

(19)



(11)

**EP 1 983 186 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.10.2011 Patentblatt 2011/42**

(51) Int Cl.:  
**F02M 47/02<sup>(2006.01)</sup> F02M 63/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **08103368.0**

(22) Anmeldetag: **04.04.2008**

(54) **Druckausgeglichenes Stellelement**

Pressure-stabilised actuator

Elément de commande à compensation de pression

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **16.04.2007 DE 102007017729**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.10.2008 Patentblatt 2008/43**

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-02/084106 WO-A-2008/061844**

**EP 1 983 186 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]** Druckgesteuerte Kraftstoffinjektoren mit Druckverstärker, hydraulischem Düsenöffnungsdruck und einer Steuerung über nur ein Steuerventil sind zum Beispiel aus DE 102 18 904 A1 bekannt. Die dort offenbarte Kraftstoffeinspritzeinrichtung umfasst einen von einer Kraftstoffhochdruckquelle versorgbaren Kraftstoffinjektor mit einer Druckübersetzungseinrichtung. Bei dieser ragt ein Schließkolben des Kraftstoffinjektors in einen Schließdruckraum hinein, so dass ein Schließkolben mit Kraftstoffdruck beaufschlagbar ist zur Erzielung einer in Schließrichtung auf den Schließkolben wirkenden Kraft. Der Schließdruckraum und der Rückraum der Druckübersetzungseinrichtung werden durch einen gemeinsamen Schließdruck-Rückraum gebildet, wobei sämtliche Teilbereiche des Schließdruck-Rückraums permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind. Damit lässt sich trotz einer relativ niedrigen Druckverstärkung durch die Druckübersetzungseinrichtung ein relativ niedriger Einspritzöffnungsdruck erreichen. Im geöffneten Zustand eines bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes ist die wirksame Fläche, auf die ein Dämpferdruck wirkt, genauso groß wie die Fläche, auf die der Einspritzdruck wirkt. Aufgrund dieses Umstandes beginnt das Einspritzventilglied erst dann mit dem Schließvorgang, sobald ein Druck  $p_{TR}$  in einem Düsenraum kleiner als ein Druck  $p_{ST}$  in einem Steuerraum wird. Da das Einspritzventilglied jedoch eine bestimmte Zeit  $t_S$  benötigt, bis es wieder in seinen Sitz im Injektorkörper des Kraftstoffinjektors angelangt ist und die unterhalb des Sitzes angeordneten Einspritzöffnungen verschließt, spritzt der Kraftstoffinjektor in der Schlussphase des Einspritzvorganges mit einem Einspritzdruck ein, der unterhalb des im Hochdruckspeicher herrschenden Druckes liegt. Aufgründessen ist die Einspritzrate eines derartigen Kraftstoffinjektors durch ein Plateau, d.h. eine Eindellung, gekennzeichnet. Aufgrund des in der Schlussphase der Einspritzung abnehmenden Einspritzdruckes verändert sich jedoch die Emissionszusammensetzung einer derart betriebenen Verbrennungskraftmaschine zum Negativen, d.h. im Abgas sind zu viele Schadstoffe enthalten.

**[0002]** Aus der WO 02/084106 A1 ist darüber hinaus ein Steuerventil für einen Kraftstoffinjektor bekannt, bei dem ein bewegliches Steuerventilglied durch den hydraulischen Druck in zwei Steuerkammern bewegt wird und dadurch eine Druckentlastungsleitung öffnet und schließt.

**[0003]** Es ist bekannt, Piezoaktoren zum Antrieb mechanischer oder hydraulischer Steuerglieder oder Ventile einzusetzen. Insbesondere zum Antrieb und zur Betätigung von Einspritzventilen in Kraftstoffeinspritzeinrichtungen bei direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen finden Piezoaktoren zunehmend Verwendung. Besonders vorteilhaft erscheinen direktgesteuerte

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 sehr vorteilhaft. Bei direktgesteuerten 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.

**[0004]** Da einzuspritzende Medien, wie zum Beispiel Dieseldieselkraftstoff, teilweise elektrisch leitend sind und korrosive Eigenschaften haben können, ist das eingesetzte Piezoaktormodul gegenüber dem einzuspritzenden Medium zu isolieren. Im Stand der Technik erfolgt diese Isolation des Aktormoduls gegen das einzuspritzende Medium durch einen auf den Aktor auf gebrachten Überzug in Gestalt eines Schrumpfschlauches oder durch aufwändig aufgebrachte Beschichtungen. Eine dergestalt auf einem Piezoaktor aufgebrachte 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.

**[0005]** 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 zur unerwünschten Abweichungen im Verbrennungsablauf und hinsichtlich der erzielbaren Abgasqualität führen kann, sind diese Druckschwingungen durch ausreichend große Flüssigkeitsvolumina innerhalb des Kraftstoffinjektors zu bedämpfen.

