüglich des Ventilschließkörpers ausgestaltet sein kann.

[0019] Bei einer abgewandelten Ausgestaltung ist es von Vorteil, dass der Ventilschließkörper eine Sacklochbohrung aufweist, in der das Kraftübertragungselement geführt ist, dass eine Stirnseite des Kraftübertragungselements in der Sacklochbohrung einen Druckraum begrenzt und dass der Ventilschließkörper zumindest eine seitliche Verbindungsbohrung aufweist, die den Druckraum mit dem Ventilraum verbindet. Hierdurch kann beispielsweise eine Ausgestaltung des Steuerventils mit ei-

nem Bypass oder dergleichen realisiert werden. Insbesondere kann eine von dem druckentlasteten Raum abgewandte Stirnseite des Ventilschließkörpers zumindest zeitweise beziehungsweise in Abhängigkeit von einer Schaltstellung des Steuerventils von einem Druck beaufschlagt werden, der sich von dem Druck im Ventilraum unterscheidet, mit dem die Stirnseite des Kraftübertragungselements beaufschlagt wird. Außerdem können hierdurch gegebenenfalls aufgrund von Drosseln, Bypassen oder dergleichen im Ventilraum auftretende, lokale Druckschwankungen und/oder Druckerhöhungen und/oder Druckverringerungen durch eine geeignete Ausgestaltung der seitlichen Verbindungsbohrungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Beaufschlagung des Aktors zumindest teilweise eliminiert werden.

[0020] Vorteilhaft ist es hierbei auch, dass ein Niederdruckraum vorgesehen ist, dass zwischen dem Niederdruckraum und dem Ventilraum ein von dem Ventilschließkörper gebildeter Dichtsitz vorgesehen ist und dass eine von dem Niederdruckraum abgewandte Stirnseite des Ventilschließkörpers in einer Ventilhülse, in der der Ventilschließkörper geführt ist, einen druckentlasteten Teilraum von dem Ventilraum abtrennt. Dadurch ist eine kraftausgeglichene beziehungsweise druckausgeglichene Ausgestaltung des Steuerventils möglich. Hierdurch kann eine Betätigungskraft, die durch den Aktor zum Verstellen des Ventilschließkörpers aufgebracht werden muss, reduziert werden.

[0021] Somit kann das Kraftübertragungselement, das vorzugsweise in dem Ventilschließkörper geführt ist, beispielsweise als starrer Stift ausgestaltet sein, der bei Druckbeaufschlagung die Erzeugung einer Kraft sowie deren Weiterleitung auf einen Piezoaktor ermöglicht. Hierbei kann eine rein mechanische Kopplung oder auch eine hydraulische Kopplung zwischen dem Ventilschließkörper und dem Aktor vorgesehen sein. Die Abdichtung zwischen dem Kraftübertragungselement und dem Ventilschließkörper des Steuerventils kann über ein enges Führungsspiel realisiert werden. Diese Form der Abdichtung bringt es allerdings mit sich, dass in dieser Führung eine Permanentleckage auftritt, die den Niederdruckbereich des Brennstoffeinspritzventils zusätzlich erwärmt und eine entsprechend vergrößerte Dimensionierung der Hochdruckpumpe der Brennstoffeinspritzanlage erfordert.

[0022] Bei einer weiteren möglichen Ausgestaltung kann die Abdichtung zwischen dem Kraftübertragungselement und dem Ventilschließkörper des Steuerventils über Dichtelemente erfolgen, wie sie in entsprechender Weise auch in anderen Komponenten eines Kraftfahrzeugs, beispielsweise bei Antiblockiersystemen (ABS) oder ESP-Systemen, zum Einsatz kommen. Dann kann eine Leckage in der Führung des Kraftübertragungselements vermieden werden. Das Vorhandensein und die Montage der Dichtelemente führt allerdings zu zusätzlichen Kosten.

[0023] Für die beiden genannten Möglichkeiten der Abdichtung gilt zudem, dass das Kraftübertragungsele-

ment in der praktischen Realisierung möglicherweise sehr klein ist und folglich die Bohrung (Führungsbohrung) im Ventilschließkörper, in der das Kraftübertragungselement geführt ist, einen kleinen Durchmesser, beispielsweise von höchstens 1 mm, hat. Bei diesen geringen Dimensionen ist die Realisierung eines definierten Führungsspiels oder die Montage separater Dichtelemente möglicherweise schwierig.

[0024] Die eben genannten Schwierigkeiten, die mit einem starren Kraftübertragungselement, insbesondere einem metallischen Kraftübertragungselement in Form eines geführten Stiftes, auftreten können, können allerdings, falls diese im jeweiligen Anwendungsfall relevant sind, in vorteilhafter Weise gelöst werden, wie es nachfolgend weiter ausgeführt ist. Dadurch kann das Auftreten einer Permanentleckage an der Führung des Kraftübertragungselements in dem Ventilschließkörper mit einfachen, kostengünstigen Mitteln vermieden werden. Somit kann der Anwendungsbereich vergrößert werden.

[0025] Eine vorteilhafte Lösung der eben genannten Probleme besteht darin, das Kraftübertragungselement nicht aus einem starren Material, wie beispielsweise einem Metall, sondern aus einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff auszuführen. Besonders geeignet ist hierfür ein Silikonmaterial. Wird ein solches Kraftübertragungselement mit einer Axialkraft beaufschlagt, dann verkürzt es sich und dehnt sich gleichzeitig in radialer Richtung aus. Dadurch legt sich das Kraftübertragungselement formschlüssig an eine Innenwand der Führungsbohrung an und dichtet so diese Führung vollständig ab.

[0026] Somit ergeben sich mehrere Vorteile. Durch die Querdehnung des aus diesem Kunststoff bestehenden Kraftübertragungselements wird eine Permanentleckage in der Führung vollständig unterbunden. Statt das Kraftübertragungselement als separates Bauteil zu fertigen, kann dieses auch direkt in seine Führungsbohrung eingespritzt werden. Zur Vermeidung einer Extrusion des Kraftübertragungselements infolge der gegebenenfalls hohen Axialkraft an seiner Abstützstelle an seiner weiteren Stirnseite, die von der druckbeaufschlagten Stirnseite abgewandt ist, können einfache Maßnahmen ergriffen werden. Diese können aus einer gezielten Verengung des Extrusionsspalts durch ein metallisches Bauteil zwischen dem Kraftübertragungselement und dem nachfolgenden Bauteil bzw. Element und/oder der Verstärkung des Kunststoffmaterials durch höherfeste Materialien, wie Glas- oder Kohlefasern oder Metallpartikel, bestehen.

[0027] Vorteilhaft ist es daher, dass das Kraftübertragungselement zumindest teilweise aus einem Werkstoff gebildet ist, der auf einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert. Hierbei ist es ferner von Vorteil, dass der Werkstoff Verstärkungselemente aufweist und dass der Kunststoff durch die Verstärkungselemente verstärkt ist. Somit kann die Permanentleckage an der Führung des Kraftübertragungselements vermieden werden. Hierbei kann in Bezug auf den jeweiligen Anwendungsfall eine ausreichende Haltbarkeit bezüglich

der im Betrieb auftretenden Größe der Kraft, die sich aus der Beaufschlagung der Stirnseite des Kraftübertragungselements mit dem Druck im Ventilraum ergibt, durch gegebenenfalls vorgesehene Verstärkungselemente im Kunststoff erreicht werden.

[0028] Die Verstärkungselemente können hierbei in vorteilhafter Weise als Glasfasern und/oder Carbonfasern und/oder Metallpartikeln ausgestaltet sein. Durch die Anzahl der Verstärkungselemente je Volumeneinheit und die Auswahl geeigneter Verstärkungselemente ist hierbei eine Anpassung an den jeweiligen Anwendungsfall möglich.

[0029] Vorteilhaft ist es auch, dass das Kraftübertragungselement zumindest teilweise in eine Bohrung des Ventilschließkörpers eingeführt ist und dass sich das Kraftübertragungselement bei der Beaufschlagung der Stirnseite des Kraftübertragungselements mit dem Druck im Ventilraum formschlüssig an eine Innenwand der Bohrung des Ventilschließkörpers, in der das Kraftübertragungselement angeordnet ist, anlegt. Somit kann das Kraftübertragungselement bei der Montage zunächst in die Bohrung des Ventilschließkörpers eingebracht werden. Bei Druckbeaufschlagung wird dann durch die erzeugte Axialkraft und die daraus resultierende Querdehnung das formschlüssige Anlegen des Kraftübertragungselements an die Innenwand der Bohrung erzielt. Somit ergibt sich eine einfache Montage und das Kraftübertragungselement kann geometrisch einfach ausgestaltet sein. Speziell kann das Kraftübertragungselement vor der erstmaligen Druckbeaufschlagung zylinderförmig ausgestaltet sein.

[0030] Bei einer abgewandelten Ausgestaltung kann der brennstoffbeständige, elastische Kunststoff, der gegebenenfalls verstärkt ist, auch in die Bohrung des Ventilschließkörpers eingespritzt werden, um auf diese Weise ein mit dem Ventilschließkörper verbundenes Kraftübertragungselement auszugestalten.

[0031] Vorteilhaft ist es auch, dass ein formstabiles Dichtelement zumindest teilweise in der Bohrung des Ventilschließkörpers angeordnet ist, dass das Dichtelement an der weiteren Stirnseite des Kraftübertragungselements, die von der Stirnseite des Kraftübertragungselements abgewandt ist, anliegt und dass das Kraftübertragungselement die Kraft über das Dichtelement zumindest mittelbar auf den Aktor überträgt. Das formstabile Dichtelement kann insbesondere als metallisches Dichtelement ausgestaltet sein. Dadurch ist eine gezielte Verengung des Extrusionsspalts möglich, um eine Extrusion des elastisch verformbaren Kraftübertragungselements zu verhindern.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0032] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in denen sich entsprechende Elemente mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind, näher erläutert. Es zei-

gen:

Fig. 1 ein Brennstoffeinspritzventil in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 4 eine Brennstoffeinspritzventil in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 5 ein Brennstoffeinspritzventil in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 6 ein Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise entsprechend einer möglichen Ausgestaltung der Erfindung;

Fig. 7 den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Neuzustand vor einer erstmaligen Druckbeaufschlagung;

Fig. 8 den in Fig. 7 dargestellten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils entsprechend dem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung nach der erstmaligen Druckbeaufschlagung;

Fig. 9 den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Fig. 10 ein Brennstoffeinspritzventil in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0033] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Brennstoffeinspritzventils 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung. Das Brennstoffeinspritzventil 1 kann insbesondere als Injektor für Brennstoffeinspritzanlagen von luftverdichtenden, selbstzündenden Brennkraftmaschinen dienen. Ein bevorzugter Einsatz des Brennstoffeinspritzventils 1 besteht für eine Brennstoffeinspritzanlage mit einem Common-Rail, das Dieselbrennstoff unter hohem Druck zu mehreren Brennstoffeinspritzventilen 1 führt. Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil 1 eignet sich jedoch auch für andere Anwendungsfälle.

[0034] Das Brennstoffeinspritzventil 1 weist ein auszugsweise dargestelltes Gehäuse 2, eine Drosselplatte 3 und ein Ventilstück 4 auf. Ferner ist ein Düsenkörper 5 vorgesehen, der auf geeignete Weise, insbesondere über eine Düsenspannmutter, mit dem Gehäuse 2 verbunden ist. Die Drosselplatte 3 und das Ventilstück 4 sind innerhalb des Gehäuses 2 und des Düsenkörpers 5 angeordnet.

[0035] In dem Gehäuse 2 ist ein piezoelektrischer Aktor 6 mit einer Schutzhülse 7 angeordnet. Ein an den piezoelektrischen Aktor 6 angefügter Aktorkopf ist über eine verformbare Membran 9 mit der Schutzhülse 7 verbunden. Dadurch ist der piezoelektrische Aktor 6 gegenüber einem druckentlasteten Raum (Niederdruckraum) 10 abgedichtet, über den im Betrieb ein Rückfluss von Brennstoff erfolgt. Ferner ist eine Steuereinheit 11 vorgesehen, die mit dem piezoelektrischen Aktor 6 verbunden ist.

