



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.04.2008 Patentblatt 2008/18

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

(21) Anmeldenummer: **07115156.7**

(22) Anmeldetag: **29.08.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

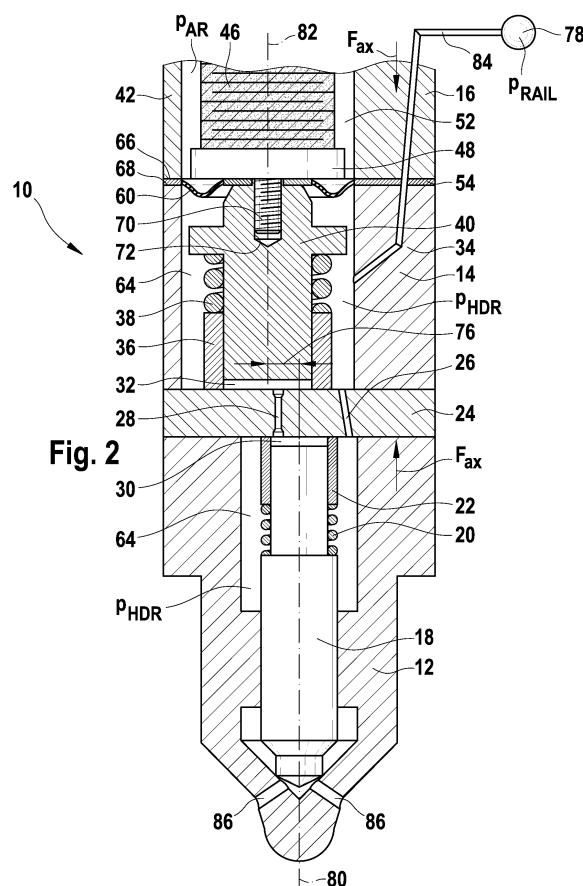
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Kurz, Michael**
73207, Plochingen (DE)

(30) Priorität: **25.10.2006 DE 102006050165**

(54) **Aktor mit Fluidisolierung**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Injektor zum Einspritzen von unter hohem Druck stehenden Kraftstoff in den Brennraum von Verbrennungskraftmaschinen. Der Kraftstoffinjektor (10) wird von einem im unter Kraftstoffdruck stehenden Aktorraum (52) angeordneten Piezoaktor (44, 46, 48) betätigt. Dieser steuert beim Düsenmodul (12) an, welches ein Einspritzventilglied (18) mit mindestens einer Einspritzöffnung (86) freigibt oder verschließt. Der Aktorraum (52) ist mit isolierendem Fluid (62) befüllt und über mindestens ein elastisch ausgebildetes Membranelement (54) vom kraftstoffführenden Hochdruckraum (64) getrennt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Es ist bekannt, Piezo-Elemente zum Antrieb mechanischer oder hydraulischer Steuerglieder oder Ventile einzusetzen. Insbesondere zum Antrieb und Betätigen von Einspritzventilen zur Kraftstoffeinspritzung bei direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen finden Piezo-Aktoren zunehmend Verwendung. Besonders vorteilhaft erscheinen direkt gesteuerte Systeme, da diese sehr schnell reagieren und das mehrfache Einspritzen von Kraftstoff in kurzen zeitlichen Abständen während eines Verbrennungstaktes erlauben. Mehrfacheinspritzungen erweisen sich in Bezug auf Geräuschkomfort und Abgasqualität als vorteilhaft. Bei direkt gesteuerten Kraftstoffeinspritzventilen umgibt das einzuspritzende Medium, d.h. im Regelfall der Kraftstoff, den das Einspritzventil betätigenden Aktor. In diesem Zusammenhang wird auch von einem "nassen Aktor" gesprochen.

[0002] Da einzuspritzende Medien, wie zum Beispiel Dieselmotorkraftstoff teilweise elektrisch leitend sind und korrosive Eigenschaften haben können, ist das eingesetzte Piezoaktormodul gegenüber dem einzuspritzenden Medium zu isolieren. Im Stand der Technik erfolgt die Isolierung des Aktormoduls gegen das einzuspritzende Medium durch einen auf den Aktor aufgetragenen Überzug in Gestalt eines Schrumpfschlauches oder durch aufwändig aufgetragene Beschichtungen.

[0003] Eine dergestalt auf einen Piezoaktor aufgetragene Isolierung erweist sich insbesondere bei hohen Systemdrücken, die mehr als 1600 bar betragen können, als problematisch einerseits bezüglich der Kosten und andererseits bezüglich der erzielbaren Dauerhaltbarkeit. Die Notwendigkeit zur Verbesserung der Abgasqualität direkt einspritzender Verbrennungskraftmaschinen durch eine weitere Anhebung der Einspritzdrücke verschärft diese Problematik zusätzlich.