**[0006]** Bei zukünftig zu erwartenden Neuentwicklungen von Kraftstoffinjektoren für Hochdruckeinspritzsysteme wird der Schwerpunkt auf Robustheit und kostengünstiger Herstellbarkeit liegen. Des Weiteren haben künftige Injektorgenerationen die neuen nochmals verschärften Abgasnormen, so zum Beispiel die Norm EU5 und weitere zu erwartende Normen, zu erfüllen. Die Abgaswerte werden bei heutigen und zukünftigen Systemauslegungen mehrheitlich über eine Druckerhöhung, so zum Beispiel über eine Systemdruckerhöhung im Hochdruckspeicherraum (Common-Rail) sowie über intelligente Ansteuerstrategien, welche eine sehr eng gelagerte Mehrfacheinspritzung voraussetzen, zu reduzieren sein. Die heute eingesetzten, insbesondere bei Hochdruckspeichereinspritzsystemen (Common-Rail) eingesetzten Kraftstoffinjektoren sind hinsichtlich ihres Aufbaus sehr teuer, da sie eine Vielzahl von hochgenau zu

bearbeitenden Komponenten aufweisen und für zukünftig zu erwartende Ansteuerstrategien nur bedingt tauglich sind.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Der erfindungsgemäß vorgeschlagene Kraftstoffinjektor erlaubt eine Realisierung von kurz aufeinanderfolgenden Mehrfacheinspritzungen und eine sehr gute Reproduzierbarkeit hinsichtlich der eingebrachten Kraftstoffmenge, d.h. eine besonders gute Hub/Hub-Stabilität. Im erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor ist ein schnellschaltendes, toleranzunempfindliches Schaltventil eingebaut, welches auch bei höheren Systemdrücken, die im Hochdruckspeicherkörper mittels eines Hochdruckaggregates erzeugt werden, problemlos schaltet. Das Schaltventil wird bevorzugt druckausgeglichen ausgebildet, so dass geringere Schaltkräfte notwendig sind. Dies wiederum begünstigt die Beaufschlagung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit höheren Systemdrücken, d.h. höheren im Hochdruckspeicher erzeugten Drücken. Durch die Entkopplung des Betätigungsorganes, bei dem es sich z. B. um einen Piezoaktor handelt, vom Kraftstoff, insbesondere vom Diesekraftstoff, wird die Integration des Aktormoduls in den Kraftstoffinjektor wesentlich einfacher und damit kostengünstiger, da der Aktor der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung nunmehr nicht mehr gegen den Kraftstoff abzuschirmen ist. Die erheblich reduzierte Anzahl der Bauteile führt zu einem kostengünstig in Großserienproduktion herstellbaren Kraftstoffinjektor, der insbesondere an Hochdruckspeichereinspritzsystemen (Common-Rail) eingesetzt werden kann.

**[0008]** Der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung folgend, wird das bevorzugt als Piezoaktor ausgebildete Betätigungsorgan in einem kraftstofffreien, insbesondere in einem diesekraftstofffreien Raum im Haltekörper untergebracht, welcher zum einen durch eine zum Beispiel als O-Ring ausgebildete Abdichtung und zum anderen durch ein Federelement vom Niederdruckpfad des Kraftstoffinjektors getrennt ist, so dass das Aktormodul nicht durch den noch unter einem Restdruckniveau stehenden Kraftstoff, insbesondere Diesekraftstoff, beaufschlagt ist.

**[0009]** Das druckausgeglichen ausgebildete Schaltventil umfasst einen Führungsstift, einen Ventilbolzen sowie eine Druckfeder, welche den Ventilbolzen in einer Ruhestellung gegen einen Dichtsitz drückt. An der den Einspritzöffnungen zugewandten Stirnfläche des Führungsstiftes steht ein in einem Steuerraum herrschender Druck an, so dass der Führungsstift stets gegen eine Einstellscheibe gedrückt wird. Bedingt durch den relativ großen Druckunterschied zwischen dem Hochdruckbereich und dem Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors, kommt es zu einer kontinuierlichen Leckage durch die Radialführung zwischen dem Führungsstift, der im Ventilbolzen verschieblich aufgenommen ist. Diese Lek-

kage wird durch die Radialführung zwischen Ventilbolzen und Ventilbohrung über mindestens eine Querbohrung in einen Niederdruckraum und von dort in einen Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors geleitet.

5

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0010]** Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

10

**[0011]** Es zeigt:

Figur 1 einen Schnitt durch den erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor, einen Haltekörper einer Drosselplatte sowie ein Düsenmodul umfassend, die zusammen mit einer Düsenspannmutter einen Schraubverbund bilden,

15

Figur 1.1 ein niederdruckseitiges Drosselrückschlagventil,

20

Figur 2 eine vergrößerte Darstellung des druckausgeglichen ausgebildeten, als 2/2-Wege-Ventil ausgebildeten Schaltventiles,

25

Figur 3 eine alternative Ausgestaltung der Ankopplung eines hydraulischen Kopplers.

