



(11) **EP 1 910 663 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.02.2010 Patentblatt 2010/08

(51) Int Cl.:
F02M 47/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06777252.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/062779

(22) Anmeldetag: **31.05.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/012510 (01.02.2007 Gazette 2007/05)

(54) **KRAFTSTOFF-EINSPRITZVORRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE MIT
KRAFTSTOFF-DIREKTEINSPRITZUNG**

FUEL INJECTION DEVICE FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE USING DIRECT FUEL
INJECTION

SYSTEME D'INJECTION DE CARBURANT POUR MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A
INJECTION DIRECTE DE CARBURANT

(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 NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **25.07.2005 DE 102005034599**
02.03.2006 DE 102006009659

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.04.2008 Patentblatt 2008/16

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

(72) Erfinder:
• **HANNEKE, Juergen**
70499 Stuttgart (DE)
• **EISENMENGER, Nadja**
70469 Stuttgart (DE)
• **BRENK, Achim**
75236 Kaempfelbach (DE)
• **ZERLE, Lorenz**
86179 Augsburg (DE)

- **MENNICKEN, Michael**
71299 Wimsheim (DE)
- **CLAUSS, Helmut**
71735 Eberdingen (DE)
- **MAGEL, Hans-Christoph**
72793 Pfullingen (DE)
- **VAHLE, Dirk**
71679 Asperg (DE)
- **KELLNER, Andreas**
71732 Tamm (DE)
- **LALIC, Hrvoje**
71636 Ludwigsburg (DE)
- **BOLTZ, Joachim**
70374 Stuttgart (DE)
- **BREDOW, Falko**
71686 Remseck (DE)
- **KATZ, Martin**
70469 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-03/064847 DE-A1- 10 164 123
DE-A1- 10 217 594 DE-A1- 10 225 686
DE-A1-102004 002 299 US-A1- 2004 154 562
US-B1- 6 547 213

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).

EP 1 910 663 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Vom Markt her bekannt ist eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, mit der der Kraftstoff direkt in einen ihr zugeordneten Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann. Hierzu ist in einem Gehäuse ein Ventilelement angeordnet, welches im Bereich einer Kraftstoff-Austrittsöffnung eine insgesamt in Öffnungsrichtung des Ventilelements wirkende Druckfläche aufweist. Am entgegengesetzten Ende des Ventilelements ist eine in Schließrichtung wirkende Steuerfläche vorhanden, welche einen Steuerraum begrenzt. Die in Schließrichtung wirkende Steuerfläche ist insgesamt größer als die bei geöffnetem Ventilelement in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche.

[0003] Bei geschlossener Kraftstoff-Einspritzvorrichtung liegt an einem Bereich der in Öffnungsrichtung wirkenden Druckfläche und an der in Schließrichtung wirkenden Steuerfläche ein hoher Kraftstoffdruck an, wie er beispielsweise von einer Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail") bereitgestellt wird. Zum Öffnen des Ventilelements wird der an der Steuerfläche anliegende Druck abgesenkt, bis die in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Kraftresultierende an der Druckfläche die in Schließrichtung wirkende Kraft übersteigt. Hierdurch wird ein Öffnen des Ventilelements bewirkt.

[0004] Voraussetzung für die Funktionsweise dieser Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist eine Abdichtung zwischen jenem Bereich, in dem die vergleichsweise kleine in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche vorhanden ist, und jenem Bereich des Ventilelements, in dem die vergleichsweise große in Schließrichtung wirkende Steuerfläche vorhanden ist. Leckagefluid wird bei der bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung aus dem Bereich der Abdichtung über eine Leckageleitung abgeführt.

[0005] Kraftstoff-Einspritzeinrichtungen, bei denen der Hub eines Piezo-Aktors über einen hydraulischen Koppler direkt auf ein Ventilelement übertragen wird, gehen aus den Dokumenten US 2004/0154562 A1 WO 2003/064847A1, DE 10217594 A1, DE 10225686 A1 und DE 102004002299 A1 hervor. Über den hydraulischen Koppler werden dabei ein mit dem Piezo-Aktor mechanisch verbundener Aktor-Kolben und ein mit dem Ventilelement mechanisch verbundener Ventilelementkolben hydraulisch antriebsgekoppelt. Zumindest ein Teil des Ventilelements bildet dabei eine Düsenadel, die zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine Einspritzöffnungen in Abhängigkeit vom Hub des Piezo-Aktors öffnet oder verschließt.

[0006] Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einem einteiligen Ventilelement, das mit einer rückwärtigen Steuerfläche einem Steuerraum ausgesetzt ist, geht aus

DE 10164123 A1 hervor. Die Ansteuerung des Steuer-raums erfolgt mittels eines Steuerventils, welches den Steuerraum zum Öffnen des Ventilelements zu einem Niederdruck-/Rücklaufsystem öffnet und zum Schließen des Ventilelements verschließt.

[0007] Schließlich ist aus US 6,547,213 B1 ein piezo-elektrisches Servo-Ventil bekannt, bei dem zwischen einem Stellkolben des Piezo-Aktors und dem Ventilkolben eines Steuerventils ein hydraulischer Koppler zwischengeschaltet ist.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass sie möglichst einfach und preiswert baut und bei einem sehr hohen Betriebsdruck eingesetzt werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung wird durch die hydraulische Kopplung zweier separater Teile des Ventilelements die Freiheit bei der Auslegung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung erheblich erhöht, denn es können die jeweiligen Teile des Ventilelements jeweils an den Ort innerhalb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung optimal angepasst werden. Beispielsweise können die elastischen Eigenschaften des Ventilelements durch eine entsprechende Wahl des verwendeten Materials und der Dimensionen optimal an den vorgesehenen Einsatzbereich angepasst werden. Darüber hinaus wird die Herstellung des Ventilelements insgesamt wesentlich vereinfacht, da auch Teile mit konstantem Durchmesser verwendet werden können. Dies gestattet einen einfacheren Aufbau der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einfacheren Teilen, was zum einen die Fertigung erleichtert und zum anderen eine kleinere Bauweise ermöglicht. Zur Realisierung der vorliegenden Erfindung können darüber hinaus zahlreiche Komponenten bisheriger Vorrichtungen weiter verwendet werden.

[0011] Ein weiterer Vorteil des hydraulischen Kopplers ist der Ausgleich von Toleranzen, was die Fertigung und die Montage vereinfacht. Die Kopplung zweier Teile des Ventilelements mittels eines hydraulischen Kopplers gestattet darüber hinaus die Realisierung einer gewissen Bewegungsdämpfung. Mittels eines Hülselements kann der hydraulische Koppler sehr einfach realisiert werden.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn in allen zwischen einem Steuer- und einem Druckraum liegenden Räumen, die das Ventilelement umgeben, im Betrieb wenigstens zeitweise und wenigstens in etwa der am Hochdruckanschluss herrschende hohe Kraftstoffdruck herrscht (das Ventilelement "schwimmt" im Hochdruck), und wenn das Ventilelement eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Steuerfläche und eine in Öffnungs-

richtung wirkende hydraulische Druckfläche aufweist. Dies bedeutet nichts anderes, als dass bei einer solchen Vorrichtung am Ventilelement zwischen Druckfläche und Steuerfläche eine bisher notwendige Druckstufe nicht mehr vorhanden ist. Ein im Hochdruck "schwimmendes" Ventilelement kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Ausnehmung, in der das Ventilelement insgesamt aufgenommen ist, mit dem Hochdruckanschluss verbunden ist. Durch eine größere (in Schließrichtung wirkende) Steuerfläche wird auch bei einer durch Verschleiß am gehäuseseitigen Sitz verursachten Verringerung des Flächenunterschieds und einer damit einhergehenden Verringerung der in Schließrichtung wirkenden Kraft (Drift der Schließkraft) ein sicheres Schließen des Ventilelements gewährleistet.