[0004] Ein weiteres Problemfeld in Bezug auf die in Rede stehenden Kraftstoffinjektoren stellen hydraulische Druckschwingungen dar, die im einzuspritzenden Medium, in der Regel Kraftstoff, durch schnelles Öffnen und schnelles Schließen des Einspritzventilgliedes hervorgerufen werden. Damit diese auftretenden Druckschwingungen die einzuspritzende Kraftstoffmenge nicht unkontrolliert beeinflussen, was zu unerwünschten Abweichungen im Verbrennungsablauf und hinsichtlich der erzielbaren Abgasqualität führen kann, sind diese Druckschwingungen durch ausreichend große Flüssigkeitsvolumina innerhalb des Kraftstoffinjektors, die als Pufferräume, d.h. als Dämpfungsräume dienen, zu dämpfen.

Darstellung der Erfindung

[0005] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, den innerhalb des Kraftstoffinjektors von dem einzuspritzen-

den Medium umgebenden Aktor gegen dieses abzudichten und den Aktor, insbesondere einen Piezoaktor, dauerhaft innerhalb des Kraftstoffinjektors unterzubringen. Dies wird durch eine elastische Membran erreicht, welche im Kraftstoffinjektor zwischen einem Haltekörper und einem Aktormodul angeordnet wird. Zwischen dem Haltekörper und dem Kopplermodul befindet sich zumindest eine elastisch ausgebildete Membran, welche aus einem elastischen Eigenschaften aufweisenden Material wie zum Beispiel Gummi und einem kraftstoffresistenten Werkstoff gefertigt ist und eine bestimmte Dehnung zulässt. Daneben umfasst die elastische Membran mindestens eine metallische Dichtscheibe.

[0006] Die Funktion der erfindungsgemäß eingesetzten Membran liegt darin, ein elektrisch isolierendes Fluid, welches sich innerhalb eines Aktorraumes befindet, von einem elektrisch leitfähigen Medium, insbesondere in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoff zu trennen. Durch den Einsatz mindestens einer Dichtscheibe und die Erzeugung einer entsprechenden in axiale Richtung wirkenden Axialkraft F_{AX} wird gewährleistet, dass weder das in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine einzuspritzende Medium noch das isolierende Fluid durch Trennfugen austreten können. Eine weitere Dichtscheibe, welche zum Beispiel mittels eines Schraubengewindes zwischen dem Kopfbereich des Aktors und einem Koppler, der aus Übersetzungsgründen des Aktorhubes eingesetzt wird, verspannt ist, wird verhindert, dass über eine Bohrung ein Fluidaustausch stattfindet.

[0007] Das elastische Material, welches mit der mindestens einen Dichtscheibe über einen Formschluss verbunden ist oder mittels anderer Fertigungsverfahren mit den Dichtscheiben verbunden ist, verhindert ebenfalls einen Fluidaustausch.

[0008] Das elastische Material ist in der Lage, den herrschenden Raildruck im P_{SYS} im Hochdruckraum ungedämpft in den Aktorraum zu übertragen, so dass gilt $P_{RAIL} = P_{Hochdruckraum} = P_{Aktorraum}$.

[0009] Die Identität der aufgezählten Druckniveaus ist notwendig, um die Funktion des Piezoaktors unter Hochdruckbedingungen zu gewährleisten und Druckschwingungen über die Anbindung des im Aktorraum vorliegenden Zusatzvolumens $V_{Aktorraum}$ von Kraftstoff deutlich zu reduzieren. Für die Konstruktion ist die Integration einer Zulaufbohrung im Haltekörper erforderlich, so dass der Aktorraum, der das Zusatzvolumen aufnimmt, zentrisch zur Achse des Kraftstoffinjektors untergebracht wird.

[0010] Über einen Einfüllstutzen wird nach der Montage des Kraftstoffinjektors und vor dessen erstmaliger Druckbeaufschlagung im Hochdruckraum das elektrisch isolierende Medium eingefüllt und nach vollständigem Befüllen des Aktorraumes wird der Einfüllstutzen verschlossen.

[0011] Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Membranelement umfasst mindestens einen vorzugsweise aus metallischem Material gefertigten Dichtring, wobei der Kraftstoffinjektor derart ausgebildet sein kann, dass

von einem Hochdruckspeicherkörper (Common-Rail) die Systemdruckversorgung mit Systemdruck $p_{SYS} = p_{RAIL}$ über eine Hochdruckleitung erfolgen kann, die sowohl durch den Haltekörper des Kraftstoffinjektors verlaufend ausgeführt sein kann als auch derart ausgeführt sein kann, dass die Hochdruckversorgungsleitung unmittelbar in einem Hochdruckraum innerhalb eines Düsenmoduls des Kraftstoffinjektors mündet, in dem ein bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied in variabler Richtung bewegbar aufgenommen ist.