#### Ausführungsformen

30

**[0012]** Figur 1 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors, einen Haltekörper, eine Drosselplatte, ein Düsenmodul umfassend, die miteinander über eine Düsenspannmutter zu einem Schraubverbund gefügt sind.

35

**[0013]** Der Darstellung gemäß Figur 1 ist entnehmbar, dass ein erfindungsgemäß ausgebildeter Kraftstoffinjektor 10 ein Düsenmodul 12, eine Drosselplatte 14 sowie einen Haltekörper 18 umfasst, die über eine Düsenspannmutter 16 miteinander gefügt sind und einen Schraubverbund bilden. Die in den Kraftstoffinjektor 10 eingebrachte Axialkraft, mit der das Düsenmodul 12, die Drosselplatte 14 sowie der Haltekörper 18 miteinander verspannt sind, ist abhängig von dem Anzugsdrehmoment, mit dem die Düsenspannmutter 16 bei der Montage beaufschlagt wird.

40

**[0014]** Im Haltekörper 18 des Kraftstoffinjektors 10 befindet sich ein Aktormodul 20. Mittels des Aktormoduls 20 wird ein hydraulisches 2/2-Wege-Schaltventil 22 angesteuert. Der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung folgend, ist das Aktormodul 20 in einem kraftstofffreien Raum 24 im Haltekörper 18 angeordnet. Der kraftstofffreie Raum 24 ist durch eine Abdichtung 26, die in einfacher und wirksamer Weise als O-Ring ausgebildet ist, und zum anderen durch ein Federelement 28 vom Niederdruckpfad des Kraftstoffinjektors 10 getrennt. Das Federelement 28 ist einerseits an einem oberen Bund 32 mit einem Kopplerkopf 34 stoffschlüssig verbunden,

45

so zum Beispiel verklebt oder verschweißt, und hält den Aktor des Aktormoduls 20 in jedem seiner Betriebszustände unter einer definierten Vorspannung. Des Weiteren ist das Federelement 28 am unteren Bund 36 derart ausgebildet, dass ein Radialspiel zwischen dem Kopp-  
 5 lerkopf 34 und dem Federelement 28 einen kurzzeitigen Druckaufbau innerhalb eines Kopplerraumes 38 zulässt. Die Einstellung der durch das Federelement 28 erzeugten Federkraft erfolgt durch die Einstellscheibe 40, die im unteren Bereich des Haltekörpers 18 oberhalb einer  
 10 oberen Planseite der Drosselplatte 14 eingelegt ist. Zwischen der Einstellscheibe 40, dem Haltekörper 18 und dem unteren Bund 36 befindet sich die Abdichtung 26, die in bevorzugter Weise als O-Ring ausgebildet ist.

**[0015]** Unterhalb der Einstellscheibe 40, die unter Zwischenschaltung der Abdichtung 26 in den Haltekörper 18 des Kraftstoffinjektors 10 eingelassen ist, befindet sich das druckausgeglichen ausgebildete 2/2-Wege-  
 15 Schaltventil 22.

**[0016]** Figur 1.1 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Niederdruckseite.

**[0017]** In der Niederdruckleitung, über welche Leckage aus der Leckagebohrung 64 in den Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors 10 abgesteuert wird, ist zur Erhöhung des niederdruckseitigen Restdruckes ein Drosselrückschlagventil 100 eingelassen. Anstelle des  
 20 in Figur 1.1 in vergrößerter Darstellung wiedergegebenen Drosselrückschlagventiles 100 kann auch in der Leitung unmittelbar eine Drosselstelle ausgebildet sein.

**[0018]** Der Darstellung gemäß Figur 2 ist entnehmbar, dass das 2/2-Wege-Ventil 22 einen Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 aufweist, der eine Durchgangsöffnung, insbesondere eine Durchgangsbohrung, aufweist, in der sich ein Führungsstift 42 befindet. Der Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 des 2/2-Wege-Schaltventiles 22 wird über eine Druckfeder 46 beaufschlagt, die sich - wie in  
 25 Figur 1 dargestellt - an der Unterseite der in den Haltekörper 18 eingelegten Einstellscheibe 40 abstützt. An der dem Düsenmodul 12 zuweisenden Stirnseite ist der Führungsstift 42 mit in einem Steuerraum 86 herrschenden Systemdruck beaufschlagt. Dadurch wird der Führungsstift 42 mit seiner gegenüberliegenden Stirnseite gegen die untere Stirnseite der Einstellscheibe 40 gedrückt. Bedingt durch den großen Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich 52, d.h. einem Bereich, in dem Systemdruck vom Steuerraum 86 aus anliegend, herrscht, und einem Ventilraum 54 oberhalb des Ventilbolzens oder Ventilkolbens 44, kommt es zu einer kontinuierlichen Leckage entlang einer Radialführung 56, in der der Führungsstift 42 im Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 des druckausgeglichen ausgebildeten 2/2-Wege-  
 30 Ventils 22 geführt ist. Diese kontinuierlich über die Radialführung 56 abströmende Leckagemenge wird wiederum durch die Radialführung zwischen dem Ventilbolzen beziehungsweise Ventilkolben 44 und einer Ventilbohrung 58 über mindestens eine Querbohrung 60, eine Leckagebohrung 64 und einen Niederdruckraum 62 in den Niederdruckbereich 66 des Kraftstoffinjektors abge-

steuert.