[0036] Zwischen der Drosselplatte 3 und dem Düsenkörper 5 ist ein Brennstoffraum 12 ausgebildet, der über eine Brennstoffleitung 13, die abschnittsweise durch die Drosselplatte 3 geführt ist, im Betrieb mit Brennstoff gefüllt wird. In dem Brennstoffraum 12 ist eine Düsennadel 14 angeordnet, die mit einer Ventilsitzfläche 15 zu einem Dichtsitz zusammenwirkt. Eine Stirnseite 16 der Düsennadel 14, die der Drosselplatte 3 zugewandt ist, begrenzt einen Steuerraum 17, der innerhalb einer Hülse 18 ausgebildet ist. Die Düsennadel 14 ist hierbei in der Hülse 18 geführt. Die Hülse 18 wird von einer Feder 19 gegen die Drosselplatte 3 beaufschlagt, so dass der Steuerraum 17 von dem Brennstoffraum 12 abgetrennt ist.

[0037] Im Betrieb wird der Steuerraum 17 über eine in der Drosselplatte 3 ausgestaltete Zulaufdrossel 20 mit Brennstoff gefüllt.

[0038] Die Betätigung der Düsennadel 14 erfolgt über den Druck im Steuerraum 17. Wenn der Druck im Steuerraum 17 unter einen gewissen Wert fällt, dann kommt es zu einer Betätigung der Düsennadel 14, wobei der zwischen der Ventilsitzfläche 15 und der Düsennadel 14 gebildete Dichtsitz geöffnet wird und Brennstoff über Spritzlöcher 21, 22, die in dem Düsenkörper 5 ausgestaltet sind, in den Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Wenn anschließend der Druck im Steuerraum 17 über einen gewissen Wert erhöht wird, dann

wird die Düsennadel 14 wieder in die in der Fig. 1 dargestellte geschlossene Stellung zurückgestellt.

[0039] Der Druck im Steuerraum 17 wird über ein Steuerventil 30 gesteuert. Die Betätigung des Steuerventils 30 erfolgt hierbei durch den piezoelektrischen Aktor 6. Das Steuerventil 30 weist einen Ventilschließkörper 31 auf, der zumindest teilweise in einem Ventilraum 32 angeordnet ist. In diesem Ausführungsbeispiel ist an dem Ventilstück 4 eine Ventilsitzfläche 33 ausgebildet. Der Ventilschließkörper 31 wirkt mit der Ventilsitzfläche 33 zu einem Dichtsitz zusammen. Hierbei wird der Ventilschließkörper 31 von einer Ventildfeder 34 gegen die Ventilsitzfläche 33 beaufschlagt. Bei geschlossenem Dichtsitz ist der Ventilraum 32 des Steuerventils 30 von dem druckentlasteten Raum 10 getrennt. Bei geöffnetem Dichtsitz wird eine Verbindung zwischen dem Ventilraum 32 und dem druckentlasteten Raum 10 hergestellt, so dass ein Druck p_v im Ventilraum 32 absinkt. Hierdurch fließt Brennstoff über eine Ablauffdrossel 35, die in der Drosselplatte 3 ausgestaltet ist, aus dem Steuerraum 17 in den Ventilraum 32. Dies bewirkt eine Druckabsenkung im Steuerraum 17, was eine Betätigung der Düsennadel 14 ermöglicht.

[0040] Der Ventilschließkörper 31 des Steuerventils 30 ist in diesem Ausführungsbeispiel mittelbar von dem Aktor 6 betätigbar. Hierbei betätigt der Aktor 6 den Ventilschließkörper 31 mittels einer Übertragungseinrichtung 36. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Übertragungseinrichtung 36 als mechanische Übertragungseinrichtung 36 ausgestaltet, die den Hub des piezoelektrischen Aktors 6 in einen entsprechenden Hub des Ventilschließkörpers 31 umsetzt. Je nach Ausgestaltung der mechanischen Übertragungseinrichtung 36 kann hierbei auch eine Wegübersetzung beziehungsweise Kraftübersetzung erfolgen.

[0041] Außerdem ist ein Kraftübertragungselement 37 vorgesehen. Der Ventilschließkörper 31 weist eine durchgehende Bohrung 38 auf, in der das Kraftübertragungselement 37 geführt ist. Das Kraftübertragungselement 37 weist eine Stirnseite 39 mit einer wirksamen Fläche A auf. Das Kraftübertragungselement 37 ist entlang einer Achse 40 des Ventilschließkörpers 31, die in diesem Ausführungsbeispiel auch die Achse 40 der durchgehenden Bohrung 38 ist, geführt. Die Stirnseite 39 liegt in diesem Ausführungsbeispiel in einer Ebene, die senkrecht zu der Achse 40 orientiert ist. Dadurch ist die Fläche der Stirnseite 39 gleich der wirksamen Fläche 39A. Bei einer abgewandelten Ausgestaltung ergibt sich die wirksame Fläche A als Projektion der Stirnseite 39 in solch eine Ebene, die senkrecht zu der Achse 40 orientiert ist.

[0042] In dem Ventilraum 32 herrscht ein Druck p_v . Dieser Druck p_v wirkt auf die Stirnseite 39 ein. Aufgrund der durchgehenden Bohrung 38 ist der Ventilschließkörper 31 so ausgestaltet, dass die Stirnseite 39 des Kraftübertragungselements 37 von dem Druck p_v im Ventilraum 32 beaufschlagt ist, so dass auf das Kraftübertragungselement 37 eine Kraft F wirkt. Die Kraft F ergibt sich hier-

bei aus der Beaufschlagung der Stirnseite 39 mit dem Druck p_v im Ventilraum 32. Die Kraft F ergibt sich hierbei als Produkt aus der wirksamen Fläche A und dem Druck p_v . Insbesondere ist die Kraft F somit proportional zu dem Druck p_v im Ventilraum 32.

[0043] Der Ventilschließkörper 31 weist einen hülsenförmigen Fortsatz 41 auf, der sich durch den druckentlasteten Raum 10 zu der Übertragungseinrichtung 36 erstreckt. In einer Ausgangsstellung kann hierbei ein kleiner Abstand zwischen dem hülsenförmigen Fortsatz 41 und einer Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 vorgesehen sein, um in Bezug auf mögliche Toleranzen, temperaturbedingte Ausdehnungen und dergleichen ein zuverlässiges Schließen des Ventilschließkörpers 31 zu ermöglichen. Ab einem vorzugsweise kleinen Hub des Aktors 6 kommt es dann zur Betätigung des Ventilschließkörpers 31, bei der der hülsenförmige Fortsatz 41 dann in Kontakt mit der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 ist.

[0044] Das Kraftübertragungselement 37 ist in der durchgehenden Bohrung 38 axial bewegbar und liegt stets an der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 an. Hierbei überträgt das Kraftübertragungselement 37 die vom Druck p_v im Ventilraum 32 abhängige Kraft F mittels der mechanischen Übertragungseinrichtung 36 auf den piezoelektrischen Aktor 6.

[0045] Die mechanische Übertragungseinrichtung 36 kann als starre Übertragungseinrichtung 36 ausgeführt sein. Die Übertragungseinrichtung 36 kann allerdings auch als mechanische Schaltkette zur Kraft- und Wegübertragung zwischen dem Aktor 6 und dem Ventilschließkörper 31 ausgeführt sein. Die mechanische Übertragungseinrichtung 36 überträgt den Gleichanteil einer Kraft, so dass sich das Kraftübertragungselement 37 unmittelbar an der Übertragungseinrichtung 36 abstützen kann, um die axiale Kraft F zu übertragen. Die durchgehende Bohrung 38 verläuft axial und zentrisch im Ventilschließkörper 31. Hierbei hat die durchgehende Bohrung 38 vorzugsweise einen kleinen Durchmesser. Bei einer abgewandelten Ausgestaltung ist auch eine Ausgestaltung der durchgehenden Bohrung 38 mit einem Mittenversatz möglich. Ferner kann auch eine nur näherungsweise axiale Führung des Kraftübertragungselements 37 ausreichen. Die Abdichtung zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und der durchgehenden Bohrung 38 kann durch ein geringes Führungsspiel und/oder durch geeignete Dichtelemente erfolgen, wie sie für Hochdrucksysteme, insbesondere Hochdruckpumpen oder dergleichen, zum Einsatz kommen.

[0046] Somit kann permanent eine zum Druck p_v im Ventilraum 32 proportionale Kraft F in die Übertragungseinrichtung 36 eingeleitet und somit auf den Aktor 6 übertragen werden.

[0047] Die Steuereinheit 11 kann den piezoelektrischen Aktor 6 als Sensor nutzen, um von der Düsennadel 14 ausgehenden Schwingungen zu detektieren. Hierbei ergibt sich der Vorteil, dass ein breites Frequenzband des Drucks p_v im Ventilraum 32 einschließlich seines

Gleichanteils auf die Vorspannkraft des piezoelektrischen Aktors 6 übertragen wird. Dies wird durch das Kraftübertragungselement 37 ermöglicht. Beispielsweise führt der Anstiegs des Drucks im Steuerraum 17 und somit auch der Anstieg des Drucks p_v im Ventilraum 32 am Ende einer Einspritzung zu einem entsprechend bleibenden Anstieg der Aktorspannung und einer nahezu exakten Abbildung des Drucks p_v in der Aktorspannung. Dies ermöglicht eine wesentlich genauere Erkennung eines Endes eines Einspritzvorgangs, was zusätzlich zu einem deutlich größeren Bereich eines Brennstoffdruck-Last-Bereichs ermöglicht ist. Da durch die Übertragung der zum Druck p_v im Ventilraum 32 proportionalen Kraft F auf den Aktor 6 die Aktorvorspannung insbesondere bei hohen Drücken deutlich erhöht wird, kann auch die als Federhülse 7 dienende Schutzhülse 7 geringer vorgespannt werden. Eine schwächere und kostengünstigere Auslegung der Schutzhülse (Federhülse) 7 wird dadurch ermöglicht. Da die durch den Druck p_v hervorgerufene Kraft F ständig am Aktor anliegt, also auch in seinem noch nicht angesteuerten Zustand, und beim Öffnen des Steuerventils 13 zum Betätigen der Düsennadel 14 stark zurückgeht, trägt diese Lösung zusätzlich zur Kraftentlastung des Steuerventils 13 und einer Reduktion des Spannungsbedarfs des Aktors 6 bei.

[0048] Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel weist der Ventilschließkörper 31 eine Sacklochbohrung 43 auf, in der das Kraftübertragungselement 37 axial geführt ist. Die Stirnseite 39 des Kraftübertragungselement 37 begrenzt hierbei in der Sacklochbohrung 43 einen Druckraum 44. Außerdem weist der Ventilschließkörper 31 seitliche Verbindungsbohrungen 45, 46 auf, die den Druckraum 44 mit dem Ventilraum 32 verbinden.

[0049] Bei dieser Ausgestaltung erfolgt die Beaufschlagung der Stirnseite 39 des Kraftübertragungselements 37 mit seiner wirksamen Fläche A somit nicht von einer Unterseite 47 des Ventilschließkörpers 31 her, wie es bei dem anhand der Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel der Fall ist, sondern von einem seitlichen Umgebungsbereich des Ventilschließkörpers 31 im Ventilraum 32. Der seitliche Umgebungsbereich 48 umschließt den Ventilschließkörper 31 hierbei umfänglich. Diese Ausgestaltung ist unter anderem dann von Vorteil, wenn die Unterseite 47 des Ventilschließkörpers 31 durch eine Bypassbohrung angeströmt wird und selbst Bestandteil einer Drosselanordnung ist, so dass zumindest zeitweise unter dem Ventilschließkörper 31 ein vom eigentlichen Druck p_v im Ventilraum 32 abweichender, lokal anderer Druck ansteht. Somit kann das Steuerventil 30 robust gegenüber solchen Einflüssen ausgestaltet werden.

[0050] In diesem Ausführungsbeispiel ist die Unterseite 47 als geschlossene Stirnseite 47 ausgestaltet.

[0051] Fig. 3 zeigt den in Fig. 1 mit II bezeichneten

Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem dritten

[0052] Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Steuerventil 30 als druckentlastetes Steuerventil 30 ausgestaltet. Hierbei ist das Kraftübertragungselement 37 in der Sacklochbohrung 43 geführt. Der in der Sacklochbohrung 43 ausgestaltete Druckraum 44 ist über die seitlichen Verbindungsbohrungen 45, 46 mit dem Ventilraum 32 verbunden, so dass im Druckraum 44 der Druck p_v wie im Ventilraum 32 wirkt.