[0013] Da eine Druckstufe mit einem hierfür notwendigen Niederdruckraum entfallen kann und das Ventilelement insgesamt im Hochdruck "schwimmt", ist ein Niederdruckbereich nicht mehr vorhanden. Somit kann keine Leckage zwischen dem Hoch- und einem solchen Niederdruckbereich auftreten, so dass auch die entsprechende Abdichtung und eine hierfür erforderliche Leckageleitung entfallen können. Der Verzicht auf eine Druckstufe bedeutet auch, dass das Ventilelement statisch nur mit einer vergleichsweise geringen Schließkraft am gehäuseseitigen Ventilsitz anliegt, was die oben genannte Drift reduziert.

[0014] Darüber hinaus arbeitet die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einem hohen Wirkungsgrad, da die bei früheren Vorrichtungen vorhandene Leckage zwischen Ventilelement und Gehäuse nicht mehr vorhanden ist. Eine Rücklaufleitung kann in der Folge kleiner ausgelegt werden.

[0015] Ist die im hydraulischen Koppler liegende Endfläche des Teils des Ventilelements, das von den Kraftstoff-Austrittsöffnungen der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung entfernt angeordnet ist, größer ist als die Endfläche des anderen Teils, wird bei geöffnetem Ventilelement durch den hydraulischen Koppler eine in Schließrichtung wirkende hydraulische Feder "gespannt", was ein sicheres Schließen des Ventilelements unterstützt.

[0016] Sind Druckfläche und Steuerfläche wenigstens in etwa gleich groß, ist das Ventilelement insgesamt druckausgeglichen mit entsprechend hoher Dynamik. Der zum Schließen erforderliche Kraftüberschuss in Schließrichtung kann in diesem Fall durch eine leichte Drosselung im Bereich der Druckfläche realisiert werden, und/oder durch eine Drosselung des zur Druckfläche gelangenden Kraftstoffstroms.

[0017] Die Montage der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung wird vereinfacht, wenn das Ventilelement insgesamt in einem mit dem Hochdruckanschluss verbundenen Hochdruckraum aufgenommen ist. Dieser kann darüber hinaus als Dämpfungsvolumen arbeiten, durch welches Druckwellen und in der Folge der Verschleiß an einem Ventilsitz reduziert werden. Zusätzlich steigt die Genauigkeit der Einspritzmengen bei Mehrfacheinspritzung. Außerdem wird die Herstellung vereinfacht, da eine se-

parate Hochdruckbohrung zum Anschluss des Druckraums an den Hochdruckanschluss entfallen kann.

Zeichnungen

[0018] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

[0019] In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung;

Figur 2 eine schematisierte und teilweise geschnittene Darstellung einer ersten Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 1;

Figur 3 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer zweiten Ausführungsform;

Figur 4 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer dritten Ausführungsform;

Figur 5 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer vierten Ausführungsform;

Figur 6 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer fünften Ausführungsform;

Figur 7 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer sechsten Ausführungsform;

Figur 8 eine Darstellung ähnlich Figur 2 einer siebten Ausführungsform und

Figur 9 einen mit IX bezeichneten Ausschnitt der Figur 8 in räumlicher Darstellung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0020] In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie dient zum Antrieb eines nicht gezeigten Kraftfahrzeugs. Eine Hochdruckfördereinrichtung 12 fördert Kraftstoff aus einem Kraftstoff-Vorratsbehälter 14 in einen Kraftstoff-Druckspeicher 16 ("Rail"). In diesem ist der Kraftstoff - Diesel oder Benzin - unter sehr hohem Druck gespeichert. An das Rail 16 sind mittels jeweils eines Hochdruckanschlusses 17 mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 18 angeschlossen, die den Kraftstoff direkt in ihnen zugeordnete Brennräume 20 einspritzen. Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 18 weisen jeweils auch einen Niederdruckanschluss 21 auf, über den sie mit einem Niederdruckbereich, vorliegend mit dem Kraftstoff-Vorratsbehälter 14 verbunden sind.

[0021] Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 18 können in einer ersten Ausführungsform entsprechend Figur 2 ausgebildet sein: Die dort gezeigte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 18 umfasst ein Gehäuse 22 mit einem Düsenkörper 24, einem Hauptkörper 26 und einem Endkörper 28. Im Gehäuse 22 ist in dessen Längsrichtung eine stufenförmige Ausnehmung 30 vorhanden, in der ein nadelartiges Ventilelement 32 aufgenommen ist. Dieses ist zweiteilig mit einem Steuerkolben 34 und einer Düsen-
 5 nadel 36 ausgebildet.

[0022] Die Düsennadel 36 weist an ihrem in Figur 2 unteren Ende eine konische Druckfläche 38a auf, die einen Druckraum 40 begrenzt. Die Düsennadel 36 arbeitet im Bereich der Druckfläche 38a auf in Figur 2 nicht näher dargestellte Art und Weise mit einem gehäuseseitigen Ventilsitz zusammen. Auf diese Weise können Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 vom Druckraum 40 getrennt oder mit diesem verbunden werden. Dabei versteht sich, dass
 10 dann, wenn die Düsennadel 36 mit der Druckfläche 38a am gehäuseseitigen Ventilsitz anliegt, nur ein stromaufwärts vom Ventilsitz liegender Bereich der Druckfläche 38a vom im Druckraum 40 herrschenden Druck beaufschlagt wird. Erst dann, wenn die Düsennadel 36 vom Ventilsitz abhebt, liegt auch an einem stromabwärts vom Ventilsitz liegenden Bereich der Druckfläche 38a ein erhöhter Druck an. Dies ist jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur nicht gezeigt.

[0023] Die Düsennadel 36 weist einen Abschnitt 44 mit kleinerem und einen Abschnitt 46 mit größerem Durchmesser auf. Zwischen diesen ist ein Absatz vorhanden, der ebenfalls eine in Öffnungsrichtung des Ventilelements 32 wirkende Druckfläche bildet, die das Bezugszeichen 38b trägt. Mit dem Abschnitt 46 ist die Düsen-
 15 nadel 36 im Düsenkörper 24 längsverschieblich geführt.