**[0019]** Zurückkommend auf die Darstellung gemäß Figur 1, ist im Düsenmodul 12 des Schraubverbundes des Kraftstoffinjektors 10 ein Düsenraum 68 ausgebildet. Der  
 5 Düsenraum 68 ist durch eine Steuerraumhülse 85 vom Steuerraum 86 getrennt. Die Steuerraumhülse 85 ist durch eine Druckfeder beaufschlagt, die sich an einem Bund eines bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 abstützt. Der Düsenraum 68 wird über eine Hochdruckpumpe 7 oder eine andere Hochdruckquelle, wie zum Beispiel einen Hochdrucksammelraum (Common-Rail) eines Kraftstoffeinspritzsystems mit unter jeweiligem Systemdruck stehenden Kraftstoff versorgt. Der unter Systemdruck stehende Kraftstoff  
 10 strömt über Versorgungsbohrungen 70 durch den Haltekörper 18 und die Drosselplatte 14 dem Düsenraum 68 zu. Der Steuerraum 86 wird über einen Abzweig von der Versorgungsbohrung 70, in der eine Zulaufdrossel 96 ausgebildet ist, mit unter Systemdruck stehendem Kraftstoff beaufschlagt. Die Druckentlastung des Steuerraumes 86 erfolgt mittels des druckausgeglichen ausgebildeten 2/2-Wege-Schaltventiles 22 und über eine den Steuerraum 86 druckentlastende, zum Führungsstift 42 im Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 fluchtend angebrachte Ablaufdrossel 88. Bezugszeichen 90 bezeichnet den Durchmesser, den das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 im Bereich seines Sitzes oberhalb der mindestens einen Einspritzöffnung 94 im  
 15 Düsenmodul 12 aufweist. Der Darstellung gemäß Figur 1 kann überdies entnommen werden, dass das Aktormodul 20 einen aus einem Piezokristallstapel geschichtet aufgebauten Aktor 74 aufnimmt, der über eine elektrische Kontaktierung 56 bestrombar ist. Mit Bezugszeichen 80 ist ein Aktorfuß bezeichnet, Bezugszeichen 84 bezeichnet einen Ventilsitz gemäß der Darstellung in Figur 2, auf dem eine auch ballig ausbildbare Unterseite des Ventilbolzens oder Ventilkolbens 44 des druckausgeglichen ausgebildeten 2/2-Wege-Schaltventils 22 aufsitzt. Der in Figur 2 dargestellte Bereich stellt eine vergrößerte Darstellung des in Figur 1 bereits dargestellten 2/2-Wege-Schaltventils 22 dar. Im Zusammenhang mit der Darstellung gemäß Figur 2 ist noch zu erwähnen, dass mit  $p_K$  der Druck im Kopplerraum 38 bezeichnet ist und  $p_N$  einen Druck bezeichnet, der im Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors 10 herrscht.

**[0020]** Die Funktionsweise des erfindungsgemäß vorgeschlagenen, in den Figuren 1 und 2 dargestellten Kraftstoffinjektors stellt sich folgendermaßen dar:

**[0021]** Während der Öffnungsphase des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 wird der Aktor 74 über die elektrische Kontaktierung 76, die über eine niederdruckfeste Abdichtung 78 am Aktorfuß 80 aus dem Kraftstoffinjektor 10 geführt wird, invers angesteuert. Das inverse Ansteuern des Aktors 74 bedeutet, dass in der Ruhestellung des Aktors 74 eine positive Spannung an diesem anliegt. Der Aktor 74 hat somit in seiner Ruhestellung seine maximale Länge in axiale Richtung, d.h. in Richtung der Mittellinie des Piezokri-

stallstapels - wie in Figur 1 angedeutet.

**[0022]** Wird der Piezoaktor 74 entladen, verkürzt sich seine Länge. Aufgrunddessen bewegt sich der Kopplerkopf 34 in vertikale Richtung nach oben. Bedingt durch das eng tolerierte Spiel zwischen dem Kopplerkopf 34 und dem Federelement 28 im Bereich des unteren Bundes 36 baut sich der Druck  $p_K$  innerhalb des Koplerrumes 38 ab. Über die Verbindungsbohrung 82 baut sich im Ventilraum 54 der Druck ebenfalls ab. Da der Ventilsitz 84 am Ventilkolben 44 den Sitzdurchmesser  $d_S$  aufweist, wirkt in Öffnungsrichtung eine hydraulische Kraft  $F_{\text{Öff}}$  an der Fläche  $\pi/4 \cdot (d_V^2 - d_S^2)$ . Der Druck im Rücklaufsystem liegt höher als 1 bar, bedingt durch eine dort angeordnete Drossel 100 oder ein Drosselrückschlagventil 100, vergleiche Figur 1.1.