[0053] Außerdem weist der Ventilschließkörper 31 in diesem Ausführungsbeispiel einen Führungsabschnitt 49 auf, der sich von der Unterseite (Stirnseite) 47 aus in axialer Richtung erstreckt. Ferner weist das Steuerventil 30 eine Ventilhülse 50 auf, in der der Ventilschließkörper 31 mit seinem Führungsabschnitt 49 axial geführt ist. An die Unterseite 47 des Ventilschließkörpers 31 grenzt ein Teilraum 51 an, der von dem Ventilraum 32, in dem der Druck p_v herrscht, durch die Ventilhülse 50 abgetrennt ist. Der Teilraum 51 ist über eine Verbindung 52 mit dem druckentlasteten Raum 10 verbunden. Der druckentlastete Raum 10 ist ein Niederdruckraum 10, in dem ein deutlich niedrigerer Druck als im Ventilraum 32 herrscht, wenn der Dichtsitz zwischen dem Ventilschließkörper 31 und der Ventilsitzfläche 33 geschlossen ist.

[0054] Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Betätigungskraft zum Öffnen des zwischen dem Ventilschließkörper 31 und der Ventilsitzfläche 33 gebildeten Dichtsitzes reduziert ist.

[0055] Je nach Ausgestaltung des Steuerventils 30 kann außerdem eine Fülldrossel 53 vorgesehen sein, die beispielsweise als Bypass dient, um ein schnelleres Schließen der Düsennadel 14 zu ermöglichen. Hierbei kann über die Fülldrossel 43 der Druck vom Ventilraum 32 schneller erhöht werden. Gegebenenfalls kann es auch zu einer gegenläufigen Durchströmung der Ablaufdrossel 35 kommen, bei der der Steuerraum 17 zumindest zeitweise nicht nur über die Zulaufdrossel 20, sondern auch über die Ablaufdrossel 35 gefüllt wird, was durch das Füllen des Steuerraums 32 über die Fülldrossel 53 ermöglicht ist.

[0056] Fig. 4 zeigt ein Brennstoffeinspritzventil 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem vierten Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel weist der Ventilschließkörper 31 die durchgehende Bohrung 38 auf, in der das Kraftübertragungselement 37 axial geführt ist. Ferner ist die Übertragungseinrichtung 36 in diesem Ausführungsbeispiel als hydraulische Übertragungseinrichtung 36 ausgestaltet. Der Aktor 6 betätigt den Ventilschließkörper 31 zum Öffnen der Düsennadel 14 in diesem Ausführungsbeispiel mittels der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36. Hierbei kann eine Hubübersetzung beziehungsweise Kraftübersetzung erfolgen.

[0057] Die hydraulische Übertragungseinrichtung 36 weist einen Kopplerraum 60, einen Kopplerkörper 61 und einen weiteren Kopplerkörper 62 auf, wobei die Koppler-

körper 61, 62 in einem Kopplergehäuse 59 geführt sind. Hierbei betätigt der piezoelektrische Aktor 6 mechanisch den weiteren Kopplerkörper 62. Der Hub des Aktors 6 bewirkt somit direkt einen Hub des weiteren Kopplerkörpers 62. Die durch den Hub des weiteren Kopplerkörpers 62 erfolgende Verdrängung des Brennstoffs im Kopplerraum 60 führt dann zu einer hydraulisch übertragenen Bewegung des Kopplerkörpers 61. Hierbei begrenzt eine aktorseitige Stirnseite 77 des Kopplerkörpers 61 den Kopperraum 60. Der Kopplerkörper 61 wirkt wiederum auf den Ventilschließkörper 31 ein.

[0058] Um die vom Druck p_v abhängige Kraft F auf den Aktor 6 zu übertragen, kann in diesem Fall nicht einfach der Kopplerkörper 61 beaufschlagt werden, denn eine Beaufschlagung des Kopplerkörpers 61 mit dem Gleichanteil der Kraft F führt aufgrund einer funktionsmäßig erforderlichen gedrosselten Leckage zu einem Leerdrücken des Kopperraums 60, bis der Kopplerkörper 61 am weiteren Kopplerkörper 62 anliegt. Hierdurch wäre die Funktionsweise der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36 nicht mehr gewährleistet, da bei dieser Bewegung des Kopplerkörpers 61 auch der Kontakt zwischen der Anlagefläche 42 am Kopplerkörper 61 und dem hülsenförmigen Fortsatz 41 des Ventilschließkörpers 31 gelöst wird. Für die Funktionsweise der Übertragungseinrichtung 36 ist es hingegen erforderlich, dass durch einen gewissen Druck des Brennstoffs im Niederdruckraum 10 der Kopperraum 60 mit Brennstoff gefüllt wird, bis der Kopplerkörper 61 an dem hülsenförmigen Fortsatz 41 des Ventilschließkörpers 31 anliegt, ohne jedoch den Dichtsitz zwischen dem Ventilschließkörper 31 und der Ventilsitzfläche 33 zu öffnen. Denn dann führt die Betätigung des Aktors 6 bereits am Hubanfang zum Öffnen des Dichtsitzes. Ein Ausgleich von Toleranzen, temperaturbedingten Längenänderungen oder dergleichen ist somit durch die Funktionsweise der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36 gewährleistet.

[0059] In diesem Ausführungsbeispiel ist ein weiteres Kraftübertragungselement 63 vorgesehen, das sich durch eine Durchgangsbohrung des Kopplerkörpers 61 erstreckt. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Durchgangsbohrung 64 als axiale Durchgangsbohrung 64 ausgestaltet. Ferner verläuft die Durchgangsbohrung 64 zentriert durch den Kopplerkörper 61. Das weitere Kraftübertragungselement 63 ist durchgehend entlang der Durchgangsbohrung 64 des Kopplerkörpers 61 geführt. Der Kopplerkörper 61 ist zwischen dem Kopperraum 60 und dem Niederdruckraum 10 angeordnet. Somit erstreckt sich das weitere Kraftübertragungselement 63 einerseits durch den Kopperraum 60 und andererseits ist es bis zu dem Niederdruckraum 10 geführt. Der weitere Kopplerkörper 62 weist eine an den Kopperraum 60 angrenzende Seite 65 auf. Das weitere Kraftübertragungselement 63 weist eine Stirnseite 66 auf. Mit der Stirnseite 66 liegt das weitere Kraftübertragungselement 63 an der Seite 65 des weiteren Kopplerkörpers 62 an.

[0060] In diesem Ausführungsbeispiel ist die Anlagefläche 42 als ventilschließkörperseitige Stirnseite 42 des

Kopplerkörpers 61 ausgestaltet. Im Bereich der ventilschließkörperseitigen Stirnseite 42 des Kopplerkörpers 61 liegt das Kraftübertragungselement 37 mit seiner Stirnseite 67 an einer Stirnseite 68 des weiteren Kraftübertragungselements 63 an. Die Stirnseite 68 des weiteren Kraftübertragungselements 63 ist hierbei von der Stirnseite 66 abgewandt. Durch diese Ausgestaltung ist ein Toleranzausgleich, insbesondere ein radialer Toleranzausgleich, ermöglicht. Dadurch wird eine Überbestimmung vermieden.

[0061] Aufgrund des Drucks p_v im Ventilraum 32 entsteht die Kraft F , die das Kraftübertragungselement 37 gegen das weitere Kraftübertragungselement 63 beaufschlagt. Die Kraft F wird somit von dem weiteren Kraftübertragungselement 63 an den weiteren Kopplerkörper 62 weitergeleitet. Über den weiteren Kopplerkörper 62 wird die Kraft in den piezoelektrischen Aktor 6 eingeleitet. Somit kommt es auch in diesem Ausführungsbeispiel zu einer Vorspannung des Aktors 6 mit der Kraft F . Somit ist die Kraft F , die von dem Druck p_v im Ventilraum 32 abhängt, durch eine mechanische Überbrückung der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36 von dem Kraftübertragungselement 37 und dem weiteren Kraftübertragungselement 63 auf den Aktor 6 übertragbar.

[0062] Bei einer entsprechend abgewandelten Ausbildung des Brennstoffeinspritzventils 1 kann die Durchgangsbohrung 64 auch auf andere Weise ausgestaltet sein. Insbesondere kann die Durchgangsbohrung 64 auch außermittig durch den Kopplerkörper 61 verlaufen. Ferner kann die Durchgangsbohrung 64 auch nur auf einem Teil ihrer Länge als Führungsbohrung ausgeführt sein. Hierbei wird auf geeignete Weise eine Abdichtung oder eine ausreichend große Drosselwirkung gewährleistet, um den für die Funktionsweise der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36 erforderlichen Druckaufbau im Kopperraum 60 zu ermöglichen. Die Abdichtung entlang der Führung des weiteren Kraftübertragungselements 63 in der Durchgangsbohrung 64 kann durch ein geringes Führungsspiel oder durch Dichtelemente erfolgen.

[0063] Ferner sind die Stirnseiten 67, 68 des Kraftübertragungselements 37 und des weiteren Kraftübertragungselements 63 so ausgestaltet, dass eine vorteilhafte Kraftübertragung ermöglicht ist und zugleich ein gewisser Abstand zu der Anlagefläche 42 des Kopplerkörpers 61 beziehungsweise zu dem hülsenförmigen Fortsatz 41 gewährleistet ist, um ein Hängenbleiben an dem Kopplerkörper 61 oder dem hülsenförmigen Fortsatz 41 zu verhindern. Somit wird bei einer Axialbewegung die Kraft F vorteilhaft weitergeleitet, indem ein Kontakt mit dem Kopplerkörper 61 oder dem hülsenförmigen Fortsatz 41 im Bereich der Stirnseiten 67, 68 vermieden ist. Somit wird eine gegenseitige Beeinflussung der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36 sowie der Überbrückung der hydraulischen Übertragungseinrichtung 36, die durch die Kraftübertragungselemente 37, 63 vermittelt ist, verhindert.

[0064] Fig. 5 zeigt das Brennstoffeinspritzventil 1 in ei-

ner auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem fünften Ausführungsbeispiel. In diesem Ausführungsbeispiel weist das weitere Kraftübertragungselement 63 einen Abschnitt 69 mit größerem Durchmesser und einen Abschnitt 70 mit kleinerem Durchmesser auf. Ferner ist die Durchgangsbohrung 64 als Stufenbohrung 64 ausgestaltet. Hierbei weist die Durchgangsbohrung 64 einen erweiterten Führungsabschnitt 71, der sich zu der aktorseitigen Stirnseite 77 des Kopplerkörpers 61 erstreckt, und einen Abschnitt 72 mit einem Durchmesser, der kleiner als ein Durchmesser des erweiterten Führungsabschnitts 71 ist, auf. Im erweiterten Führungsabschnitt 71 ist das weitere Kraftübertragungselement 63 an seinem Abschnitt 69 dichtend geführt. Im Abschnitt 72 der Durchgangsbohrung 64 ist ein Ringspalt 73 zwischen dem Abschnitt 70 des weiteren Kraftübertragungselements 63 und dem Abschnitt 72 der Durchgangsbohrung 64 gebildet. Die Abdichtung des Koplerrums 60 gegenüber dem Niederdruckraum 10 erfolgt somit im Bereich des erweiterten Führungsabschnitts 71 der Durchgangsbohrung 64. Die Durchgangsbohrung 64 fungiert somit in diesem Ausführungsbeispiel nur im Führungsabschnitt 71 als Führung.

[0065] Bei einer abgewandelten Ausgestaltung ist es auch denkbar, dass das weitere Kraftübertragungselement 63 auf einem oder mehreren Abschnitten der durchgehenden Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 geführt ist.

[0066] Fig. 6 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise des Brennstoffeinspritzventils 1 entsprechend einer möglichen Ausgestaltung der Erfindung. Hierbei ist an der Ordinate ein Signal, insbesondere ein Spannungssignal U , angetragen, das eine Aktorspannung am piezoelektrischen Aktor 6 beschreibt. An der Abszisse ist die Zeit angetragen. Die Steuereinheit 11 kann die Aktorspannung 6 erfassen. Ferner kann zur Betätigung des Brennstoffeinspritzventils 1 eine geeignete Spannung an den piezoelektrischen Aktor 6 angelegt werden. Zum Zeitpunkt t_1 wird der Aktor 6 mit einer Betätigungsspannung beaufschlagt. Diese Beaufschlagung endet zum Zeitpunkt t_2 . Das Signal ist hierbei sehr groß, was durch Pfeile 74, 75 veranschaulicht ist. Der zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 erfolgende Spannungsausschlag ist daher nur andeutungsweise dargestellt. Nach dem Zeitpunkt t_2 kommt es zum Schließen der Düsennadel 14. Im Verlauf dieses Schließens tritt ein charakteristisches Muster 76 im Signalverlauf $U(t)$ auf. Denn beim Schließen der Düsennadel 14 kommt es zu einer typischen, durch das Düsennadelschließen angeregten Schwingung 76. Diese Schwingung 76 folgt auf das Schließen der Düsennadel 14, so dass das Ende der Einspritzung auf den Zeitpunkt t_3 bestimmt werden kann. Denn ab dem Zeitpunkt t_3 tritt die Schwingung in Form des charakteristischen Musters 76 auf. Zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 nimmt die Schwingung zunächst ab, wie es beispielsweise einer typischen Dämpfung entspricht, während nach dem Zeitpunkt t_3 erneut eine Schwingung mit nun größerer Amplitude auftritt. Somit

handelt es sich bei der durch das Muster 76 charakterisierten Schwingung um eine zusätzliche, angeregte Schwingung, deren Ursache das Nadelschließen ist.