[0024] Der Steuerkolben 34 ist im Hauptkörper 26 geführt. Sein unteres Ende reicht mit einer im vorliegenden Ausführungsbeispiel konisch angefasten Endfläche 48 in eine Erweiterung der Ausnehmung 30, die einen Koppelraum 50 bildet. Auf diesen wird weiter unten noch stärker im Detail eingegangen werden. In den Koppelraum 50 ragt auch eine in Figur 2 obere axiale Endfläche 51 der Düsennadel 36. Das in Figur 2 obere Ende des Steuerkolbens 34 reicht in einen erweiterten Bereich der Ausnehmung 30, so dass in diesem Bereich zwischen dem Ventilelement 32 und der Wand der Ausnehmung 30 ein Ringraum 52 gebildet wird. Auf den in Figur 2 oberen Endbereich des Steuerkolbens 34 ist eine Hülse 54 aufgeschoben, die von einer Feder 55, die sich über einen Ringbund 56 am Steuerkolben 34 abstützt, mit einer Dichtkante (ohne Bezugszeichen) gegen den Endkörper 28 gedrückt wird.
 20
 25
 30

[0025] Die in Figur 2 obere axiale Endfläche des Steuerkolbens 34 bildet eine in Schließrichtung des Ventilelements 32 wirkende hydraulische Steuerfläche 58. Sie begrenzt zusammen mit der Hülse 54 und dem Endkörper 28 einen Stellerraum 60. Dieser ist über eine Zulaufdrossel 62, die in der Hülse 54 vorhanden ist, mit dem Ringraum 52 verbunden. Ferner ist der Stellerraum 60
 35
 40
 45

durch eine kombinierte Zulauf- und Ablaufdrossel 64, die im Endkörper 28 vorhanden ist, mit einem 3/2-Schaltventil 66 verbunden. Je nach Schaltstellung verbindet dieses die Zulauf- und Ablaufdrossel 64 wahlweise mit dem Hochdruckanschluss 17 oder mit dem Niederdruckanschluss 21. Der Ringraum 52 ist über einen Kanal 68 ebenso ständig mit dem Hochdruckanschluss 17 verbunden wie der Druckraum 40 über einen Kanal 70.

[0026] Man beachte, dass bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel der Abschnitt 46 der Düsennadel 36 den gleichen Durchmesser D1 aufweist wie der Steuerkolben 34 (Durchmesser D2 und D3). Hieraus ergibt sich auch, dass die beiden Druckflächen 38a (stromaufwärts und stromabwärts vom Ventilsitz) und 38b, auf eine Ebene senkrecht zur Längsachse des Ventilelements 32 projiziert, bei vom Ventilsitz abgehobenem Ventilelement in der Summe die gleiche hydraulisch wirk-same Fläche bilden wie die Steuerfläche 58.

[0027] Die in Figur 2 dargestellte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 18 arbeitet folgendermaßen: Im Ausgangszustand, bei stromlosem Schaltventil 66, ist der Stellerraum 60 über die kombinierte Zulauf- und Ablaufdrossel 64 sowie die Zulaufdrossel 62 mit dem Hochdruckanschluss 17 und somit mit dem Rail 16 verbunden. Im Stellerraum 60 herrscht somit der hohe Raildruck. Dieser herrscht über den Kanal 68 auch im Ringraum 52 und über den Kanal 70 auch im Druckraum 40. Aufgrund gewisser nicht vermeidbarer Leckagen durch die Führung der Düsennadel 36 im Düsenkörper 24 und des Steuerkolbens 34 im Hauptkörper 26 herrscht auch im Koppelraum 50 Raildruck.
 30
 35

[0028] Da, wie oben bereits erwähnt wurde, bei geschlossenem Ventilelement 32 nur ein Teil der Druckfläche 38a von dem im Druckraum 40 herrschenden hohen Druck beaufschlagt wird, ergibt sich in der Summe mit der Druckfläche 38b eine etwas geringere in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Kraft als die an der Steuerfläche 58 in Schließrichtung wirkende Kraft. Durch diese Kraftdifferenz und durch die Feder 55 wird das Ventilelement 32 gegen den Ventilsitz im Bereich der Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 gedrückt (dabei liegt der Steuerkolben 34 mit seiner Endfläche 48 an der Endfläche 51 der Düsennadel 36 an). Kraftstoff kann somit durch die Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 nicht austreten.
 40
 45

[0029] Wird nun das Schaltventil 66 bestromt, wird die Verbindung der kombinierten Zulauf- und Ablaufdrossel 64 zum Hochdruckanschluss 17 unterbrochen und diese stattdessen mit dem Niederdruckanschluss 21 verbunden. Durch die Drosselwirkung der kombinierten Zulauf- und Ablaufdrossel 64 und der Zulaufdrossel 62 sinkt der Druck im Stellerraum 60 ab.

[0030] Aufgrund der Druck- und Kraftdifferenz zwischen der Endfläche 48 und der Steuerfläche 58 des Steuerkolbens 34 beginnt sich der Steuerkolben 34 nun, entgegen der Kraft der Feder 55, in Figur 2 nach oben zu bewegen. Damit sinkt durch die Volumenvergrößerung der Druck im Koppelraum 50. Durch die sich nun
 50
 55

einstellende Druck- beziehungsweise Kraftdifferenz zwischen der Endfläche 51 und der Druckfläche 38a und 38b bewegt sich auch die Düsenadel 36 in Figur 2 nach oben, sie hebt also von ihrem Ventilsitz im Bereich der Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 ab, so dass nun auch der stromabwärts vom Ventilsitz liegende Bereich der Druckfläche 38a in Öffnungsrichtung wirkt, was den Öffnungsvorgang unterstützt. Somit kann Kraftstoff vom Rail 16 über den Hochdruckanschluss 17, den Kanal 68, den Ringraum 52, den Kanal 70 und den Druckraum 40 über die Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 in den Brennraum 20 eingespritzt werden.

[0031] Zur Beendigung einer Einspritzung wird das Schaltventil 66 wieder in seine geschlossene Stellung gebracht, in welcher die Zulauf- und Ablaufdrossel 64 mit dem Hochdruckanschluss 17 verbunden ist. Der Druck im Steuerraum 60 steigt nun wieder auf Raildruck an. Hierdurch wird der Steuerkolben 34 angehalten und wieder in Schließrichtung bewegt, da der Druck im Koppelraum 50 zunächst geringer ist als im Steuerraum 60. In der Folge steigt der Druck im Koppelraum 50 wegen der Volumenverkleinerung bis auf Raildruck an.

[0032] In dem vorliegend betrachteten Fall, in dem der Steuerkolben 34 den gleichen Durchmesser D2 aufweist wie der Abschnitt 46 der Düsenadel (Durchmesser D1), setzt der Steuerkolben 34 erst jetzt wieder mit der Endfläche 48 auf der Endfläche 51 der Düsenadel 36 auf. Mittels der Feder 55 wird nun das an sich druckausgeglichene Ventilelement 32 geschlossen. Mit abnehmendem Hub des Ventilelements 32 beginnt die Düsenadel 36 die Strömung im Bereich der Druckfläche 38a zu drosseln, wodurch der dort anliegende Druck absinkt. Hierdurch wird das Schließen des Ventilelements 32 hydraulisch unterstützt. Sobald die Düsenadel 36 wieder am Ventilsitz im Bereich der Kraftstoff-Austrittsöffnungen 42 anliegt, ist die Einspritzung beendet.

[0033] Aus der obigen Funktionsbeschreibung erkennt man, dass durch den Koppelraum 50 die Düsenadel 36 hydraulisch mit dem Steuerkolben 34 gekoppelt ist. Die Endfläche 48, der Koppelraum 50 und die Endfläche 51 bilden insoweit insgesamt einen hydraulischen Koppler 71. Man erkennt ferner, dass zwischen dem Druckraum 40 und dem Steuerraum 60 in Form des Ringraums 52 und des Koppelraums 50 nur solche, das Ventilelement 32 umgebende Räume vorhanden sind, in denen wenigstens zeitweise und wenigstens in etwa der auch am Hochdruckanschluss 17 beziehungsweise im Rail 16 anliegende hohe Raildruck herrscht. Das Ventilelement 32 "schwimmt" also in Kraftstoff mit hohem Druck.

[0034] In Figur 3 ist eine alternative Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 18 gezeigt. Dabei gilt hier sowie bei den nachfolgenden Ausführungsbeispielen, dass solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu vorab beschriebenen Elementen und Bereiche aufweisen, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert sind. Der Einfachheit halber sind ferner nicht alle Bezugs-

zeichen eingetragen.