**[0023]** Der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 verfährt erst aus seinem Dichtsitz 48, wenn eine in Schließrichtung wirkende Kraft  $F_{\text{Schließ}} \leq F_{\text{Öff}}$  beträgt, wobei  $F_{\text{Schließ}}$  aus der Federkraft  $F_F$  und der hydraulischen Kraft  $F_{\text{Hyd}}$ , die ebenfalls an der Fläche  $\pi/4 \cdot (d_V^2 - d_S^2)$  wirkt, gebildet wird. Der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 verfährt bis zum Anschlag, der durch die Unterkante der Einstellscheibe 40 gebildet wird. Da nun der Niederdruckpfad freigegeben wird, baut sich der Druck im Steuerraum 86 oberhalb des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 über die Ablaufdrossel 88 ab. Bedingt durch die Ausbildung einer Druckstufe oberhalb des Nadelsitzdurchmessers 90 bewegt sich das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 aus seinem Sitz und ermöglicht eine Einspritzung von unter Systemdruck stehendem Kraftstoff über die mindestens eine am brennraumseitigen Ende des Düsenmoduls 12 angeordnete Einspritzöffnung 94. Über die Dimensionierung der Ablaufdrossel 88 sowie die Dimensionierung der Zulaufdrossel 96 kann die Öffnungsgeschwindigkeit beziehungsweise die Schließgeschwindigkeit des nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes vorgegeben werden.

**[0024]** Zur Beendigung der Einspritzung wird der Piezoaktor 74 des Aktormoduls 20 wieder auf seine Basisspannung geladen, so dass sich, im Gegensatz zur Öffnungsphase des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92, in der Schließphase die längste Ausdehnung des Piezokristallstapels des Aktors 74 einstellt. Aufgrund der Längung des Piezokristallstapels des Piezoaktors 74 bei Beaufschlagung mit seiner Basisspannung wird das im Koplerraum 38 enthaltene Kraftstoffvolumen komprimiert, so dass der Druck  $p_K$  im Koplerraum ansteigt. Da nun der Druck  $p_K$  im Koplerraum den im Niederdruckbereich herrschenden Druck  $p_N$  unterhalb der Ventilsitzfläche 84 übersteigt, verfährt der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 wieder in den Dichtsitz 48 und entkoppelt die Verbindung zwischen dem Steuerraum 86 und dem niederdruckseitigen Bereich des Kraftstoffinjektors 10. Daraufhin gleicht sich der Druck im Steuerraum 86 durch den Zufluss über die Zulaufdrossel 96 wieder dem Systemdruck an, der

im Hochdrucksammelraum herrscht oder durch ein Hochdruckförderaggregat erzeugt wird.

**[0025]** Da am brennraumseitigen Ende des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 ein geringerer Druck herrscht als an der dem Brennraum abgewandten Stirnfläche des Einspritzventilgliedes 92 innerhalb des Steuerraumes 86, verfährt das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 wieder in seinen Düsensitz, so dass die Einspritzung beendet ist.

**[0026]** Alternativ zur in den Figuren 1 und 2 vorstehend beschriebenen Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10, ist eine Befüllung des kraftstofffreien Raumes 24 mit einem elektrisch isolierenden Fluid denkbar. Durch das elektrisch isolierende Fluid wird bewirkt, dass die Temperatur am Aktor 74, welche im Betrieb des Aktors 74 entsteht, aufgrund des höheren Temperaturleitwertes von Flüssigkeiten gegenüber Luft schneller abgeführt werden kann.

**[0027]** Figur 3 zeigt eine alternative Ausführungsvariante des Kraftstoffinjektors 10, bei der eine zusätzliche Hülse 98 in den Innendurchmesser des Federelementes 28 eingepresst ist. Zu dieser Ausführungsvariante kann dann gegriffen werden, falls die Radialführung zwischen dem Kopplerkopf 34 und dem Federelement 28 am unteren Bund 36 aus fertigungstechnischen Gründen nicht umsetzbar ist.

**[0028]** Durch die Drossel 100 beziehungsweise das in der Niederdruckleitung angeordnete Drosselrückschlagventil im Niederdruckbereich wird der Druck angehoben. Anstelle der in Figur 1 dargestellten Drosselstelle 100 kann in der Niederdruckleitung auch das in Figur 1.1 dargestellte Drosselrückschlagventil 100 eingesetzt werden, durch das das niederdruckseitige Druckniveau angehoben wird. Je höher das Niederdruckniveau gehalten werden kann, umso leichter lässt sich die Funktion des Schaltventiles aufgrund des geringen Aktorhubes umsetzen.