[0067] Durch die Beaufschlagung des Aktors 6 mit der Kraft F wird eine Abschwächung der Schwingung 76 im Übertragungsweg vom Dichtsitz zwischen der Düsennadel 14 und der Ventilsitzfläche 15 zum Aktor 6 verringert. Insbesondere wird nicht nur ein schmales Frequenzband aus dem Ventilraumdrucksignal ausgekoppelt und auf den Aktor übertragen, sondern es wird ein breites Frequenzband inklusive des Gleichanteils des Ventilraumdrucks in eine auf den Aktor wirkende Vorspannkraft umgesetzt. Der Zeitpunkt t_3 , der das Ende der Einspritzung angibt, kann somit aus dem Signal $U(t)$ der Aktorspannung des piezoelektrischen Aktors 6 deutlich erkannt werden.

[0068] Somit kann bei den Brennstoffeinspritzventilen 1 entsprechend den beschriebenen Ausführungsbeispielen in vorteilhafter Weise eine Spritzendeerkennung realisiert werden. Das Brennstoffeinspritzventil 1 kann somit insbesondere beim Einsatz eines piezoelektrischen Aktors 6 so ausgestaltet werden, dass eine gezielte Eignung zur Erkennung eines Endes eines Einspritzvorgangs, wie es in der Fig. 6 durch den Zeitpunkt t_3 veranschaulicht ist, besteht.

[0069] Fig. 7 zeigt den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem sechsten Ausführungsbeispiel im Neuzustand vor einer erstmaligen Druckbeaufschlagung. In diesem Ausführungsbeispiel weist das Steuerventil 30 einen Ventilschließkörper 31 mit einer axialen, durchgehenden Bohrung 38 auf. In die durchgehende Bohrung 38 ist das Kraftübertragungselement 37 eingebracht. Das Kraftübertragungselement 37 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus einem Werkstoff gebildet, der auf einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert. Das Kraftübertragungselement 37 ist hierbei im Neuzustand zylinderförmig ausgestaltet. Die durchgehende Bohrung 38 ist in diesem Ausführungsbeispiel hingegen nicht exakt zylinderförmig ausgestaltet. Denn im Bereich der Kraftübertragung auf die Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 ist zwischen einer Innenwand 80 der durchgehenden Bohrung 43 und dem zylinderförmigen Kraftübertragungselement 37 ein Ringspalt 81 gebildet. Ferner kann auch eine weitere Stirnseite 67 des Kraftübertragungselements 37, die von der im Betrieb druckbeaufschlagten Stirnseite 39 des Kraftübertragungselements 37 abgewandt ist, im Neuzustand ein geringfügiger Abstand des Kraftübertragungselements 37 zu der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 bestehen und/oder die weitere Stirnseite 82 nicht exakt plan ausgestaltet sein.

[0070] Dann wird der Druck p_v im Ventilraum 32 bei der Inbetriebnahme aufgebaut, so dass das Steuerventil 30 zum ersten Mal mit dem Druck p_v beaufschlagt wird. Der sich dadurch ergebende Einfluss auf das Kraftübertragungselement 37, insbesondere den elastischen

Kunststoff des Kraftübertragungselements 37, ist anhand der Fig. 8 nachfolgend näher beschrieben.

[0071] Fig. 8 zeigt den in Fig. 7 dargestellten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils 1 entsprechend dem sechsten Ausführungsbeispiel im Zustand mit Druckbeaufschlagung. Durch die Druckbeaufschlagung der Stirnseite 39 des Kraftübertragungselements 37 wird die axiale Kraft F erzeugt. Durch die entstehende axiale Kraft F auf das Kraftübertragungselement 37 verformt sich dieses elastisch, wobei es sich in Längsrichtung verkürzt und in radialer Richtung ausdehnt. Bei hoher Druckbeaufschlagung ist auch eine teilweise plastische Deformation des Kraftübertragungselements 37 möglich und zulässig. Dadurch werden bestehende Hohlräume zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und der Innenwand 80 der Bohrung 38 und zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 vollständig ausgefüllt. Beispielsweise wird der Ringspalt 81 durch die Verformung des Kraftübertragungselements 37 aufgefüllt, so dass dieser zumindest für die Dauer der Druckbeaufschlagung verschwindet. Somit legt sich das Kraftübertragungselement 37 gleichmäßig an die Innenwand 80 der durchgehenden Bohrung 38 an.

[0072] Bei der Beaufschlagung des Kraftübertragungselements 37 mit der axialen Kraft F legt sich dieses somit aufgrund seiner Querdehnung formschlüssig an die Innenwand 80 der Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 an und dichtet diese vollständig ab. Dadurch sinken auch die Anforderungen an die Genauigkeit der Ausgestaltung der Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 des Steuerventils 30 sowie an die Genauigkeit der Außenkontur des Kraftübertragungselements 37 erheblich. Somit kann auf diese Weise eine besonders einfache Ausführungsform mit dem Kraftübertragungselement 37 aus dem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff realisiert werden.

[0073] Als brennstoffbeständiger, elastischer Kunststoff kann in vorteilhafter Weise ein Thermoplast oder ein Elastomer zum Einsatz kommen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn als elastischer Kunststoff ein Silikon zum Einsatz kommt. Das Kraftübertragungselement 37 ist ganz oder teilweise aus dem Werkstoff gebildet, der auf dem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert.

[0074] Um das Entstehen eines abgeschlossenen Druckraums zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 zum Aktor 6 zu vermeiden, ist die Kontaktfläche bzw. Kontaktlinie zwischen der weiteren Stirnseite 67 des Kraftübertragungselements 37 und der Anlagefläche 42 vorzugsweise nicht geschlossen umlaufend, sondern unterbrochen ausgeführt. Dies kann zum Beispiel durch kleine Nuten oder Kerben in zumindest einer der beiden Flächen, das heißt an der Stirnseite 39 und/oder an der Anlagefläche 42, realisiert sein. Dies birgt im konkreten Anwendungsfall aber gegebenenfalls die Gefahr, dass das Kraftübertragungselement 37 bei hoher Belastung

durch solche Nuten oder Kerben extrudiert und so letztendlich beschädigt oder zerstört werden kann. Um dies zu vermeiden, kann ein formstabiles Dichtelement 83 oberhalb des Kraftübertragungselements 37 in die Bohrung 38 eingebracht werden, wie es anhand der Figuren 9 und 10 näher beschrieben ist. Zusätzlich oder alternativ kann zur Vermeidung einer Extrusion des Kraftübertragungselements 37 infolge der hohen axialen Kraft an seiner Abstützstelle an seiner weiteren Stirnseite 67 auch eine Verstärkung des Werkstoffs, der auf dem elastischen Kunststoff basiert, durch Verstärkungselemente aus höherfesten Materialien vorgesehen sein. Hierfür weist der Werkstoff, der auf dem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert, Verstärkungselemente auf, wobei der Kunststoff durch die Verstärkungselemente verstärkt ist. Für die Verstärkungselemente können Glasfasern, Carbonfasern oder Metallpartikel sowie geeignete Mischungen aus solchen Fasern und/oder Partikeln zum Einsatz kommen.

[0075] Fig. 9 zeigt den in Fig. 1 mit II bezeichneten Ausschnitt des Brennstoffeinspritzventils 1 in einer auszugswweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung. In diesem Ausführungsbeispiel ist zwischen der weiteren Stirnseite 67 des Kraftübertragungselements 37 und der Anlagefläche 42 der Übertragungseinrichtung 36 das formstabile Dichtelement 83 angeordnet. Hierbei weist die weitere Stirnseite 67 eine an die Oberfläche 84 des Dichtelements 83 angepasste Ausgestaltung auf. In diesem Ausführungsbeispiel ist die weitere Stirnseite 67 teilkugelförmig und konkav ausgestaltet. Hierdurch kann das Dichtelement 83 teilweise in das Kraftübertragungselement 37 eingesetzt werden, wobei es an der weiteren Stirnseite 67 anliegt.

[0076] Das formstabile Dichtelement 83 ist vorzugsweise aus Metall hergestellt und weist zu der Innenwand 80 der Bohrung 38, in die es zumindest teilweise eingesetzt ist, ein Führungsspiel auf. Das Führungsspiel ist einerseits groß genug, um eine einfache Fertigung der durchgehenden Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 sowie des formstabilen Dichtelements 83 zu gewährleisten, und ist andererseits klein genug, um ein Extrudieren des Kraftübertragungselements 37 durch den Führungsspalt sicher zu verhindern. Beispielsweise kann das Führungsspiel des Dichtelements 83 in der Bohrung 38 in der Größenordnung von 10 µm liegen. Um die Obergrenze für dieses Führungsspiel zu erhöhen und um die Robustheit des Steuerventils 30 zu verbessern, kann der Werkstoff für das Kraftübertragungselement 37, der auf dem elastischen Kunststoff basiert, durch die genannten Verstärkungselemente stabilisiert werden. Hierfür kommen beispielsweise Glasfasern, Carbonfasern oder Metallpartikel infrage.

[0077] Das formstabile Dichtelement 83 ist in diesem Ausführungsbeispiel als kugelförmiges Dichtelement ausgeführt. Bei einer abgewandelten Ausgestaltung kann das formstabile Dichtelement 83 auch als zylindrisches Dichtelement 83 ausgeführt sein. Ferner sind auch

andere Abwandlungen bezüglich der Ausgestaltung des Dichtelements 83 möglich. Die weitere Stirnseite 67 des Kraftübertragungselements 37 kann hierbei an die Oberfläche 84 des Dichtelements 83 in seiner jeweiligen Ausgestaltung angepasst sein.

[0078] Fig. 10 zeigt ein Brennstoffeinspritzventil 1 in einer auszugsweisen, schematischen Schnittdarstellung entsprechend einem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Steuerventil 30 über eine als hydraulischer Koppler 36 ausgestaltete Übertragungseinrichtung 36 mit dem piezoelektrischen Aktor 6 verbunden. Der hydraulische Koppler 36 wirkt hierbei als Hochpass und kann somit keine stationären Kräfte übertragen. Daher wird die Kraft F in diesem Ausführungsbeispiel über das weitere Kraftübertragungselement 63 auf den weiteren Kopplerkörper 62 übertragen. Das Grundprinzip entspricht hierbei dem vierten Ausführungsbeispiel, das anhand der Fig. 4 beschrieben ist, beziehungsweise dem fünften Ausführungsbeispiel, das anhand der Fig. 5 beschrieben ist. Da das Kraftübertragungselement 37 in dem nun anhand der Fig. 10 beschriebenen achten Ausführungsbeispiel zumindest teilweise aus dem Werkstoff gebildet ist, der auf dem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert, kann es bei einer prinzipiell möglichen Ausgestaltung, bei der das Kraftübertragungselement 37 direkt auf das weitere Kraftübertragungselement 63 einwirkt, an der Kontaktstelle zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und dem weiteren Kraftübertragungselement 63 im jeweiligen Anwendungsfall zu einem Extrudieren des Kraftübertragungselements 37 kommen. In solchen Anwendungsfällen, in denen eine Gefahr besteht, dass das Kraftübertragungselement 37 bei direkter Übertragung auf das weitere Kraftübertragungselement 63 extrudiert, ist zusätzlich das formstabile Dichtelement 83 vorgesehen, wie es in der Fig. 10 dargestellt ist.

[0079] Das formstabile Dichtelement 83 ist hierbei zwischen dem Kraftübertragungselement 37 und dem weiteren Kraftübertragungselement 63 angeordnet. Somit wird verhindert, dass das Kraftübertragungselement 37 an der Kontaktstelle zu dem weiteren Kraftübertragungselement 63 extrudiert. Somit kann der mögliche Anwendungsbereich vergrößert werden.