[0035] Im Unterschied zu dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Schaltventil 66 bei der in Figur 3 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung als 2/2-Schaltventil ausführt. Mit diesem kann der Steuerraum 60 über die in diesem Fall nur als Ablaufdrossel 64 ausgebildete Einrichtung entweder mit dem Niederdruckanschluss 21 verbunden oder von diesem getrennt werden. Darüber hinaus ist im Kanal 70, welcher den Ringraum 52 mit dem Druckraum 40 verbindet, eine Drossel 72 vorgesehen. In der Folge liegt der Druck im Druckraum 40 bei geöffnetem Ventilelement 32 etwas unterhalb des Raildrucks. Auf diese Weise wird der Schließvorgang des Ventilelements 32 vereinfacht beziehungsweise beschleunigt. Es versteht sich, dass die Drossel 72 auch an anderer Stelle zwischen Hochdruckanschluss 17 und Druckraum 40 angeordnet sein kann, beispielsweise im Kanal 68.

[0036] Bei der in Figur 4 dargestellten Ausführungsform sind die Durchmesser D2 und D3 des Steuerkolbens 34 größer als der Durchmesser D1 des Abschnitts 46 der Düsenadel 36. Dies hat zur Folge, dass während des Öffnungsvorganges, also bei geöffnetem Schaltventil 66, der Druck im Koppelraum 50 sinkt und die Düsenadel 36 sehr schnell wieder in Anlage an den Steuerkolben 34 gelangt. Außerdem wird hierdurch beim Öffnungshub des Ventilelements 32 durch den hydraulischen Koppler 71 eine in Schließrichtung auf den Steuerkolben 34 wirkende "hydraulische Feder" gespannt, die den anschließenden Schließvorgang auch bei in geöffnetem Zustand an sich druckausgeglichener Ventilelement 32 unterstützt.

[0037] Bei der in Figur 5 dargestellten Ausführungsform ist der Koppelraum 50 nicht zwischen Ventilelement 32 und Gehäuse 22, sondern zwischen Ventilelement 32 und einer zusätzlichen Hülse 74 gebildet. Diese wird von einer Feder 76, die sich am Hauptkörper 26 abstützt, gegen den Düsenkörper 24 beaufschlagt. Außerdem hat der Steuerkolben 34 in Figur 5 oberhalb des Ringbunds 56 einen größeren Durchmesser D3 als unterhalb des Ringbunds 56 (Durchmesser D2). Dies gestattet einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Abstimmung der Schließ- und Öffnungseigenschaften der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 18. Die Hülse 74 gestattet eine deutliche Vergrößerung des Ringraums 52, was die Herstellung und Ausgestaltung des Hauptkörpers 26 vereinfacht. Darüber hinaus sorgt das vergrößerte Volumen des Ringraums 52 für eine verbesserte Dämpfungseigenschaft, beispielsweise zum Dämpfen von Druckwellen. Ferner ist bei der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform die Hülse 54 einstückig mit dem Endkörper 28.

[0038] In Figur 6 ist eine fünfte Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung dargestellt, die im wesentlichen gleich ist wie bei den Ausführungsformen gemäß den Figuren 2 bis 5, jedoch der Steuerkolben 34 wie die Düsenadel 36 im Düsenkörper 24 geführt ist und nicht im Hauptkörper 26. Dies hat den Vorteil, dass die Führungen für die Düsenadel 36 und den Steuer-

kolben 34, die durch eine Bohrung 25 im Düsenkörper 24 gebildet sind, mit hoher Genauigkeit gefertigt werden können. Der Durchmesser D1 der Düsenadel 36 und der Durchmesser D2 des Steuerkolbens 34 können gleich oder unterschiedlich sein, wodurch das Volumen des Koppelraums 50 variiert werden kann. Durch einen am Steuerkolben 34 oder an der Düsenadel 36 vorgesehenen, im Durchmesser verringerten Abschnitt kann das Volumen des Koppelraums 50 ebenfalls variiert werden, wodurch das Verhalten des Kopplers 71 beeinflusst werden kann.

[0039] In Figur 7 ist eine sechste Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung dargestellt, bei der der grundsätzliche Aufbau gleich ist wie bei der Ausführungsform gemäß Figur 5, bei der jedoch eine zusätzliche Drossel 86 vorgesehen ist, die in der Verbindung des Druckraums 40 mit dem Hochdruckanschluss 17 angeordnet ist. Bei der Ausführung gemäß Figur 7 ist die zusätzliche Drossel 86 in einer zum Druckraum 40 führenden Verzweigung des Kanals 68 angeordnet, wobei vom Kanal 68 stromaufwärts vor der zusätzlichen Drossel 86 die Verbindung in den Steuerraum 60 abführt, in der die Zulaufdrossel 62 angeordnet ist. Zwischen der Hülse 54 und dem Hauptkörper 26 ist dabei ein Dichtelement 86 angeordnet, durch das der Ringraum 52 in zwei voneinander getrennte Ringraumbereiche 52a und 52b unterteilt wird. Die Verbindung zum Steuerraum 60 führt durch den Ringraumbereich 52a und die Zulaufdrossel 62 in der Hülse 54 in den Steuerraum 60. Die zusätzliche Drossel 86 ist somit nur in der Verbindung zum Druckraum 40 wirksam, die in den Ringraumbereich 52b mündet und von dort in den Druckraum 40 weiterführt.

[0040] Bei einer in Figur 8 dargestellten, gegenüber Figur 7 modifizierten Ausführung ist vorgesehen, dass der Ringraum 52 durch ein zwischen dem Hauptkörper 26 und der Hülse 54 eingespanntes Dichtelement 87 in zwei voneinander getrennte Ringraumbereiche 52a und 52b unterteilt ist. Der Steuerkolben 34 weist an seinem in der Hülse 54 angeordneten Ende einen vergrößerten Durchmesser D4 auf, über den der Steuerkolben 34 in der Hülse 54 geführt ist. Zwischen dem übrigen in der Hülse 54 angeordneten Schaft des Steuerkolbens 34 und der Hülse 54 ist somit ein Ringspalt vorhanden. Der Hochdruckanschluss 17 mündet in den Ringraumbereich 52a, von dem die Verbindung in den Steuerraum 60 mit der Zulaufdrossel 62 abführt. Vom Ringraumbereich 52a führt außerdem über die zusätzliche Drossel 86 eine Verbindung in den Ringspalt zwischen dem Schaft des Steuerkolbens 34 und der Hülse 54 ab, wobei der Ringspalt mit dem Ringraumbereich 52b in Verbindung steht. Die Verbindung des Ringraumbereichs 52b und damit des Druckraums 40 mit dem Hochdruckanschluss 17 erfolgt somit über die zusätzliche Drossel 86, die jedoch für die Verbindung des Steuerraums 60 mit dem Hochdruckanschluss 17 nicht wirksam ist.