#### 40 Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (10) mit einem Düsenmodul (12), einer Drosselplatte (14) und einem Haltekörper (18), wobei im Haltekörper (18) ein Aktormodul (20, 74) aufgenommen ist, welches ein 2/2-Wege-Schaltventil (22) zur Druckbeaufschlagung oder Druckentlastung eines Steuerraumes (86) umfasst, über welchen ein bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied (92) betätigt wird, wobei das 2/2-Wege-Schaltventil (22) druckausgeglichen ist und einen Ventilkörper (44) aufweist, welcher eine Durchgangsöffnung enthält, in der ein Führungsstift (42) geführt ist, der innerhalb eines Hochdruckbereiches (52) mit unter Systemdruckstehendem Kraftstoff beaufschlagt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilkörper (44) eine Ventilsitzfläche (84) aufweist, die vom Niederdruck einer Leckagebohrung (64) im Kraftstoffinjektor beaufschlagt ist und dadurch eine

hydraulische Kraft ( $F_{\text{Öff}}$ ) auf den Ventilkörper (44) ausübt, wobei in der Leckagebohrung (64) ein Drosselrückschlagventil (100) oder eine Drossel (100) zur Erhöhung des niederdruckseitigen Restdrucks eingelassen ist, und der Ventilkörper (44) durch die hydraulische Kraft ( $F_{\text{Öff}}$ ) erst dann aus seinem Dicht-

5 sitz (48) verfährt, wenn diese Kraft ( $F_{\text{Öff}}$ ) größer als eine in Schließrichtung auf den Ventilkörper (44) wirkende Kraft ( $F_{\text{Schließ}}$ ) ist, wobei diese in Schließrichtung

10 wirkende Kraft ( $F_{\text{Schließ}}$ ) durch eine Federkraft ( $F_{\text{F}}$ ) und eine hydraulische Kraft ( $F_{\text{Hyd}}$ ) gebildet wird und die hydraulische Kraft ( $F_{\text{Hyd}}$ ) durch den Druck in einem Ventilraum (54) erzeugt wird und der Druck im Ventilraum (54) durch die Bewegung eines Kopp-

15 lerkopfs (34) abgehaut werden kann.

2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilkörper (44) des 2/2-Wege-Schaltventiles (22) von einer Druckfeder (46) beaufschlagt wird, die sich an einer Einstellscheibe (40) am Haltekörper (18) abstützt.
3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchgangsöffnung im Ventilkörper (44) mit einem Kanal zur Druckentlastung des Steuerraums (86) fluchtet, in welchem eine Ablaufdrossel (88) ausgebildet ist.
4. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** über eine Radialführung (56) des Führungsstiftes (42) im Ventilkörper (44) abfließende Leckage über die Leckagebohrung (64) in den Niederdruckbereich (66) des Kraftstoffeinspritzsystems abgeführt wird.

## Claims

1. Fuel injector (10) having a nozzle module (12), having a throttle plate (14) and having a retaining body (18), wherein an actuator module (20, 74) is accommodated in the retaining body (18), which actuator module comprises a 2/2-way switching valve (22) for the pressurization of or release of pressure from a control chamber (86) by means of which a preferably needle-shaped injection valve member (92) is actuated, wherein the 2/2-way switching valve (22) is pressure-balanced and has a valve body (44) which comprises a passage opening in which is guided a guide pin (42) which, within a high-pressure region (52), is acted on with fuel at system pressure, **characterized in that** the valve body (44) has a valve seat surface (84) which is acted on by the low pressure of a leakage bore (64) in the fuel injector and which thereby exerts a hydraulic force ( $F_{\text{open}}$ ) on the valve body (44), wherein a throttling check valve (100) or a throttle (100) is positioned in the leakage bore (64) in order to increase the low-pressure-side

residual pressure, and the valve body (44) moves out of its sealing seat (48) as a result of the hydraulic force ( $F_{\text{open}}$ ) only when said force ( $F_{\text{open}}$ ) is greater than a force ( $F_{\text{close}}$ ) acting on the valve body (44) in the closing direction, wherein said force ( $F_{\text{close}}$ ) which acts in the closing direction is formed by a spring force ( $F_{\text{F}}$ ) and a hydraulic force ( $F_{\text{Hyd}}$ ), and the hydraulic force ( $F_{\text{Hyd}}$ ) is generated by the pressure in a valve chamber (54), and the pressure in the valve chamber (54) can be dissipated by the movement of a coupler head (34).

2. Fuel injector according to Claim 1, **characterized in that** the valve body (44) of the 2/2-way switching valve (22) is acted on by a compression spring (46) which is supported on a setting disc (40) on the retaining body (18).
3. Fuel injector according to Claim 1, **characterized in that** the passage opening in the valve body (44) is aligned with a duct for the release of pressure from the control chamber (86), in which duct an outflow throttle (88) is formed.
4. Fuel injector according to Claim 1, **characterized in that** leakage flowing out via a radial guide (56) of the guide pin (42) in the valve body (44) is discharged via the leakage bore (64) into the low-pressure region (66) of the fuel injection system.