[0080] Somit kann das Kraftübertragungselement 37 in vorteilhafter Weise zumindest teilweise aus einem Werkstoff gebildet sein, der auf einem brennstoffbeständigen, elastischen Kunststoff basiert. Bei einer abgewandelten Ausgestaltung kann es hierbei auch besonders vorteilhaft sein, das Kraftübertragungselement 37 nicht separat zu fertigen und in die Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 einzufügen, sondern direkt in die durchgehende Bohrung 38 des Ventilschließkörpers 31 einzuspritzen. Bei einer Ausgestaltung, bei der ein formstables Dichtelement 83 vorgesehen ist, kann das formstabile Dichtelement 83 bereits in die Bohrung 38 eingelegt werden, bevor der Werkstoff für das Kraftübertragungselement 37 in die Bohrung 38 eingespritzt wird. Auf diese Weise kann sehr einfach der fertige Ventil-

schließkörper 31 mit dem Kraftübertragungselement 37 und dem formstabilen Dichtelement 83 hergestellt werden.

[0081] Somit sind vorteilhafte Ausgestaltungen des Steuerventils 30 möglich, bei denen das formstabile Dichtelement 83 an der weiteren Stirnseite 67 des Kraftübertragungselements 37 anliegt, wobei das Kraftübertragungselement 37 die Kraft F über das Dichtelement 83 zumindest mittelbar auf den Aktor 6 überträgt.

[0082] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere Injektor für Brennstoffeinspritzanlagen von luftverdichtenden, selbstzündenden Brennkraftmaschinen, mit einem Aktor (6) und einem Steuerventil (30), wobei ein Ventilschließkörper (31) des Steuerventils (30) zumindest mittelbar von dem Aktor (6) betätigbar ist, wobei ein Kraftübertragungselement (37) vorgesehen ist, dass das Kraftübertragungselement (37) zumindest abschnittsweise in dem Ventilschließkörper (31) geführt ist, dass der Ventilschließkörper (31) so ausgestaltet ist, dass eine Stirnseite (39) des Kraftübertragungselements (37) von einem Druck (p_v) in einem Ventilraum (32) des Steuerventils (30) beaufschlagbar ist, und dass das Kraftübertragungselement (37) eine Kraft (F), die sich aus der Beaufschlagung der Stirnseite (39) des Kraftübertragungselements (37) mit dem Druck (p_v) im Ventilraum (32) ergibt, zumindest mittelbar auf den Aktor (6) überträgt,
dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (6) den Ventilschließkörper (31) mittels einer hydraulischen Übertragungseinrichtung (36) betätigt und dass die Kraft (F) durch eine mechanische Überbrückung der hydraulischen Übertragungseinrichtung (36) von zumindest dem Kraftübertragungselement (37) auf den Aktor (6) übertragbar ist, wobei der Aktor (6) als piezoelektrischer Aktor (6) ausgebildet ist.
2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (6) den Ventilschließkörper (31) mittels einer mechanischen Übertragungseinrichtung (36) betätigt und dass das Kraftübertragungselement (37) die Kraft (F) mittels der mechanischen Übertragungseinrichtung (36) auf den Aktor (6) überträgt.
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Übertragungseinrichtung (36) einen Kopplerraum (60) und einen Kopplerkörper (61) aufweist, dass ein Niederdruckraum (10) vor-

gesehen ist, dass zwischen dem Niederdruckraum (10) und dem Ventilraum (32) ein von dem Ventilschließkörper (31) gebildeter Dichtsitz vorgesehen ist, dass eine aktorseitige Stirnseite (77) des Kopplerkörpers (61) den Kopplerraum (60) begrenzt, dass eine ventilschließkörperseitige Stirnseite (42) des Kopplerkörpers (61) an dem Ventilschließkörper 31 anliegt und dass das Kraftübertragungselement (37) und/oder zumindest ein weiteres Kraftübertragungselement (63) durch den Kopplerkörper (61) geführt sind.

4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Kopplerkörper (61) eine Durchgangsbohrung (64) aufweist und dass das zumindest eine weitere Kraftübertragungselement (63) zumindest im Wesentlichen durchgehend entlang der Durchgangsbohrung (64) des Kopplerkörpers (61) geführt ist.
5. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Kopplerkörper (61) eine Durchgangsbohrung (64), die sich durch den Kopplerkörper (61) erstreckt, aufweist, dass das zumindest eine weitere Kraftübertragungselement (63) in einem erweiterten Führungsabschnitt (71) der Durchgangsbohrung (64) des Kopplerkörpers (61) geführt ist und dass sich der erweiterte Führungsabschnitt (71) der Durchgangsbohrung (64) zu der aktorseitigen Stirnseite (77) des Kopplerkörpers (61) erstreckt.
6. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Kraftübertragungselement (37) im Bereich der ventilschließkörperseitigen Stirnseite (42) des Kopplerkörpers (61) an dem weiteren Kraftübertragungselement (63) anliegt.
7. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Ventilschließkörper (31) eine durchgehende Bohrung (38) aufweist, in der das Kraftübertragungselement (37) geführt ist.
8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Ventilschließkörper (31) eine Sacklochbohrung (43) aufweist, in der das Kraftübertragungselement (37) geführt ist, dass die Stirnseite (31) des Kraftübertragungselements (37) in der Sacklochbohrung (43) einen Druckraum (44) begrenzt und dass der Ventilschließkörper (31) zumindest eine seitliche Verbindungsbohrung (45, 46) aufweist, die den Druckraum (44) mit dem Ventilraum (32) verbin-

det.

9. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** ein Niederdruckraum (10) vorgesehen ist, dass zwischen dem Niederdruckraum (10) und dem Ventilraum (32) ein von dem Ventilschließkörper (31) gebildeter Dichtsitz vorgesehen ist und dass eine von dem Niederdruckraum (10) abgewandte Stirnseite (47) des Ventilschließkörpers (31) in einer Ventilhülse (50), in der der Ventilschließkörper (31) geführt ist, einen druckentlasteten Teilraum (51) von dem Ventilraum (32) abtrennt.

Claims

1. Fuel injection valve (1), in particular injector for fuel injection systems of air-compressing, autoignition internal combustion engines, having an actuator (6) and having a control valve (30), wherein a valve closing body (31) of the control valve (30) can be at least indirectly actuated by the actuator (6), wherein a force-transmitting element (37) is provided, in that the force-transmitting element (37) is guided at least in sections in the valve closing body (31), in that the valve closing body (31) is designed such that a face side (39) of the force-transmitting element (37) can be acted on by a pressure (p_v) in a valve chamber (32) of the control valve (30), and in that the force-transmitting element (37) at least indirectly transmits to the actuator (6) a force (F) arising from the action of the pressure (p_v) in the valve chamber (32) on the face side (39) of the force-transmitting element (37), **characterized in that** the actuator (6) actuates the valve closing body (31) via a hydraulic transmitting device (36), and **in that** the force (F) can, by way of mechanical bypassing of the hydraulic transmitting device (36), be transmitted from at least the force-transmitting element (37) to the actuator (6), wherein the actuator (6) is in the form of a piezoelectric actuator (6).
2. Fuel injection valve according to Claim 1, **characterized** **in that** the actuator (6) actuates the valve closing body (31) via a mechanical transmitting device (36), and in that the force-transmitting element (37) transmits the force (F) to the actuator (6) via the mechanical transmitting device (36).
3. Fuel injection valve according to Claim 1, **characterized** **in that** the hydraulic transmitting device (36) has a coupler chamber (60) and a coupler body (61), in that a low-pressure chamber (10) is provided, in that, between the low-pressure chamber (10) and the valve chamber (32), there is provided a sealing seat

formed by the valve closing body (31), in that an actuator-side face side (77) of the coupler body (61) delimits the coupler chamber (60), in that a valve closing body-side face side (42) of the coupler body (61) bears against the valve closing body (31), and in that the force-transmitting element (37) and/or at least one further force-transmitting element (63) are/is guided through the coupler body (61).

4. Fuel injection valve according to Claim 3, **characterized** in that the coupler body (61) has a passage bore (64), and in that the at least one further force-transmitting element (63) is guided in at least substantially continuous fashion along the passage bore (64) of the coupler body (61).
5. Fuel injection valve according to Claim 3, **characterized** in that the coupler body (61) has a passage bore (64) which extends through the coupler body (61), in that the at least one further force-transmitting element (63) is guided in a widened guide section (71) of the passage bore (64) of the coupler body (61), and in that the widened guide section (71) of the passage bore (64) extends to the actuator-side face side (77) of the coupler body (61).
6. Fuel injection valve according to Claim 4 or 5, **characterized** in that the force-transmitting element (37) bears, in the region of the valve closing body-side face side (42) of the coupler body (61), against the further force-transmitting element (63).
7. Fuel injection valve according to one of Claims 1 to 6, **characterized** in that the valve closing body (31) has a continuous bore (38) in which the force-transmitting element (37) is guided.
8. Fuel injection valve according to one of Claims 1 to 6, **characterized** in that the valve closing body (31) has a blind bore (43) in which the force-transmitting element (37) is guided, in that, in the blind bore (43), the face side (31) of the force-transmitting element (37) delimits a pressure chamber (44), and in that the valve closing body (31) has at least one lateral connecting bore (45, 46) which connects the pressure chamber (44) to the valve chamber (32).
9. Fuel injection valve according to Claim 8, **characterized** in that a low-pressure chamber (10) is provided, in that, between the low-pressure chamber (10) and the valve chamber (32), there is provided a sealing seat which is formed by the valve closing body (31),

and in that, in a valve sleeve (50) in which the valve closing body (31) is guided, a face side (47), averted from the low-pressure chamber (10), of the valve closing body (31) separates a pressure-relieved sub-chamber (51) from the valve chamber (32).

Revendications

1. Soupape d'injection de carburant (1), en particulier injecteur pour des installations d'injection de carburant de moteurs à combustion interne à autoallumage et compression d'air, comprenant un actionneur (6) et une soupape de commande (30), un corps de fermeture de soupape (31) de la soupape de commande (30) pouvant être commandé au moins indirectement par l'actionneur (6), un élément de transfert de force (37) étant prévu, que l'élément de transfert de force (37) est guidé au moins en partie dans le corps de fermeture de soupape (31), que le corps de fermeture de soupape (31) est configuré de telle sorte qu'un côté frontal (39) de l'élément de transfert de force (37) puisse être sollicité par une pression (pv) dans un espace de soupape (32) de la soupape de commande (30), et que l'élément de transfert de force (37) transmet au moins indirectement à l'actionneur (6) une force (F) qui s'obtient à partir de la sollicitation du côté frontal (39) de l'élément de transfert de force (37) avec la pression (pv) dans l'espace de soupape (32),
caractérisée en ce que l'actionneur (6) actionne le corps de fermeture de soupape (31) au moyen d'un dispositif de transmission hydraulique (36) et **en ce que** la force (F) peut être transmise à l'actionneur (6) par un pontage mécanique du dispositif de transmission hydraulique (36) par au moins l'élément de transfert de force (37), l'actionneur (6) étant réalisé sous forme d'actionneur piézoélectrique (6).
2. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 1,
caractérisée en ce que l'actionneur (6) actionne le corps de fermeture de soupape (31) au moyen d'un dispositif de transmission mécanique (36) et **en ce que** l'élément de transfert de force (37) transfère la force (F) à l'actionneur (6) au moyen du dispositif de transmission mécanique (36).
3. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 1,
caractérisée en ce que le dispositif de transmission hydraulique (36) présente un espace d'accouplement (60) et un corps d'accouplement (61), **en ce qu'un** espace basse pression (10) est prévu, **en ce qu'entre** l'espace basse pression (10) et l'espace de soupape (32) est pré-

- vu un siège d'étanchéité réalisé par le corps de fermeture de soupape (31), **en ce qu'un** côté frontal (77) du corps d'accouplement (61), du côté de l'actionneur, limite l'espace d'accouplement (60), **en ce qu'un** côté frontal (42) du corps d'accouplement (61), du côté du corps de fermeture de soupape, s'applique contre le corps de fermeture de soupape (31) et **en ce que** l'élément de transfert de force (37) et/ou au moins un élément de transfert de force supplémentaire (63) sont guidés à travers le corps d'accouplement (61). 5
4. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** 10
le corps d'accouplement (61) présente un alésage traversant (64) et **en ce que** l'au moins un élément de transfert de force supplémentaire (63) est guidé au moins essentiellement en continu le long de l'alésage traversant (64) du corps d'accouplement (61). 20
5. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** 25
le corps d'accouplement (61) présente un alésage traversant (64) qui s'étend à travers le corps d'accouplement (61), **en ce que** l'au moins un élément de transfert de force supplémentaire (63) est guidé dans une portion de guidage élargie (71) de l'alésage traversant (64) du corps d'accouplement (61) et **en ce que** la portion de guidage élargie (71) de l'alésage traversant (64) s'étend jusqu'au côté frontal (77) du corps d'accouplement (61), du côté de l'actionneur. 30
6. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 4 ou 5, **caractérisée en ce que** 35
l'élément de transfert de force (37), dans la région du côté frontal (42) du corps d'accouplement (61), du côté du corps de fermeture de soupape, s'applique contre l'élément de transfert de force supplémentaire (63). 40
7. Soupape d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** 45
le corps de fermeture de soupape (31) présente un alésage traversant (38) dans lequel est guidé l'élément de transfert de force (37). 50
8. Soupape d'injection de carburant selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** 55
le corps de fermeture de soupape (31) présente un alésage borgne (43) dans lequel est guidé l'élément de transfert de force (37), **en ce que** le côté frontal (31) de l'élément de transfert de force (37) délimite dans l'alésage borgne (43) un espace de pression
- (44) et **en ce que** le corps de fermeture de soupape (31) présente au moins un alésage de liaison latéral (45, 46) qui relie l'espace de pression (44) à l'espace de soupape (32).
9. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 8, **caractérisée en ce**
qu'un espace basse pression (10) est prévu, en ce qu'entre l'espace basse pression (10) et l'espace de soupape (32) est prévu un siège d'étanchéité formé par le corps de fermeture de soupape (31) et en ce qu'un côté frontal (47) du corps de fermeture de soupape (31), opposé à l'espace basse pression (10), dans une douille de soupape (50) dans laquelle est guidé le corps de fermeture de soupape (31), sépare un espace partiel détendu en pression (51) de l'espace de soupape (32).