[0041] In Figur 9 ist eine weitere Ausführungsform der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung dargestellt, die insbesondere für die Ausführungsform gemäß Figur 8 jedoch auch

für alle anderen vorstehend erläuterten Ausführungsformen geeignet ist. In Figur 9 ist die Hülse 54 dargestellt, in der der Steuerkolben 34 mit seinem im Durchmesser vergrößerten Ende geführt ist. Die Zulaufdrossel 62 ist dabei durch mehrere, beispielsweise etwa 4 bis 9, im Durchmesser sehr kleine Bohrungen 63 gebildet, die vorzugsweise durch Laserbohren in die Hülse 54 eingebracht sind. Die Bohrungen 63 sind über den Umfang der Hülse 54 verteilt angeordnet und der Durchmesser der Bohrungen 63 kann etwa 0,1 mm betragen. Der Ein- und/oder Auslaufbereich der Bohrungen 63 kann gerundet sein, beispielsweise mittels eines hydroerosiven Verfahrens. Die Bohrungen 63 haben zusätzlich zur Drosselfunktion auch die Funktion eines Filters, so dass ein zusätzlicher Filter im Bereich des Hochdruckanschlusses 17 gegebenenfalls entfallen kann. Ein Verstopfen der Zulaufdrossel 62 ist dabei wegen der mehrfach vorhandenen Bohrungen 63 unwahrscheinlich. Auch die zusätzliche Drossel 86 in der Verbindung zum Druckraum 40 kann durch mehrere Bohrungen 88 mit kleinem Durchmesser in der Hülse 54 gebildet sein, wie dies in Figur 9 dargestellt ist. Zur Bildung der Drossel 86 können beispielsweise etwa 20 bis 50 Bohrungen 88 vorgesehen sein, die jeweils einen Durchmesser von etwa 0,1 mm aufweisen können. Die Bohrungen 88 sind über den Umfang der Hülse 54 verteilt angeordnet. In Figur 9 ist außerdem auch das Dichtelement 87 dargestellt, durch das die beiden Ringraumbereiche 52a und 52b gemäß Figur 8 voneinander getrennt werden.

Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) für eine Brennkraftmaschine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse (22) und einem in dem Gehäuse (22) angeordneten Ventilelement (32), welches mit einem im Bereich mindestens einer Kraftstoff-Austrittsöffnung (42) liegenden Ventilsitz zusammenarbeitet, wobei das Ventilelement (32) mehrteilig ausgeführt ist (34, 36), **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Teile (34, 36) des Ventilelements (32) über einen hydraulischen Koppler (71) miteinander gekoppelt sind und dass das Ventilelement (32) eine hydraulische Steuerfläche (58) aufweist, die einen Steuerraum (60) begrenzt, in dem im Betrieb ein variabler Steuerdruck herrscht.
2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventilelement (32) eine hydraulische Druckfläche (38) aufweist, die einen Druckraum (40) begrenzt, der mit einem Hochdruckanschluss (17) verbunden ist, und dass sie so ausgebildet ist, dass in zwischen Steuerraum (60) und Druckraum (40) liegenden Räumen (50, 52), die das Ventilelement (32) umgeben, im Betrieb wenigstens zeitweise und wenigstens in etwa der am Hochdruckanschluss (17) herrschende

hohe Kraftstoffdruck herrscht.

3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kopfelraum (50) des hydraulischen Kopplers (71) von einem mit dem Hochdruckanschluss (17) verbundenen Hochdruckraum (52) durch eine Hülse (74) abgetrennt ist. 5
4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Teile (34,36) des Ventilelements (32) in demselben Gehäuseteil (24) der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) geführt sind. 10
5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die im hydraulischen Koppler (71) liegenden hydraulisch wirksamen Endflächen (48, 51) der beiden Teile (34, 36) des Ventilelements (32) unterschiedlich groß sind. 15
6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die im hydraulischen Koppler (71) liegende hydraulisch wirksame Endfläche (48) des Teils (34) des Ventilelements (32), das von einer Kraftstoff-Austrittsöffnung (42) entfernt angeordnet ist, größer ist als die im hydraulischen Koppler (71) liegende hydraulisch wirksame Endfläche (51) des anderen Teils (36). 20
7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei geöffnetem Ventilelement (32) hydraulisch wirksame Druckfläche (38) und die hydraulisch wirksame Steuerfläche (58) wenigstens in etwa gleich groß sind. 25
8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulisch wirksame Steuerfläche (58) größer ist als die bei geöffnetem Ventilelement (32) hydraulisch wirksame Druckfläche (38). 30
9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckraum (40) mit dem Hochdruckanschluss (17) über eine Strömungsdrössel (72) verbunden ist. 35
10. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerraum (60) über eine Strömungsdrössel (62) wenigstens mittelbar mit dem Hochdruckanschluss (17) verbunden ist, und ein elektromagnetisches Schaltventil (66) vorhanden ist, welches den Steuerraum (60) mit einem Niederdruckanschluss (21) verbinden kann. 40

11. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltventil (66) den Steuerraum (60) entweder mit dem Niederdruckanschluss (21) oder dem Hochdruckanschluss (17) verbinden kann. 45

12. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsdrössel (62;72) durch mehrere Bohrungen (63;88) mit kleinem Durchmesser gebildet ist. 50

Claims

1. Fuel injection device (18) for an internal combustion engine with direct fuel injection, having a housing (22) and having a valve element (32) which is arranged in the housing (22) and which interacts with a valve seat situated in the region of at least one fuel outlet opening (42), with the valve element (32) being of multi-part design (34, 36), **characterized in that** at least two parts (34, 36) of the valve element (32) are coupled to one another by means of a hydraulic coupler (71) and **in that** the valve element (32) has a hydraulic control surface (58) which delimits a control chamber (60) in which a variable control pressure prevails during operation. 55
2. Fuel injection device (18) according to Claim 1, **characterized in that** the valve element (32) has a hydraulic pressure surface (38) which delimits a pressure chamber (40) which is connected to a high-pressure port (17), and **in that** said fuel injection device (18) is designed such that, during operation, at least approximately the high fuel pressure prevailing at the high-pressure port (17) prevails at least at times in chambers (50, 52) which are situated between the control chamber (60) and the pressure chamber (40) and which surround the valve element (32).
3. Fuel injection device (18) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a coupling chamber (50) of the hydraulic coupler (71) is separated by means of a sleeve (74) from a high-pressure chamber (52) which is connected to the high-pressure port (17).
4. Fuel injection device (18) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least two parts (34, 36) of the valve element (32) are guided in the same housing part (24) of the fuel injection device (18).
5. Fuel injection device (18) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hydraulically acting end surfaces (48, 51), which are situated in the hydraulic coupler (71), of the two parts (34, 36) of the valve element (32) are of different sizes.

6. Fuel injection device (18) according to Claim 5, **characterized in that** the hydraulically acting end surface (48), which is situated in the hydraulic coupler (71), of that part (34) of the valve element (32) which is arranged remote from a fuel outlet opening (42) is larger than the hydraulically acting end surface (51), which is situated in the hydraulic coupler (71), of the other part (36). 5
7. Fuel injection device (18) according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that** the pressure surface (38) which is hydraulically active when the valve element (32) is open and the hydraulically acting control surface (58) are of at least approximately the same size. 10 15
8. Fuel injection device (18) according to one of Claims 2 to 6, **characterized in that** the hydraulically acting control surface (58) is larger than the pressure surface (38) which is hydraulically active when the valve element (32) is open. 20
9. Fuel injection device (18) according to one of Claims 2 to 8, **characterized in that** the pressure chamber (40) is connected to the high-pressure port (17) via a flow throttle (72). 25
10. Fuel injection device (18) according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the control chamber (60) is connected at least indirectly to the high-pressure port (17) via a flow throttle (62), and an electromagnetic switching valve (66) is provided which can connect the control chamber (60) to a low-pressure port (21). 30
11. Fuel injection device (18) according to Claim 10, **characterized in that** the switching valve (66) can connect the control chamber (60) either to the low-pressure port (21) or to the high-pressure port (17). 35 40
12. Fuel injection device (18) according to one of Claims 8 to 11, **characterized in that** the flow throttle (62; 72) is formed by a plurality of small-diameter bores (63; 88). 45

Revendications

1. Dispositif d'injection de carburant (18) pour un moteur à combustion interne comprenant une injection directe de carburant, comprenant un boîtier (22) et un élément de soupape (32) disposé dans le boîtier (22), qui coopère avec un siège de soupape situé dans la région d'au moins une ouverture de sortie de carburant (42), l'élément de soupape (32) étant réalisé en plusieurs parties (34, 36), **caractérisé en ce qu'**au moins deux parties (34, 36) de l'élément de soupape (32) sont accouplées l'une à l'autre par 50 55

le biais d'un coupleur hydraulique (71), et **en ce que** l'élément de soupape (32) présente une surface de commande hydraulique (58) qui limite un espace de commande (60) dans lequel règne une pression de commande variable pendant le fonctionnement.