## Revendications

1. Injecteur de carburant (10) comprenant un module de buse (12), une plaque d'étranglement (14) et un corps de retenue (18), un module d'actionneur (20, 74) étant reçu dans le corps de retenue (18), lequel comprend une soupape de commutation à 2/2 voies (22) pour solliciter en pression ou détendre en pression un espace de commande (86), par le biais duquel un organe de soupape d'injection (92) réalisé de préférence en forme d'aiguille est actionné, la soupape de commutation à 2/2 voies (22) étant compensée en pression et présentant un corps de soupape (44), qui contient une ouverture de passage dans laquelle est guidée une goupille de guidage (42), qui est sollicitée à l'intérieur d'une plage de haute pression (52) avec du carburant soumis à la pression du système, **caractérisé en ce que** le corps de soupape (44) présente une surface de siège de soupape (84) qui est sollicitée par la basse pression d'un alésage de fuite (64) dans l'injecteur de carburant, et qui exerce de ce fait une force hydraulique ( $F_{\text{Öff}}$ ) sur le corps de soupape (44), une soupape d'étranglement de non retour (100) ou un étranglement (100) étant pratiqué dans l'alésage de fuite (64) pour augmenter la pression résiduelle du côté de la basse pression, et le corps de soupape (44) étant déplacé

par la force hydraulique ( $F_{\text{Öff}}$ ) hors de son siège d'étanchéité (48) seulement lorsque cette force ( $F_{\text{Öff}}$ ) est supérieure à une force ( $F_{\text{Schließ}}$ ) agissant dans le sens de la fermeture sur le corps de soupape (44), cette force ( $F_{\text{Schließ}}$ ) agissant dans le sens de la fermeture étant formée par une force de ressort ( $F_{\text{F}}$ ) et une force hydraulique ( $F_{\text{Hyd}}$ ) et la force hydraulique ( $F_{\text{Hyd}}$ ) étant produite par la pression dans un espace de soupape (54) et la pression dans l'espace de soupape (54) pouvant être réduite par le mouvement d'une tête de coupleur (34).

5

10

2. Injecteur de carburant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps de soupape (44) de la soupape de commutation à 2/2 voies (22) est sollicité par un ressort de pression (46) qui s'appuie sur une rondelle d'ajustement (40) sur le corps de retenue (18).
3. Injecteur de carburant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ouverture de passage dans le corps de soupape (44) est en affleurement avec un canal pour la détente de pression de l'espace de commande (86), dans lequel est réalisé un étranglement d'écoulement (88).
4. Injecteur de carburant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la fuite s'écoulant par le biais d'un guidage radial (56) de la goupille de guidage (42) dans le corps de soupape (44) est évacuée par le biais de l'alésage de fuite (64) dans la région basse pression (66) du système d'injection de carburant.