Fig. 1

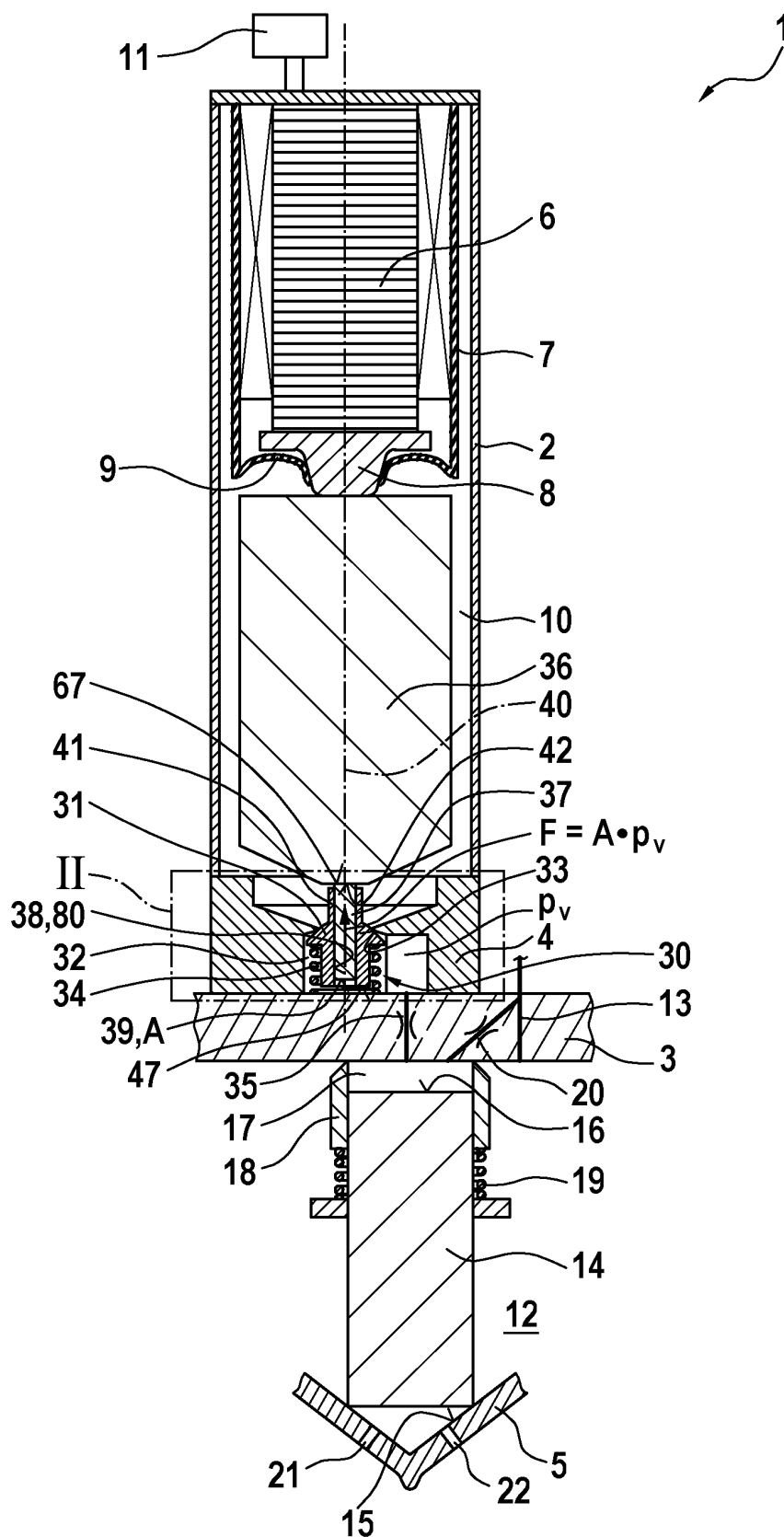


Fig. 2

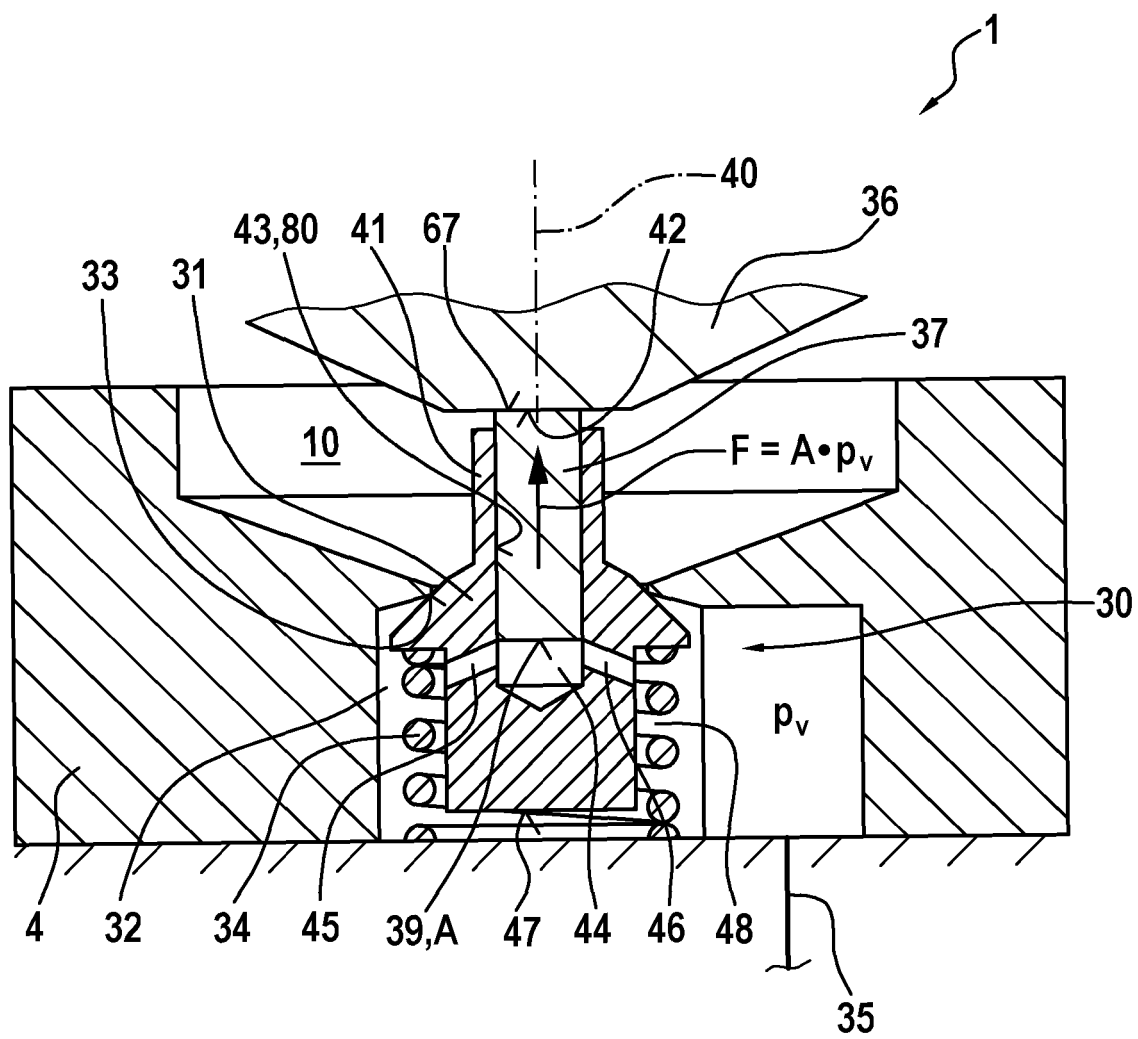


Fig. 3

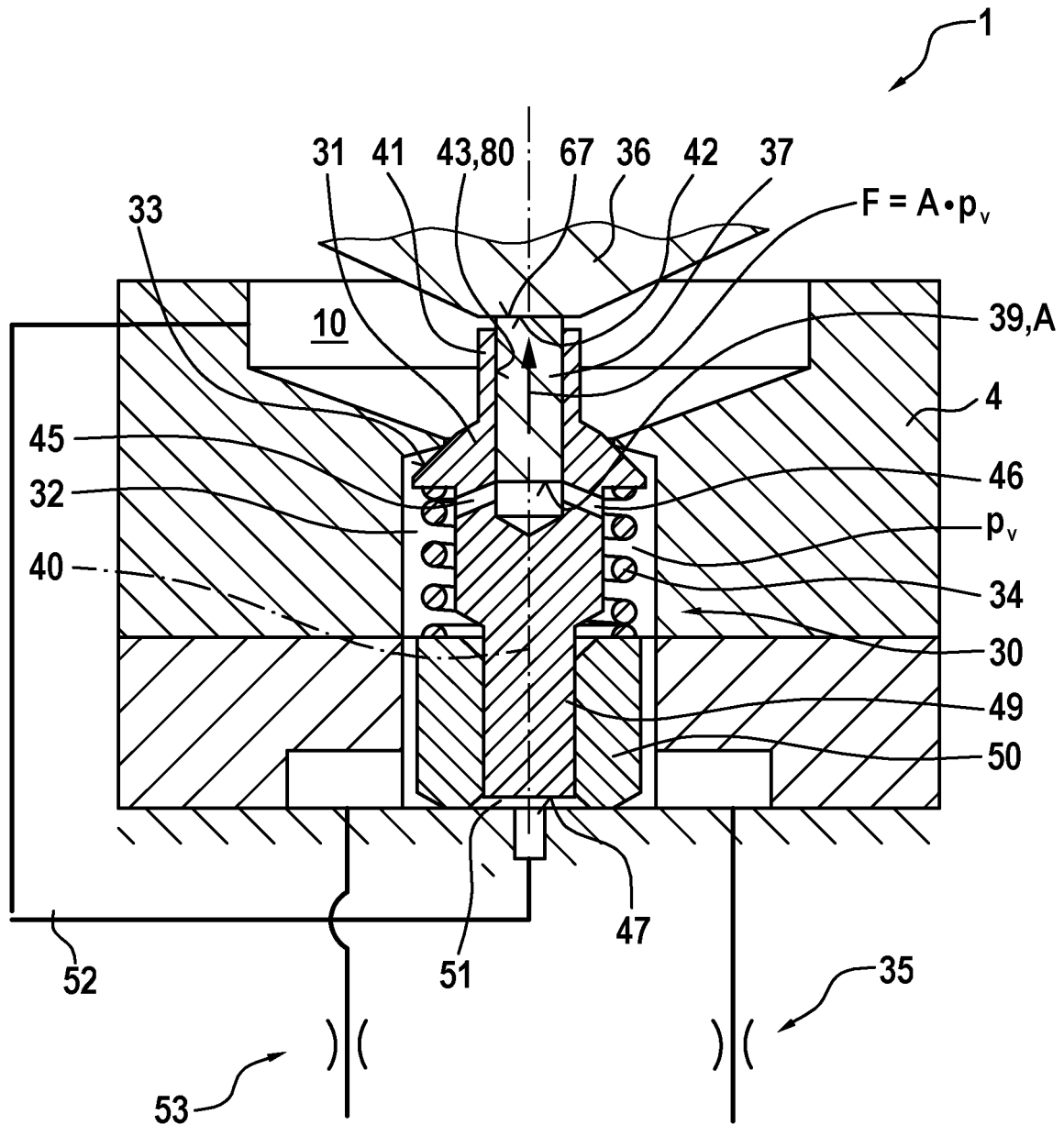


Fig. 4

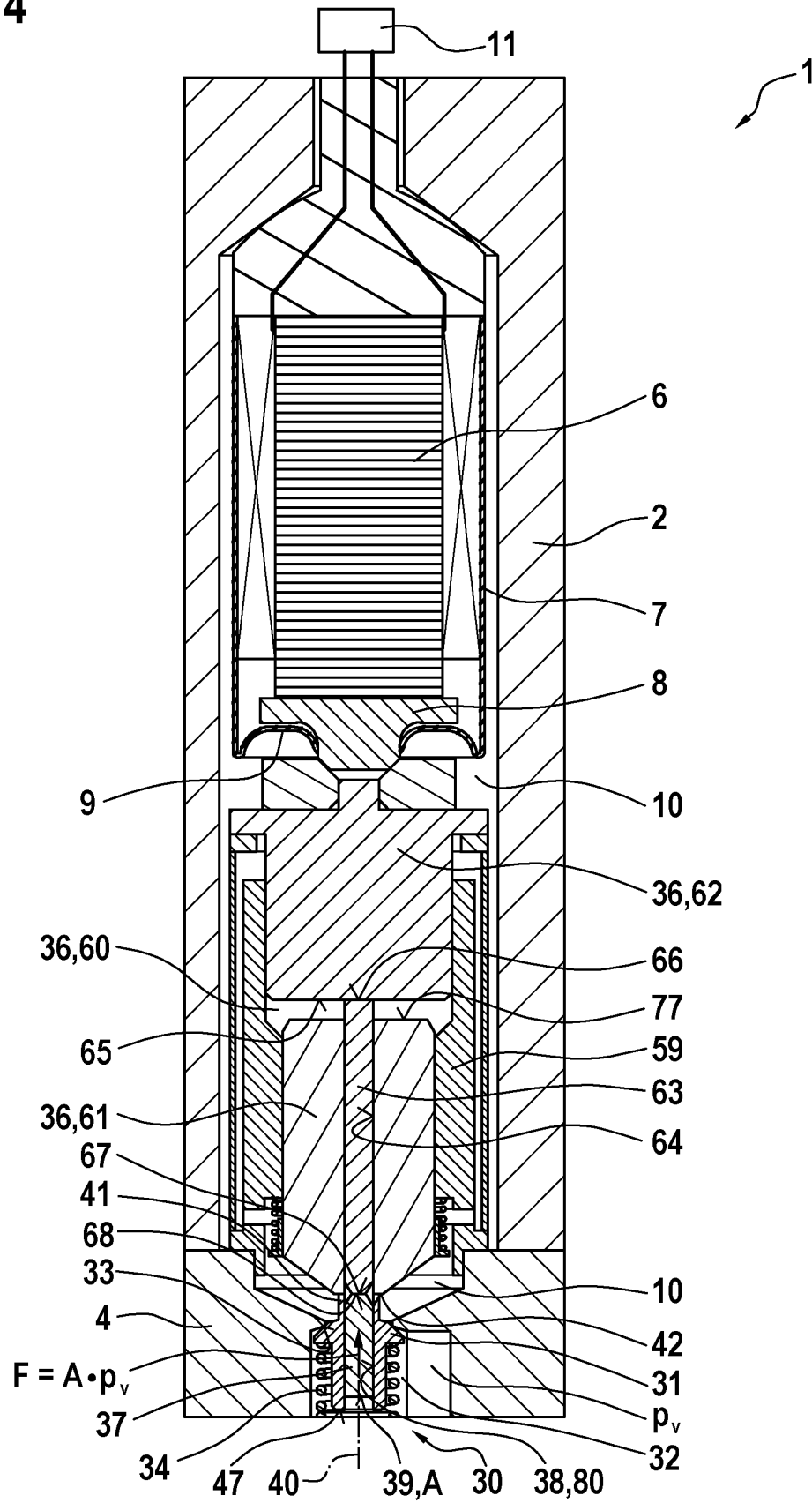