2. Dispositif d'injection de carburant (18) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément de soupape (32) présente une surface de pression hydraulique (38) qui limite un espace de pression (40) qui est connecté à un raccord haute pression (17) et **en ce qu'**il est réalisé de telle sorte que dans les espaces (50, 52) situés entre l'espace de commande (60) et l'espace de pression (40), qui entourent l'élément de soupape (32), il règne pendant le fonctionnement une pression de carburant élevée au moins temporaire et au moins approximativement égale à la pression régnant au niveau du raccord haute pression (17).
3. Dispositif d'injection de carburant (18) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**un espace de couplage (50) du coupleur hydraulique (71) est séparé par une douille (74) d'un espace haute pression (52) connecté au raccord haute pression (17).
4. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les au moins deux parties (34, 36) de l'élément de soupape (32) sont guidées dans la même partie de boîtier (24) du dispositif d'injection de carburant (18).
5. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les surfaces de bout (48, 51) des deux parties (34, 36) de l'élément de soupape (32), agissant hydrauliquement et situées dans le coupleur hydraulique (71), ont des tailles différentes.
6. Dispositif d'injection de carburant (18) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la surface de bout (48) de la partie (34) de l'élément de soupape (32) qui est disposée à distance d'une ouverture de sortie de carburant (42), agissant hydrauliquement et située dans le coupleur hydraulique (71), est supérieure à la surface de bout (51) de l'autre partie (36), agissant hydrauliquement et située dans le coupleur hydraulique (71).
7. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** la surface de pression (38) agissant hydrauliquement lorsque l'élément de soupape (32) est ouvert, et la surface de commande (58) agissant hydrauliquement, sont au moins approximativement de même taille.

8. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** la surface de commande (58) agissant hydrauliquement est supérieure à la surface de pression (38) agissant hydrauliquement lorsque l'élément de soupape est ouvert (32). 5
9. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, **caractérisé en ce que** l'espace de pression (40) est connecté au raccord haute pression (17) par le biais d'un étranglement d'écoulement (72). 10
10. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'espace de commande (60) est connecté par le biais d'un étranglement d'écoulement (62) au moins de manière indirecte au raccord haute pression (17), et une soupape de commutation électromagnétique (66) est prévue, laquelle peut connecter l'espace de commande (60) à un raccord basse pression (21). 15 20
11. Dispositif d'injection de carburant (18) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la soupape de commutation (66) peut connecter l'espace de commande (60) soit au raccord basse pression (21) soit au raccord haute pression (17). 25
12. Dispositif d'injection de carburant (18) selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** l'étranglement d'écoulement (62 ; 72) est formé par plusieurs alésages (63 ; 88) de petit diamètre. 30 35