Zeichnung

[0012] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

[0013] Es zeigt:

- Figur 1 die Hauptkomponenten eines erfindungsgemäß ausgebildeten Kraftstoffinjektors,
- Figur 2 eine schematische Darstellung wesentlicher Elemente des erfindungsgemäß ausgebildeten Kraftstoffinjektors mit durch ein Membranelement vom einzuspritzenden Medium getrennten Aktorraum,
- Figur 2.1 eine Draufsicht auf das Membranelement,
- Figur 3 eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit einer alternativen Ausführungsvariante des Membranelementes und einer Exzentrizität zwischen dem bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilglied und einem den Kraftstoffinjektor betätigenden Piezoaktor,
- Figur 3.1 einen Schnitt durch das in der Ausführungsvariante gemäß Figur 3 eingesetzte Membranelement,
- Figur 4 eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit zentrisch zueinander angeordnetem Piezoaktor und Einspritzventilglied und
- Figur 5 eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit zentrischer Lage von Piezoaktor und Einspritzventilglied mit einer im Düsenmodul mündenden Hochdruckversorgung.

Ausführungsvarianten

[0014] Der Darstellung gemäß Figur 1 sind die Hauptkomponenten eines erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors in schematischer Weise zu entnehmen.

[0015] Figur 1 zeigt einen Kraftstoffinjektor 10, der ein Düsenmodul 12, ein Kopplermodul 14 sowie einen Haltekörper 16 umfasst. Im Düsenmodul 12 ist ein bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied 18 untergebracht, welches symmetrisch zur seiner Achse 80 ausgeführt ist. Das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 verschließt mindestens eine am brennraumseitigen Ende des Düsenmoduls 12 des Kraftstoffinjektors 10 ausgebildete Einspritzöffnung. Im Haltekörper 16 des Kraftstoffinjektors 10 befindet sich ein Piezoaktor 46, der einen Aktorfuß 44 und einen Aktorkopf 48 aufweist. Der den Piezoaktor 46 innerhalb des Haltekörpers 16 umschließende Hohlraum ist über einen Einfüllstutzen 50 mit einem in Figur 1 nicht dargestellten elektrisch isolierenden Fluid 62 befüllbar. Der Piezoaktor 46 ist symmetrisch zu seiner Achse 82 aufgebaut. Aus der Darstellung gemäß Figur 1 geht hervor, dass der Piezoaktor 46 in Bezug auf das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 zentrisch angeordnet ist, wie in Zusammenhang mit der Beschreibung der Figuren 2 und 3 noch eingehender erläutert werden wird. Figur 1 ist entnehmbar, der den Piezoaktor 46 innerhalb des Haltekörpers 16 umschließende Hohlraum vom Hochdruckbereich im Düsenmodul 12 und im Kopplermodul 14 über ein Membranelement druck- und fluiddicht getrennt ist.

[0016] Figur 2 zeigt eine vergrößerte Darstellung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit einem Membranelement, welches einen Aktorraum gegen einen Hochdruckbereich des Kraftstoffinjektors trennt.

[0017] Figur 2 ist entnehmbar, dass der Kraftstoffinjektor 10 die in Zusammenhang mit Figur 1 bereits erwähnten Komponenten Düsenmodul 12, Kopplermodul 14 und Aktormodul 16 umfasst. Aus der Darstellung gemäß Figur 2 geht hervor, dass im Düsenmodul 12 das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 aufgenommen ist, das von einer Düsenfeder 20 umschlossen ist. Die Düsenfeder 20 stützt sich am Umfang des nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 18 ab und beaufschlagt eine Steuerhülse 22, die einen Steuererraum 30 begrenzt. Über die Düsenfeder 20 ist die Steuerhülse 22 an eine untere Planseite einer Drosselplatte 24 angestellt. Die Drosselplatte 24 ist zwischen dem Düsenmodul 12 und dem Kopplermodul 14 aufgenommen. Die Drosselplatte 24 umfasst eine Versorgungsbohrung 26, welche einen Hochdruckraum 64 des Düsenmoduls 12 mit einem Hochdruckraum 64 des Kopplermoduls 14 hydraulisch miteinander verbindet. Darüber hinaus befindet sich innerhalb der Drosselplatte 24 eine Ablaufdrossel 28, über welche eine Steuermenge vom Steuererraum 30 in einen Kopplerraum 32 des Kopplermoduls 14 abströmen kann.