Fig. 5

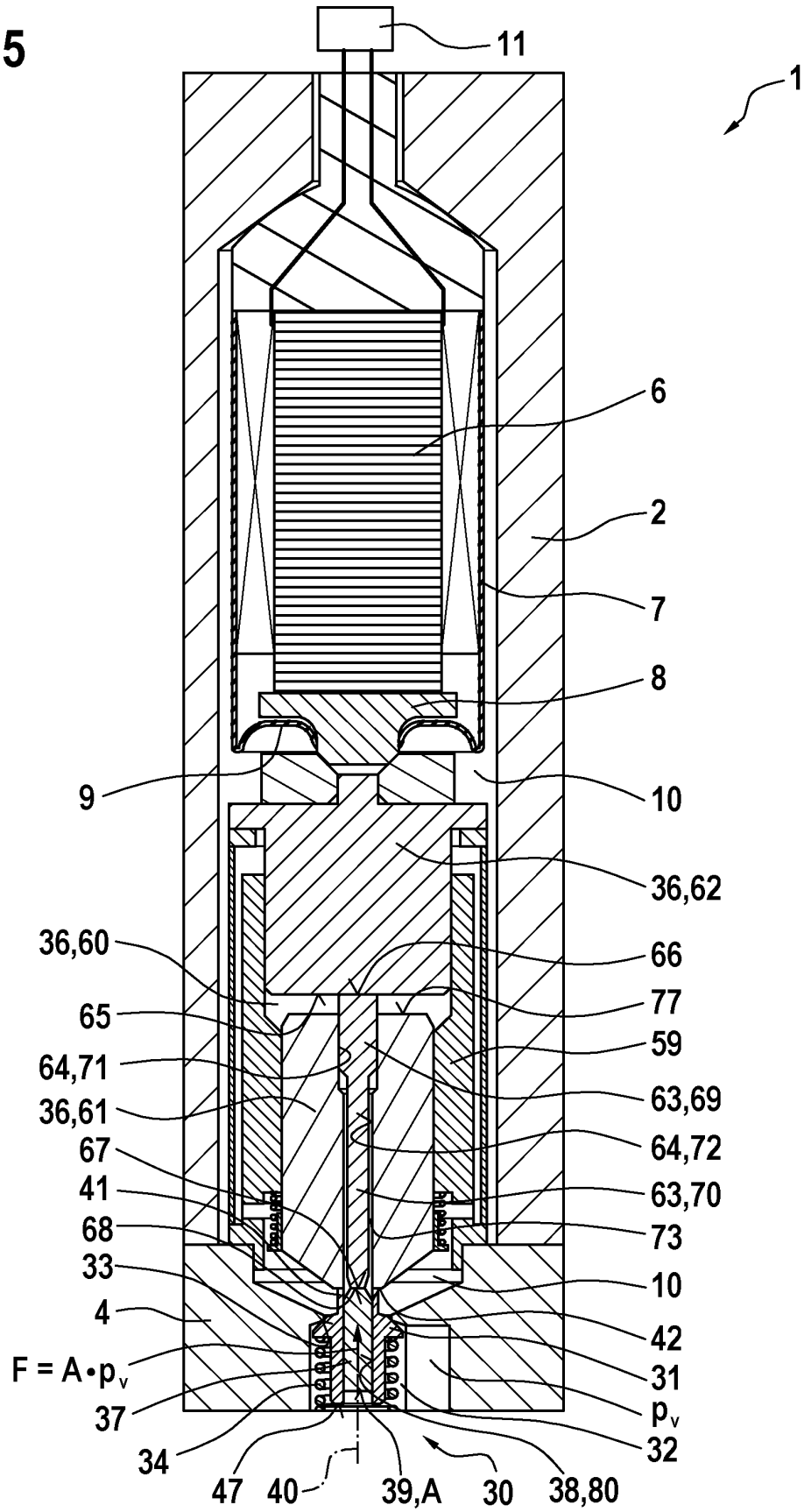


Fig. 6

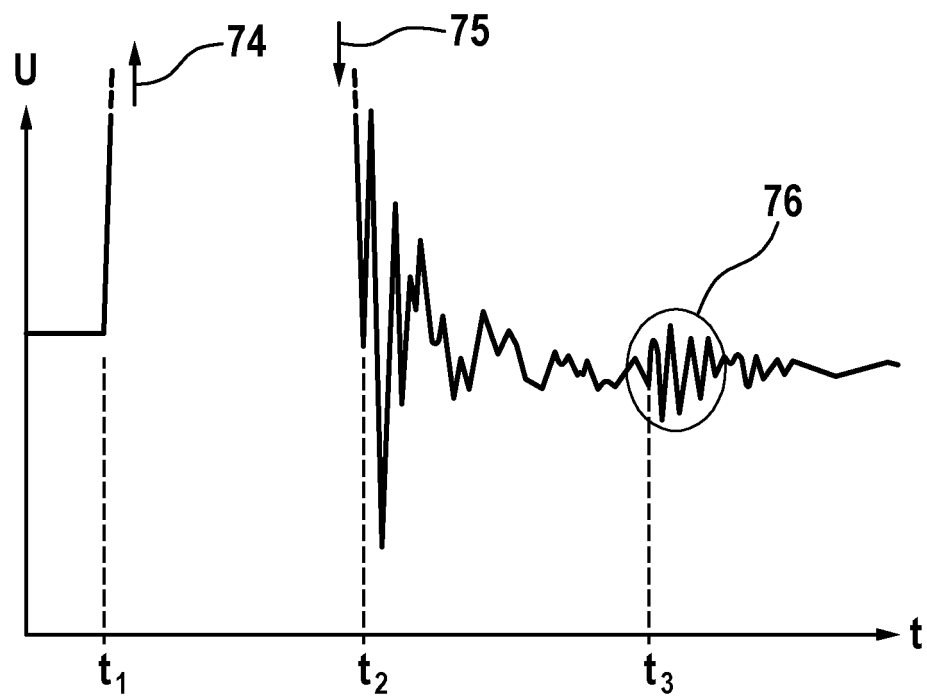


Fig. 7

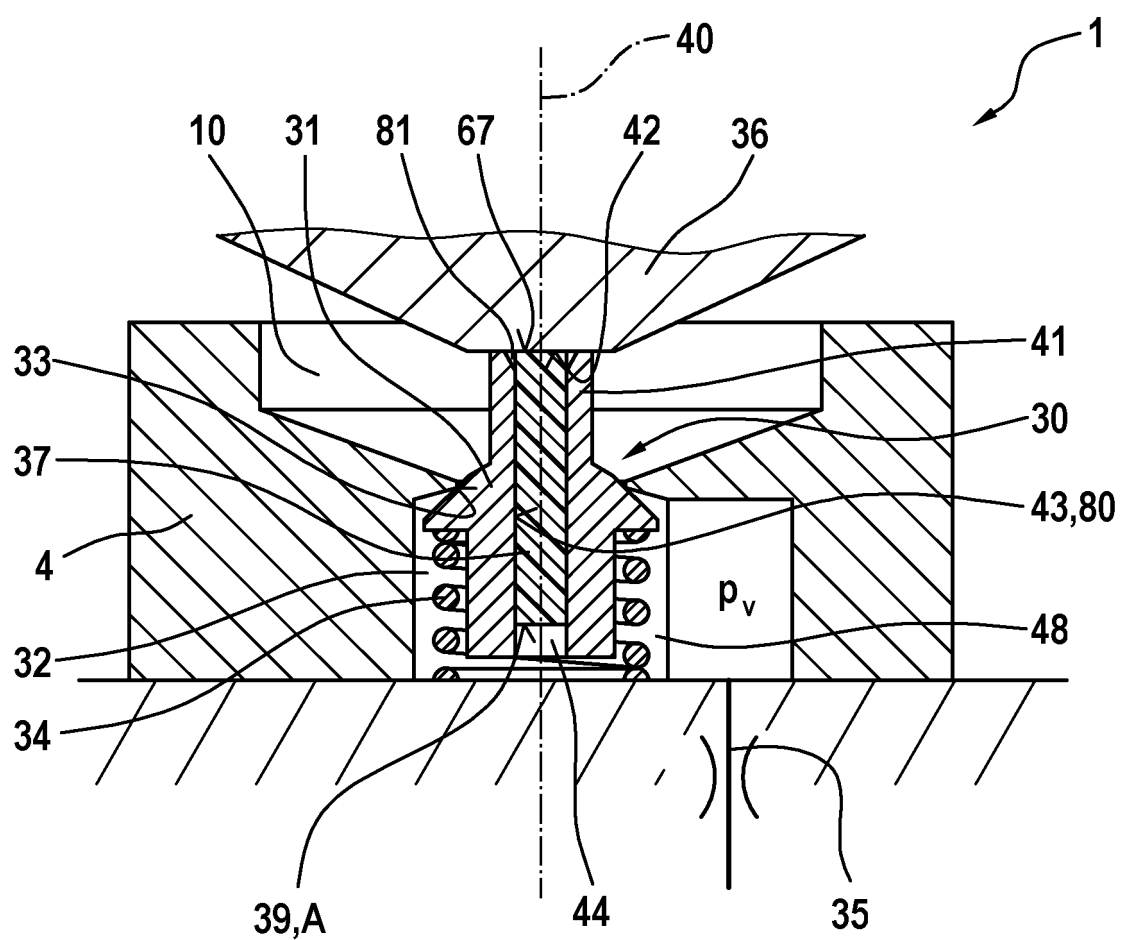


Fig. 8

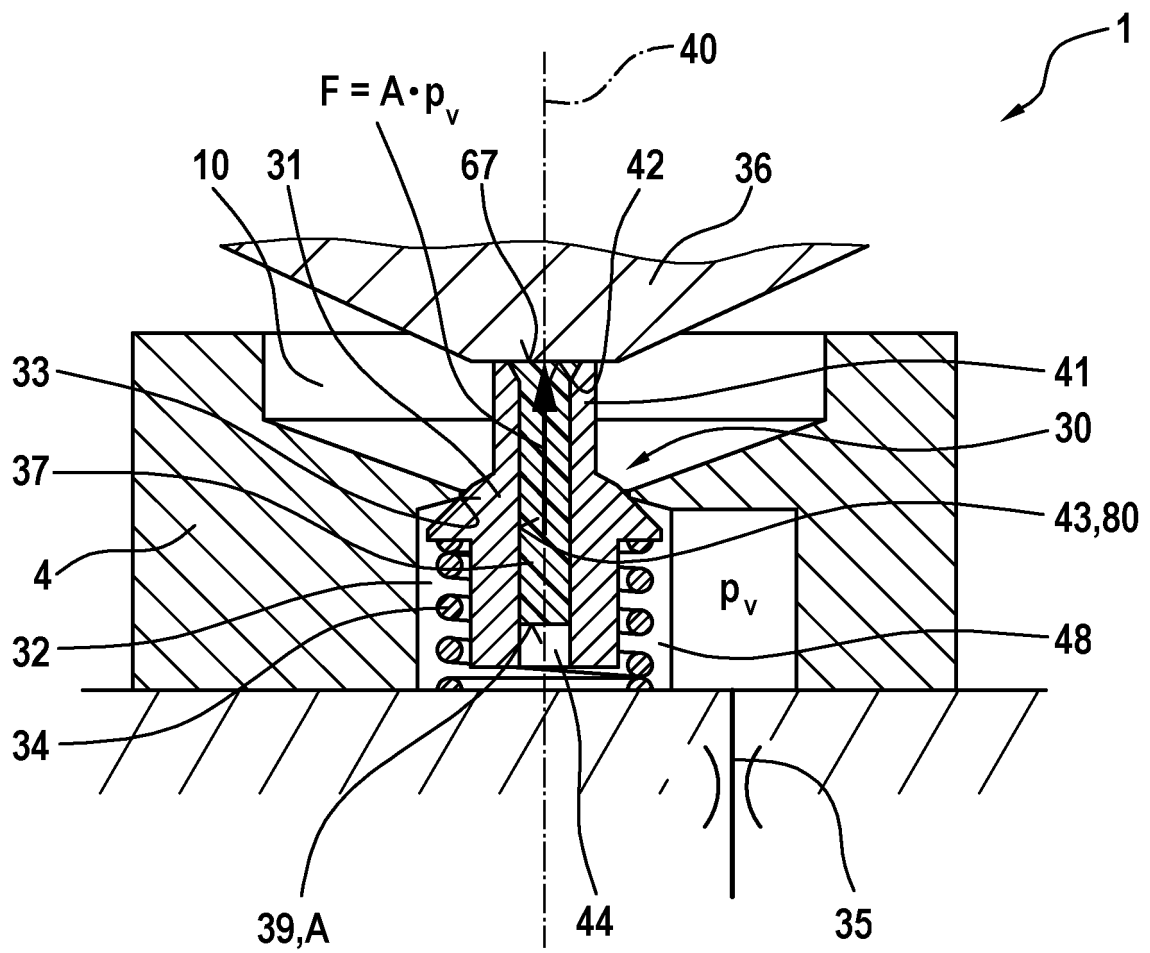