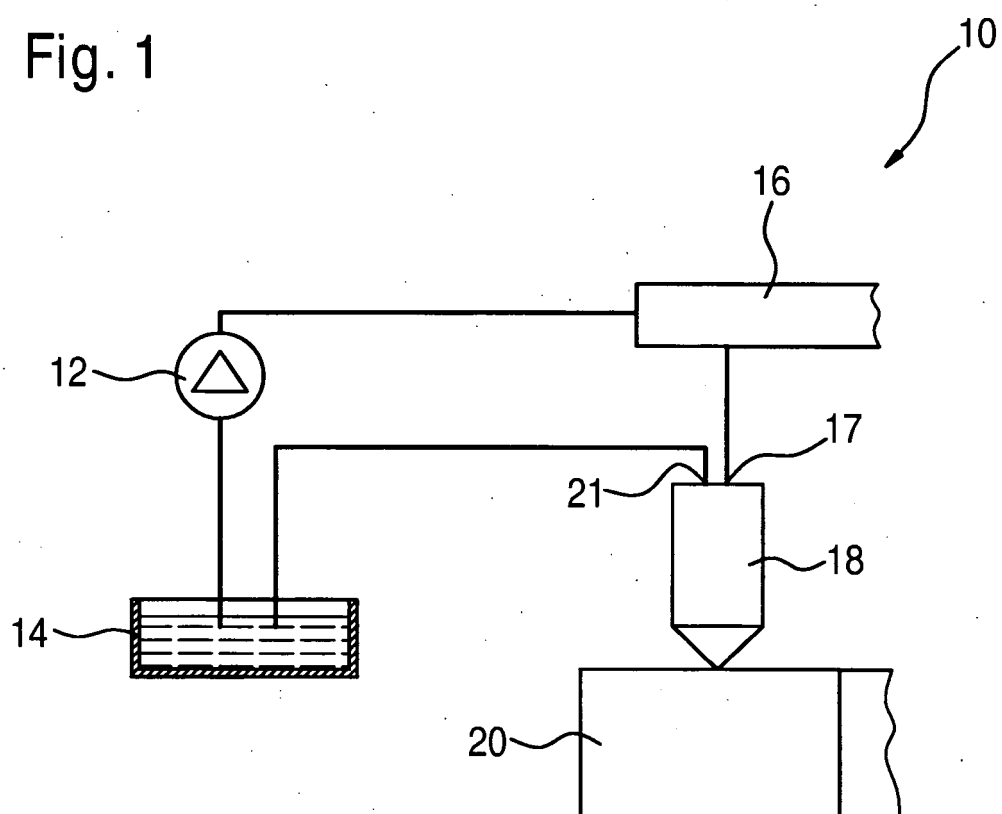
40

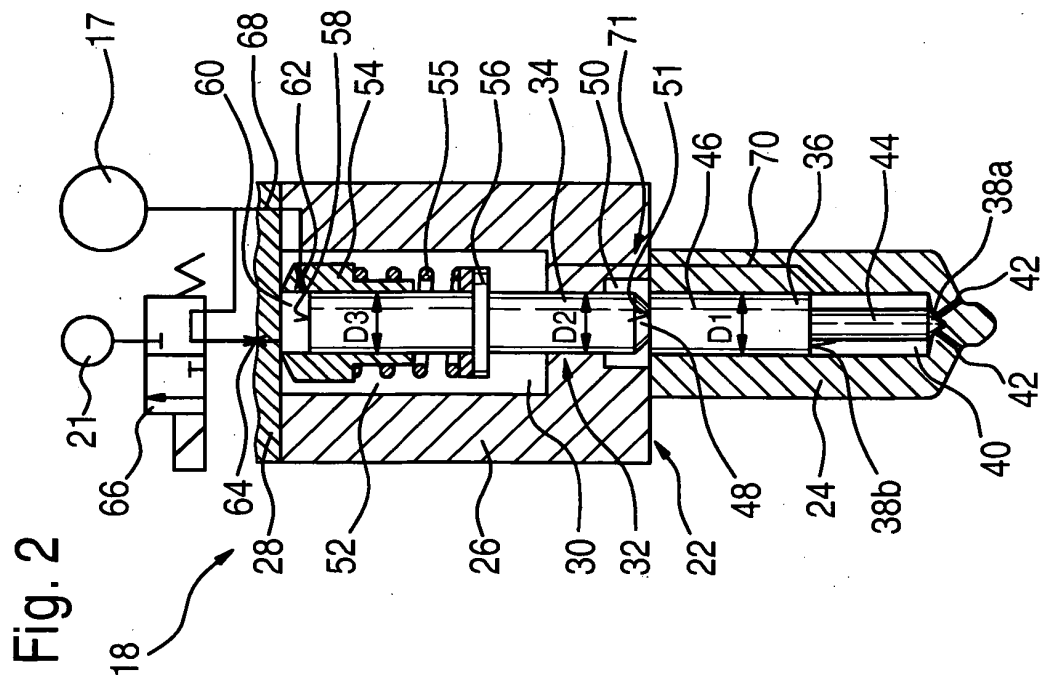
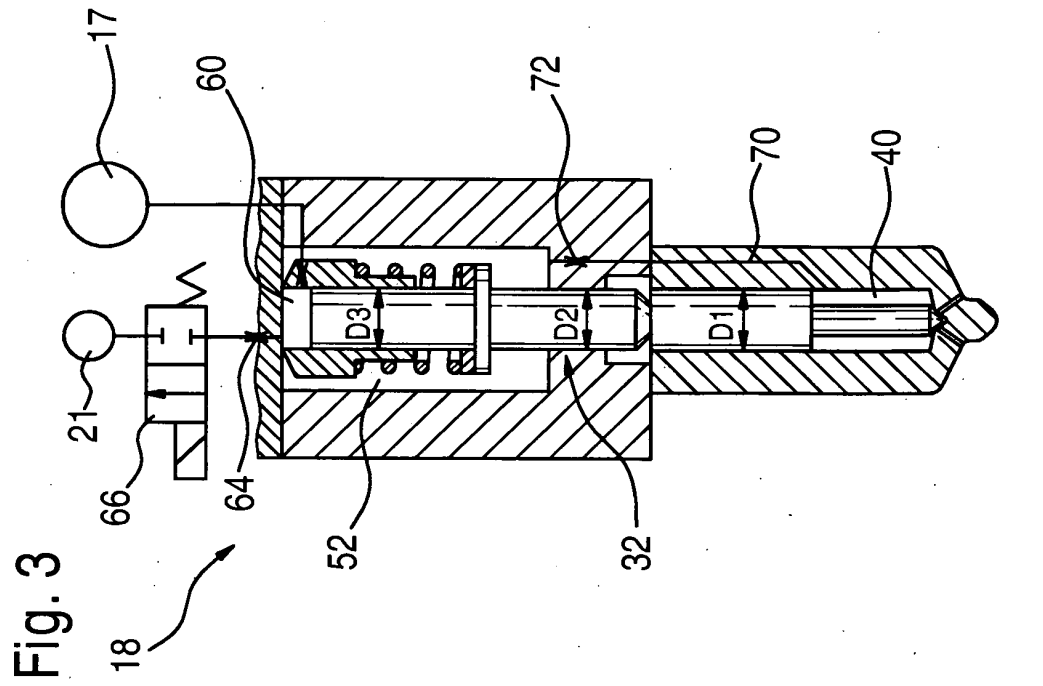
45

50

55

Fig. 1





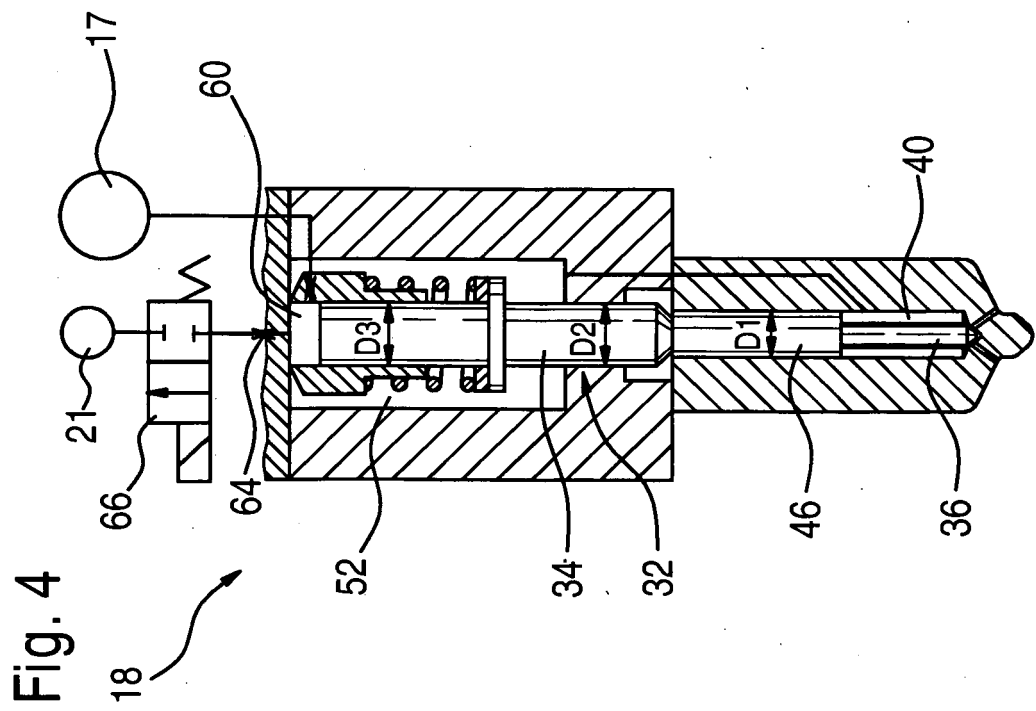
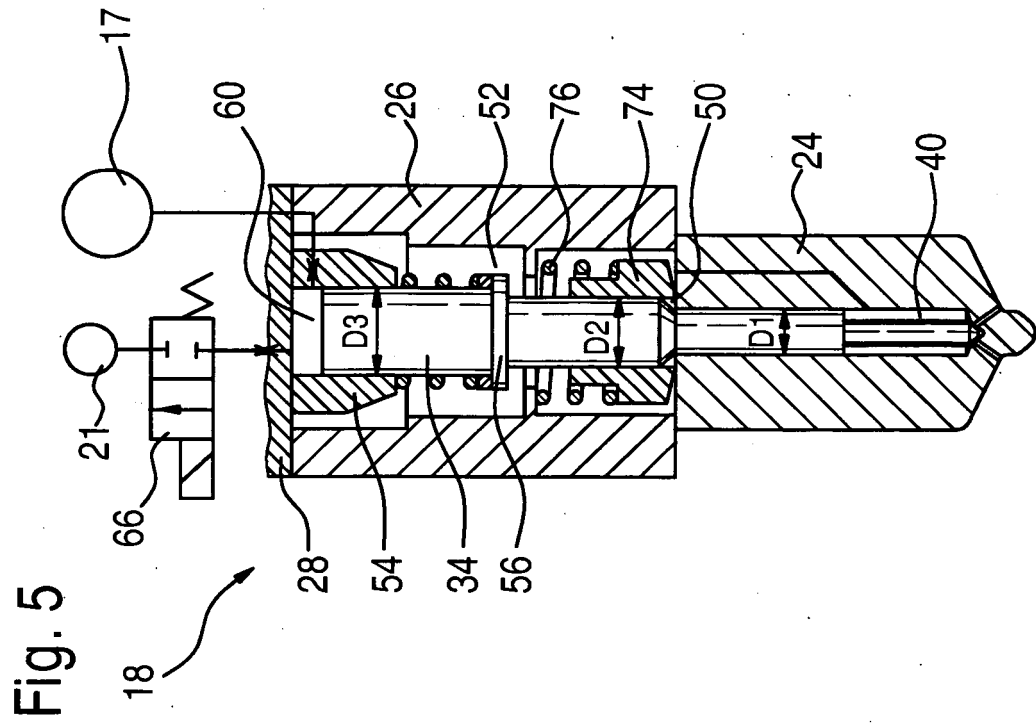