[0018] Das Kopplermodul 14 seinerseits umfasst neben dem Kopplerraum 32 der von einer Kopplerhülse 36 begrenzt ist, einen Kopplerraum 40, der kolbenförmig ausgebildet ist. Der kolbenförmig ausgebildete Koppler 40 ist von einer Kopplerfeder 38 beaufschlagt, die sich

ihrerseits auf einer oberen, ringförmig ausgebildeten Stirnseite der Kopplerhülse 36 abstützt. Darüber hinaus umfasst der kolbenförmig ausgebildete Koppler 40 eine Bohrung 72. Wie bereits erwähnt, umschließt ein Kopp-
 lergehäuse 34 des Kopplermoduls 14 den kolbenförmig
 ausgebildeten Koppler 40. Im Hochdruckraum 64 des
 Kopplermoduls 14 herrscht ein Druck p_{HDR} ebenso wie
 im Koplerraum 64 des Düsenmoduls 12, da beide Hoch-
 druckräume 64 über die in der Drosselplatte 24 ausge-
 bildete Versorgungsbohrung 26 hydraulisch miteinander
 verbunden sind.

[0019] In den im Koppplergehäuse 34 ausgebildeten Hochdruckraum 64 mündet ein Hochdruckzulauf 84, über den der in einem Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) herrschende Druck p_{RAIL} in den Hochdruckraum 64 des Kopplermoduls 14 geleitet wird.

[0020] Aus der Darstellung gemäß Figur 2 lässt sich des Weiteren entnehmen, dass der Hochdruckraum 64 des Kopplermoduls 14 von einem Aktorraum 52 eines Aktormoduls 42 mittels eines Membranelementes 54 getrennt ist. Das Membranelement 54, welches in der Darstellung gemäß Figur 2.1 in der Draufsicht dargestellt ist, wird zwischen einer oberen Stirnseite des Koppplergehäuses 34 und einer unteren, ringförmig ausgebildeten Stirnseite des Haltekörpers 16 eingespannt.

[0021] Im Aktormodul 42 des Kraftstoffinjektors 10 befindet sich der Piezoaktor 46, der einen Aktorfuß 44 und einen Aktorkopf 48 aufweist. Im Aktorraum 52 herrscht ein Druck p_{AR} , ferner ist der Aktorraum 52 mit einem elektrisch isolierenden Fluid 62 befüllt, welches über den in Figur 1 dargestellten Einfüllstutzen in den Aktorraum 52 bis zu dessen vollständiger Befüllung gelangt.

[0022] Aus der Darstellung gemäß Figur 2 geht zudem hervor, dass die Achse 80 des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 18 in Bezug auf die Achse 82 des im Aktormodul 42 untergebrachten Piezoaktors 46 um eine Exzentrizität 76 zueinander versetzt angeordnet sind. An der Einspannstelle des Membranelementes 54 ergeben sich in Bezug auf das Aktormodul 42 eine erste Trennfuge 66 und in Bezug auf das Kopp-
 lergehäuse 34 des Kopplermoduls 14 eine weitere, zweite
 Trennfuge 68. Mittels eines Gewindes 70 sind der Ak-
 torkopf 48 und der kolbenförmig ausgebildete Koppler
 40 miteinander verbunden, wobei durch diese Verbin-
 dung eine Einspannstelle für das Membranelement 54
 gebildet wird.

[0023] Das Membranelement 54 umfasst eine erste metallische Dichtscheibe 56 und eine zweite metallische Dichtscheibe 58, die besonders gut in der Darstellung gemäß Figur 2.1 erkennbar sind.

[0024] Das Membranelement 54 trennt das elektrisch isolierende Fluid 62 innerhalb des Aktorraumes 52 vom Hochdruckraum 64, in dem sich elektrisch leitfähiger Kraftstoff befindet. Eine Axialkraft F_{AX} presst den Halte-
 körper 16 über die erste aus metallischem Material ge-
 fertigte Dichtscheibe 56 gegen das Koppplergehäuse 34
 und gewährleistet damit, dass weder das elektrisch iso-
 lierende Fluid 62 aus dem Aktorraum 52 über die erste

Trennfuge 66, noch der Kraftstoff aus dem Hochdruck-
 raum 64 über die zweite Trennfuge 68 austreten kann.
 Die innenliegend angeordnete zweite Dichtscheibe 58,
 die über das Gewinde 70 zwischen dem Aktorkopf 48
 und dem kolbenförmig ausgebildeten Koppler 40 einge-
 spannt ist, verhindert einen Flüssigkeitsaustausch über
 die Bohrung 72.

[0025] Die Membraneinheit 54 umfasst in der in Figur 2 dargestellten Ausführungsvariante zwischen der außenliegend angeordneten ersten Dichtscheibe 56 und der innenliegenden zweiten Dichtscheibe 58 ein Abschnitt aus elastischem Material 60. Die Einheit aus Membranelement 54, erster Dichtscheibe 56 aus metallischem Material sowie zweiter Dichtscheibe 58 aus metallischem Material verhindert einerseits den Flüssigkeitsaustausch zwischen dem Aktorraum 52 und dem Hochdruckraum 64, gibt andererseits jedoch den aktuellen hydraulischen Druck des Kraftstoffes im Hochdruckraum 64 ungedämpft an das isolierende Fluid 62, welches sich innerhalb des Aktorraumes 52 diesen befüllend befindet, weiter. Diese Druckbalance stellt die Funktion des Piezoaktors 46 unter Hochdruckbedingungen sicher und stellt über die hydraulische Ankopplung des Aktorraumes 52 an den Hochdruckraum 64 zusätzliches Dämpfungsvolumen zur Dämpfung von Druckpulsationen im Hochdruckraum 64 zur Verfügung.