Fig. 9

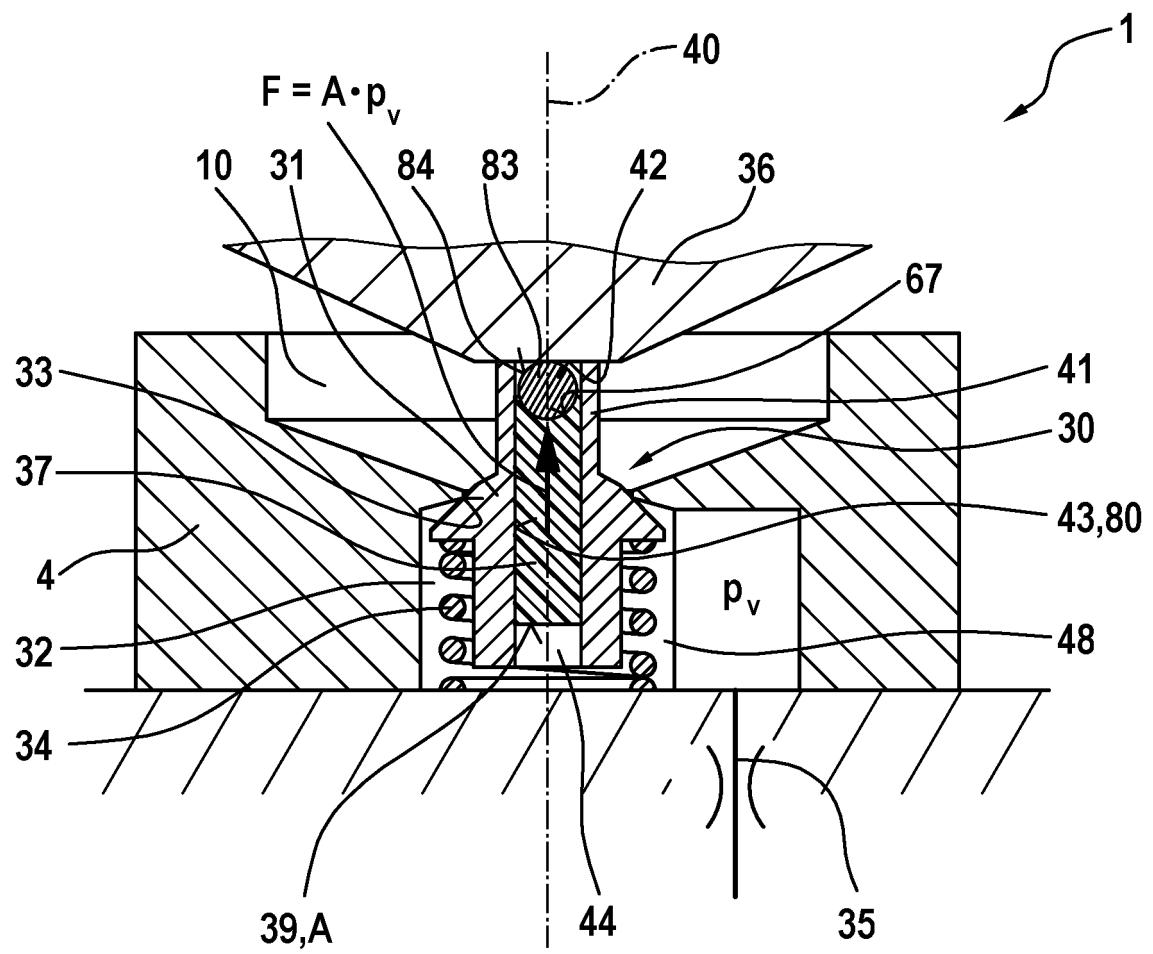
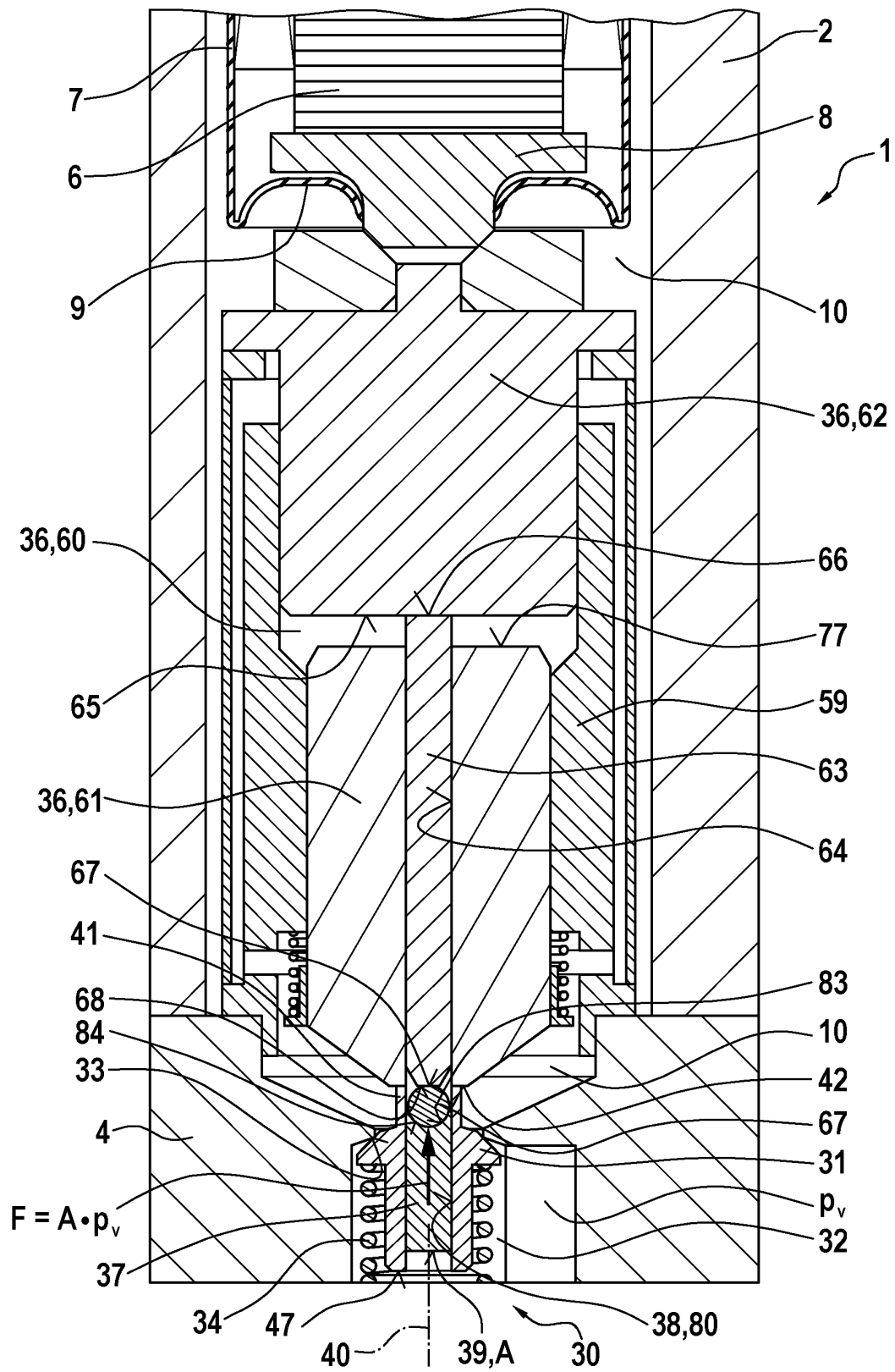


Fig. 10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009046332 A1 [0002] [0003] [0005]