15

20

25

30

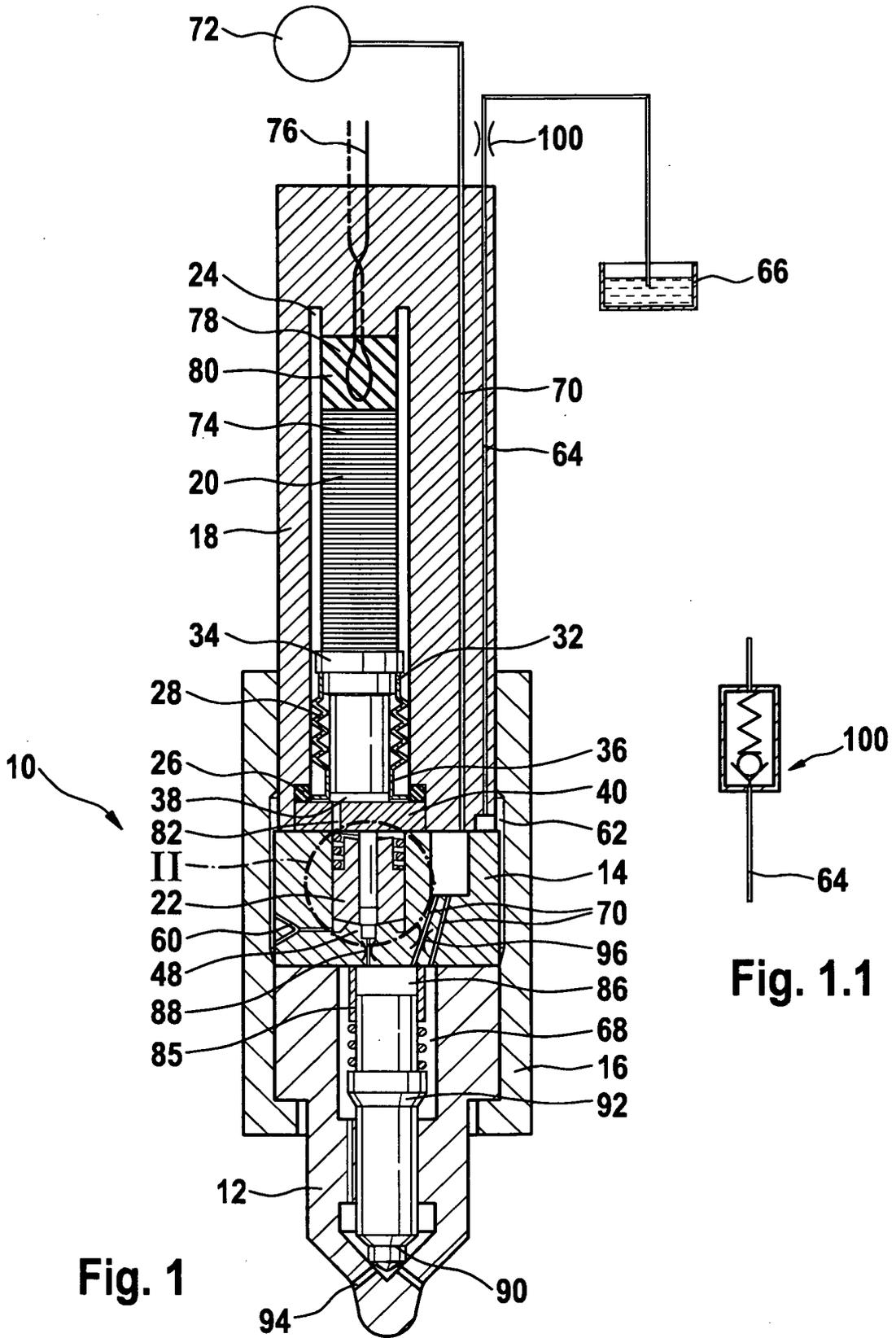
35

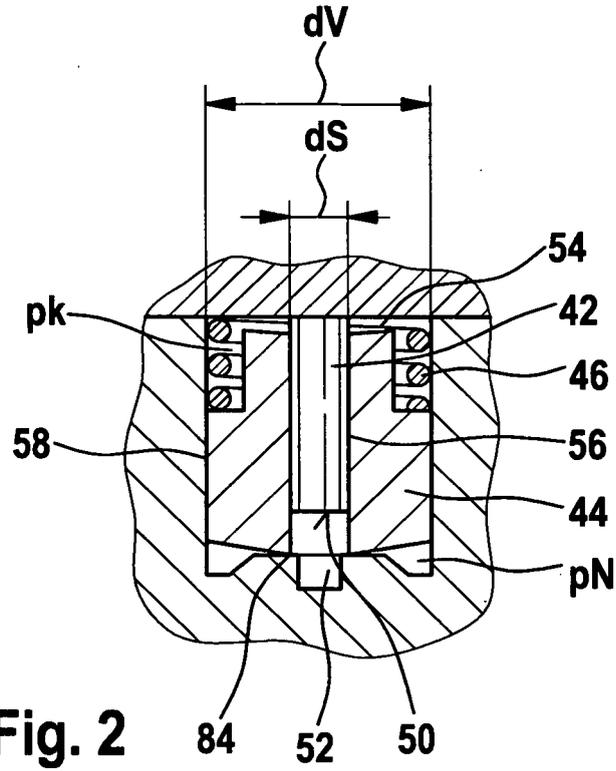
40

45

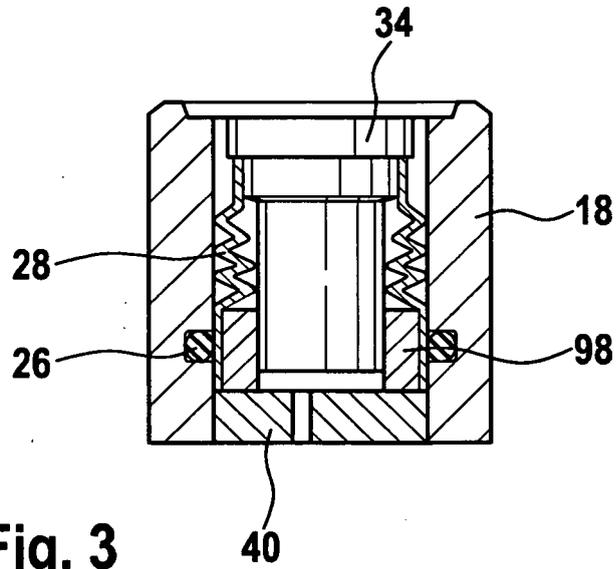
50

55





**Fig. 2**



**Fig. 3**

**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 10218904 A1 [0001]
- WO 02084106 A1 [0002]