[0026] Aus der Darstellung gemäß Figur 2.1 geht eine Draufsicht auf die Membran, die den Aktorraum und den Hochdruckraum voneinander trennt, hervor.

[0027] Figur 2.1 verdeutlicht, dass das Membranelement 54 einen die Bohrung 72 im kolbenförmigen Kopp-
 lergehäuse 34 umschließenden zweiten Dichtring 58 aufweist,
 dessen Durchmesser mit d_1 bezeichnet ist. Diesem
 schließt sich der ringförmige Abschnitt aus elastischem
 Material 60 an, der an einer Innenseite der ersten metal-
 lischen Dichtscheibe 56 des Membranelementes 54 be-
 festigt ist. Der Außendurchmesser des Bereiches aus
 elastischem Material 60 ist mit d_2 bezeichnet. Durch das
 Material der ersten Dichtscheibe 56 verläuft der Hoch-
 druckzulauf 84, wie in Figur 2 in Schnittdarstellung dar-
 gestellt.

[0028] Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors, dessen Aktorraum gegen einen Hochdruckraum über ein Membranelement getrennt ist.

[0029] Aus der Darstellung gemäß Figur 3 geht hervor, dass analog zur Ausführungsvariante gemäß Figur 2 vom Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) der Hochdruckzulauf 84 durch den Kraftstoffinjektor 10 verläuft, in die Drosselplatte 24 mündet und über diese den Hochdruckraum 64 des Düsenmoduls 12 mit Systemdruck p_{RAIL} beaufschlagt, so dass im Hochdruckraum 64 des Düsenmoduls 12 der Druck p_{HDR} , der dem Druck p_{RAIL} entspricht, herrscht.

[0030] Aus der Darstellung gemäß Figur 3 geht zudem hervor, dass auch in dieser Ausführungsvariante der Aktorraum 52 des Aktormoduls 42 vom Hochdruckraum 64, der sich innerhalb des Koppplergehäuses 34 des Kopp-

lermoduls 14 befindet, mittels des Membranelementes 54 getrennt ist. In der Ausführungsvariante gemäß Figur 3 ist das scheibenförmig ausgebildete Membranelement 54 einerseits zwischen dem Aktormodul 42 und dem Kopplergehäuse 34 eingespannt und andererseits zwischen dem Aktorkopf 48 und einer oberen Ringfläche des kolbenförmig ausgebildeten Kopplers 40. In der in Figur 3 dargestellten Ausführungsvariante umfasst das Membranelement 54 die erste metallische Dichtscheibe 56 und die zweite metallische Dichtscheibe 48. In der in Figur 3 dargestellten Ausführungsvariante umschließt die zweite metallische Dichtscheibe 58 das elastische Material 60, vgl. auch Darstellung gemäß Figur 3.1. Die Trennung des Hochdruckraumes 64, in dem elektrisch leitfähiger Kraftstoff, wie zum Beispiel Dieseldieselkraftstoff aufgenommen ist, vom Aktorraum 52, der mit dem elektrisch isolierenden Fluid 62 befüllt ist, erfolgt über einen Ring aus elastischem Material 60, der sich zwischen dem Innenumfang der ersten metallischen Dichtscheibe 56 und dem Außenumfang der zweiten metallischen Dichtscheibe 58 befindet.

[0031] Das im Aktorraum 52 aufgenommene elektrisch isolierende Fluid 62 strömt über einen Kanal, der innerhalb des Aktorkopfes 48 verläuft in einem Raum oberhalb des elastischen Materials 60. Dieser Raum ist einerseits durch die Planfläche des Aktorkopfes 48 und andererseits durch das elastische Material 60 begrenzt. Unterhalb des elastischen Materials 60 des Membranelementes 54 verläuft innerhalb des kolbenförmig ausgebildeten Kopplers 40 ein Ausgleichsraum 74. Analog zur in Figur 2 dargestellten ersten Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors ist der kolbenförmig ausgebildete Koppler 40 durch die Kopplerfeder 38 beaufschlagt, die sich ihrerseits auf der Kopplerhülse 36 abstützt. Die Kopplerhülse 36 ist auf eine obere Planseite der Drosselplatte 24 aufgesetzt und begrenzt den Koplerraum 32. Der Koplerraum 32 steht mit dem Steuerraum 30, der im Düsenmodul 12 ausgebildet ist, über die Drosselbohrung 28 in der Drosselplatte 24 hydraulisch in Verbindung.

[0032] Das Düsenmodul 12 umfasst analog zur in Figur 2 dargestellten ersten Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10 den Hochdruckraum 64 in dem der Druck p_{HDR} herrscht, der dem Systemdruck p_{RAIL} , der im Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) herrscht, entspricht. Im Düsenmodul 12 ist darüber hinaus das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 aufgenommen, dessen Achse mit Bezugszeichen 80 bezeichnet ist. Auch in der Ausführungsvariante gemäß Figur 3 ist das nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 in Bezug auf den Piezoaktor 46, dessen Achse mit Bezugszeichen 82 bezeichnet ist, mit Exzentrizität 76 angeordnet. Durch eine Wand des Kraftstoffinjektors verläuft der Hochdruckzulauf 84 vom Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) durch das Aktormodul 42, das Kopplergehäuse 34 und mündet in die Drosselplatte 24. Im Hochdruckraum 64 ist darüber hinaus die Steuerhülse 22 aufge-

nommen, die den Steuerraum 30 begrenzt.

[0033] Das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 gibt am brennraumseitigen Ende des Düsenmoduls 12 angeordnete Einspritzöffnungen 86 frei, sobald eine Druckentlastung des Steuerraumes 30 über die Drosselbohrung 28 in den Koppelraum 32 erfolgt und verschließt diese, sobald das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18 bei Druckbeaufschlagung des Steuerraumes 30 wieder in seinen Sitz gestellt wird.

[0034] Aus der Darstellung gemäß Figur 3.1 geht eine Draufsicht auf die Membran hervor, die im Bereich der ersten Trennfuge zwischen dem Aktormodul 42 und dem Kopplergehäuse 34 aufgenommen ist.

[0035] Aus der Darstellung gemäß Figur 3.1 geht hervor, dass das Membranelement 54 einen im Durchmesser d_1 ausgebildeten Abschnitt aus elastischem Material 60 umfasst, der vom zweiten metallischen Dichtring 58 umschlossen ist. Dieser ist wiederum über einen weiteren Abschnitt elastischen Materials mit dem ersten metallischen Dichtring 56 verbunden. Durch den ersten metallischen Dichtring 56 erstreckt sich der Hochdruckzulauf 84.

[0036] Während bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsvariante die Druckübertragung, d.h. der Volumenausgleich über die Fläche $A = \pi/4(d_2^2 - d_1^2)$ erfolgt, wird in der Ausführungsvariante gemäß Figur 3 der Volumenausgleich über die Wirkfläche $A = \pi/4 \cdot d_3^2$ erreicht. Bei der in den Figuren 3 und 3.1 gezeigten Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors ist sicherzustellen, dass im Ausgleichsraum 74 Systemdruck p_{RAIL} herrscht, welcher den kolbenförmig ausgebildeten Koppler 40 und den Aktorkopf 48 im Betrieb voneinander trennen kann. Um diese Trennung zu verhindern, muss die Verbindung zum Membranelement 54 über Fertigungsverfahren wie zum Beispiel schweißen oder Löten bevorzugt stoffschlüssig hergestellt werden.

[0037] In den Figuren 4 und 5 sind Ausführungsvarianten des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors dargestellt, in welchen der Piezoaktor und das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzglied zentrisch angeordnet sind und die Hochdruckversorgung am Düsenmodul des Kraftstoffinjektors angeschlossen ist.

[0038] Figur 4 zeigt eine Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10, bei welchem der Piezoaktor 46 mit seiner Achse 82 zentrisch zur Achse 80 des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 18 angeordnet ist. Bei diesen Ausführungsvarianten sind das Aktormodul 42 und das Düsenmodul 12 über eine Überwurfmutter miteinander verbunden. Das Düsenmodul 12 ist analog zum Düsenmodul 12 der Ausführungsvarianten gemäß der Figuren 2 und 3 aufgebaut. Zwischen dem Düsenmodul 12 und dem Aktormodul 42 befindet sich die Drosselplatte 24, deren Drosselbohrung 28 den Koplerraum 32 und den Steuerraum 30 hydraulisch miteinander verbindet.

Oberhalb der Drosselplatte 24 ist die Membran 54 mit ihrer ersten metallischen Dichtscheibe 56 und zwischen dem Aktormodul 42 und der Drosselplatte 24 eingespannt. Die zweite metallische Dichtscheibe 58 der Membran 54, die mit der ersten metallischen Dichtscheibe 56 über das elastische Material 60 verbunden ist, wird über die Kopplerfeder 38 an die Unterseite des kolbenförmigen Kopplers 40 angestellt. Das elastische Material 60 trennt den mit dem elektrisch isolierenden Fluid 62 befüllten Aktorraum 52 von dem Hochdruckraum 64 innerhalb des elastischen Materials 60 der Membran 54.

[0039] Der kolbenförmig ausgebildete Koppler 40 ist so ausgebildet, dass dieser einen in verschiedenen Geometrien ausgewölbten Ausgleichsraum 74, wie in der Ausführungsvariante gemäß Figur 4 angedeutet, umfasst. Dieser Ausgleichsraum 74 steht mit dem vom elastischen Material 60 begrenzten Bereich innerhalb des Membranelementes 54 über mindestens eine Ausgleichsbohrung 88, die sich durch das Material des kolbenförmig ausgebildeten Kopplers 40 erstreckt, hydraulisch in Verbindung, so dass im Vergleich zu den in Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsvarianten ein größeres Volumen zum Ausgleich von Druckpulsationen als Dämpfungsvolumen zur Verfügung steht.

[0040] Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass gemäß der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante der mit elektrisch isolierendem Fluid 62 befüllte Aktorraum 52 über mindestens eine Öffnung 92 in einem Dekkel 90 im Bereich des Aktorfußes 48 in Verbindung steht. Elektrisch isolierendes Fluid 62 befindet sich im hydraulischen Raum 100, der von dem Ausgleichsraum 74, der mit Kraftstoff befüllbar ist, mittels eines weiteren elastischen Membranelementes 101 getrennt ist.

[0041] Im Unterschied zu den in Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsvarianten verläuft die vom Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) verlaufende Hochdruckleitung 84 zum Düsenmodul 12 und mündet in dessen Hochdruckraum 64, in dem der Druck p_{HDR} herrscht, der dem Systemdruck p_{RAIL} entspricht.

[0042] Der Darstellung gemäß Figur 5 ist eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors zu entnehmen, bei dem Piezoaktor und bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied zentrisch in Bezug zueinander angeordnet sind.

[0043] Aus der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante geht hervor, dass der Kraftstoffinjektor 10 das Düsenmodul 12 umfasst, in dem analog zur Ausführungsvariante gemäß Figur 4 der Hochdruckzulauf 84 vom Hochdruckspeicherkörper 78 (Common-Rail) mündet. Aufgrund dieses Umstandes herrscht der Systemdruck p_{RAIL} der im Hochdruckspeicherkörper 78 herrscht, auch im Hochdruckraum 64 innerhalb des Düsenmoduls 12, so dass $p_{HDR} = p_{RAIL}$ erfüllt ist. Darüber hinaus befindet sich im Düsenmodul 12 das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 18, dessen Achse mit Bezugszeichen 80 bezeichnet ist. Ist dieses in seinen Sitz gestellt, so sind am brennraumseitigen Ende des

Düsenmoduls 12 ausgebildete Einspritzöffnungen 86 verschlossen. Am bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilglied 18 befindet sich die Düsenfeder 20, die eine Steuerhülse 22, die den Steuerraum 30 begrenzt, an die Unterseite der Drosselplatte 24 anstellt. Durch die Drosselplatte 24 verläuft eine Versorgungsbohrung 26, über welche der Druck p_{HDR} , welcher im Hochdruckraum 64 des Düsenmoduls 12 herrscht in den hydraulischen Raum, der von dem Membranelement 54 gegen den Aktorraum 52 getrennt ist, übertragen wird.

[0044] Mittels des Membranelementes 54, welches einen Bereich mit elastischem Material 60, die erste metallische Dichtscheibe 56 sowie die zweite metallische Dichtscheibe 58 umfasst, wird der Aktorraum 52 des Aktormoduls 42, in dem das elektrisch isolierende Fluid 62 aufgenommen ist, von dem Hochdruckraum 64 des Kraftstoffinjektors 10 getrennt. Gemäß der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10 stehen der Steuerraum 30 und der Kopplerraum 32 über die in der Drosselplatte 24 ausgebildete Drosselbohrung 28 hydraulisch miteinander in Verbindung.

[0045] Des Weiteren umfasst die in Figur 5 dargestellte Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10 den kolbenförmig ausgebildeten Koppler 40. Dieser wird durch eine Kopplerfeder 38 beaufschlagt, die sich auf der Kopplerhülse 36 abstützt. Der Druck innerhalb des Aktorraumes 52, bezeichnet durch p_{AR} , entspricht im Wesentlichen dem im Hochdruckraum 64 herrschenden Druck p_{HDR} , welcher wiederum dem Systemdruck p_{RAIL} entspricht.

[0046] In der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante fehlt es an einem Ausgleichsraum 74.

[0047] Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der erste metallische Dichtring 56 des Membranelementes 54 zwischen dem Piezoaktor 46 und der oberen Stirnseite der Drosselplatte 24, die erste und die zweite Dichtfuge 66 bzw. 68 bildend, eingespannt ist. Bei der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung sind der Aktorraum 52, in dem elektrisch isolierendes Fluid 62 bevorratet ist und von dem mit Systemdruck beaufschlagbaren Räumen 64, 30 und 32 durch das elastische 60 des elastischen Membranelementes 54 getrennt. In der Ausführungsvariante, die in Figur 5 wiedergegeben ist, fällt die Längsachse 82 des Piezoaktors 46 mit der Längsachse des Kraftstoffinjektors 10 zusammen. Im Unterschied zur in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante ist in der Ausführungsvariante gemäß Figur 5 das weitere elastische Membranelement 101 entfallen. Dies begünstigt eine kostengünstigere Fertigung der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10.

[0048] Aus Figur 5 geht des weiteren hervor, dass am nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilglied 18 Düsenfeder 20 die Steuerhülse 22, die den Steuerraum 30 begrenzt, an die Unterseite der Drosselplatte 24 anstellt. Der Druckraum 64 ist über die den Hochdruckzulauf 84,

der sich von dem Hochdruckspeicherkörper 78 (Common Rail) aus erstreckt, ist mit Systemdruck p_{HDR} beaufschlagt, der dem im Hochdruckspeicherkörper 78 (Common Rail) herrschenden Druck p_{RAIL} entspricht. An die obere Stirnseite der Drosselplatte 24 ist die Kopplerhülse 36 angestellt, die über die Kopplerfeder 38 beaufschlagt wird. Die Kopplerfeder 38 stellt einerseits die Kopplerhülse 36 an die Oberseite der Drosselplatte 24 dichtend an, so dass der Kopplerraum 32 abgedichtet ist und übt andererseits eine Vorspannung auf die zweite metallische Dichtscheibe 58 aus, mit der das elastische Membranelement 54 an die untere Stirnseite des Bundes am Kopplerkolben 40 angestellt ist. Die erste metallische Dichtscheibe 56 am Außenumfang des elastischen Membranelements 54 ist zwischen Aktormodul 42 und der Drosselplatte 24 eingespannt, so dass sich eine erste Trennfuge 66 und eine zweite Trennfuge 68 bilden, welche die Einspannstelle des elastischen Membranelements 54 darstellen.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von unter hohem Druck stehenden Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Kraftstoffinjektor (10) von einem im unter Kraftstoffdruck stehenden Aktorraum (52) angeordneten Piezoaktor (44, 46, 48) betätigt wird, welcher ein Düsenmodul (12) ansteuert, in welchem ein bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied (18) mindestens eine Einspritzöffnung (86) freigibt oder verschließt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktorraum (52) mit einem isolierenden Fluid (62) gefüllt und über ein elastisches Membranelement (54) von mindestens einem kraftstoffführenden Hochdruckraum (64) getrennt ist.
2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** über das elastische Membranelement (54) der hydraulische Druck in den mindestens einen Hochdruckraum (64) verlustfrei auf das im Aktorraum (52) bevorratete isolierende Fluid (62) übertragen wird.
3. Kraftstoffinjektor gemäß der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftübertragung am Piezoaktor (46) auf das insbesondere nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied (18) unter Zwischenschaltung eines hubübersetzenden Kopplermoduls (14) erfolgt.
4. Kraftstoffinjektor gemäß der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der Piezoaktor (46) mit einer Exzentrizität (76) zum insbesondere nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilglied (18) angeordnet ist.
5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei in einer Exzentrizität (76) in Bezug auf das nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied (18) angeordnetem Piezoaktor (46) eine Hochdruckleitung (84) durch Teile (42, 34, 24) des Injektorkörpers des Kraftstoffinjektors (10) verläuft.
6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elastische Membranelement (54) zumindest einen Abschnitt aus einem elastischen Material (60) umfasst und zumindest einen aus metallischem Material gefertigten Dichtring (56, 58) aufweist.
7. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrere der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elastische Membranelement (54) zwischen Trennfugen (66, 68) entweder zwischen einem Aktormodul (42) und einem Kopplergehäuse (34) oder zwischen einem Aktormodul (42) und einer Drosselplatte (24) einerseits und zwischen einem Aktorfuß (44) des Piezoaktors (46) und einem kolbenförmig ausgebildeten Koppler (40) andererseits eingespannt ist.
8. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrere der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kolbenförmig ausgebildete Koppler (40) einen Ausgleichsraum (74) umfasst und über Öffnungen (88) mit einem Hochdruckraum (64) im Kopplergehäuse (34) und/oder mit einem Hochdruckraum (64) im Düsenmodul (12) hydraulisch in Verbindung steht.
9. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrere der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Drosselplatte (24) zumindest eine Drosselbohrung (28) vorgesehen ist, welche einen Steuerraum (30) zur Betätigung des insbesondere nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes (18) mit einem Kopplerraum (32) des Kopplermoduls (14) hydraulisch miteinander verbindet.