Fig. 6

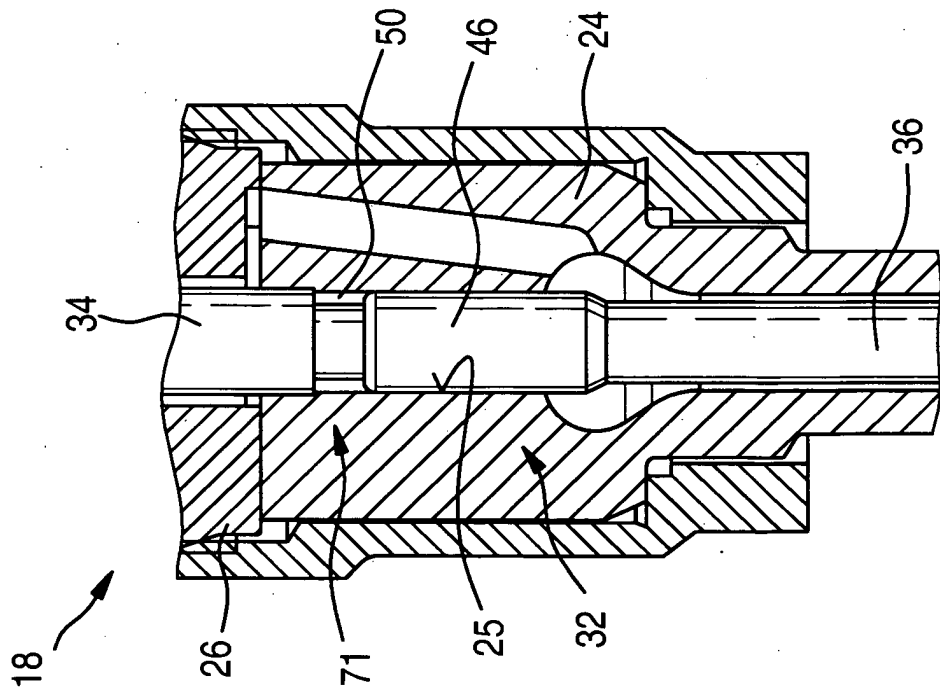


Fig. 7

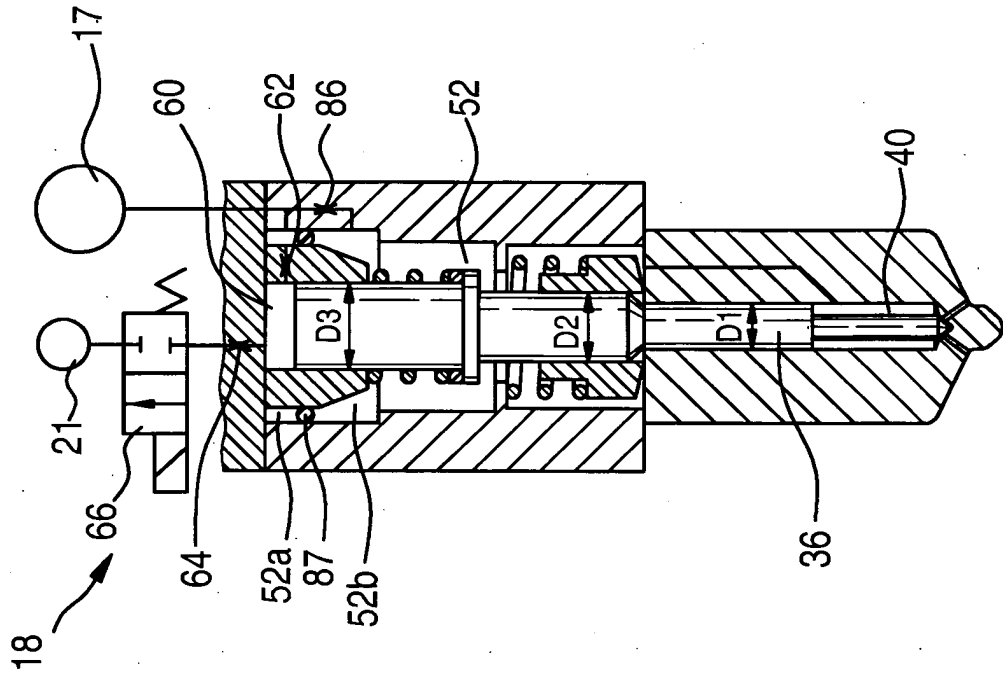


Fig. 8

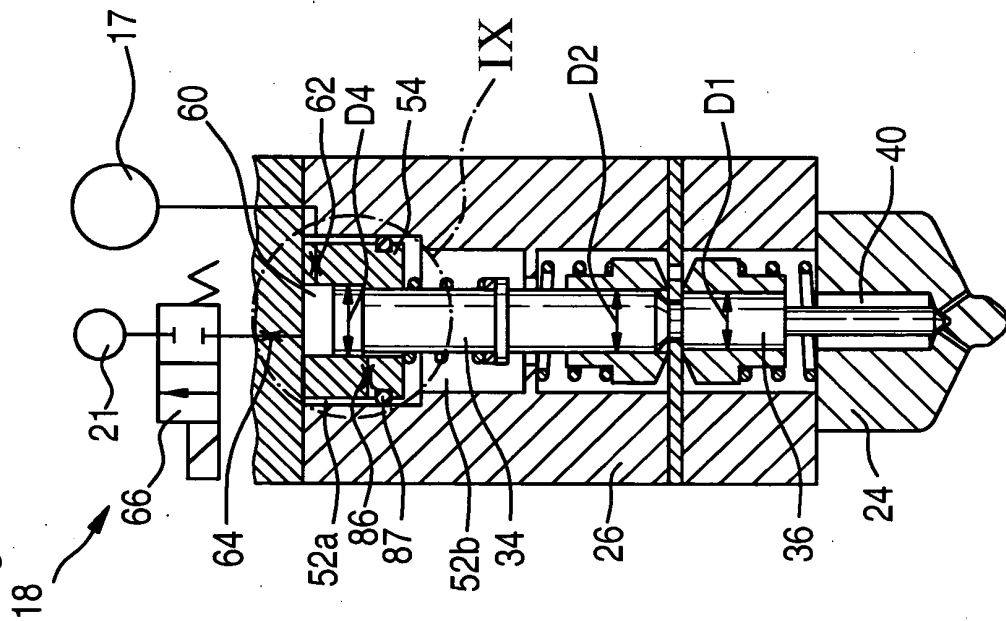
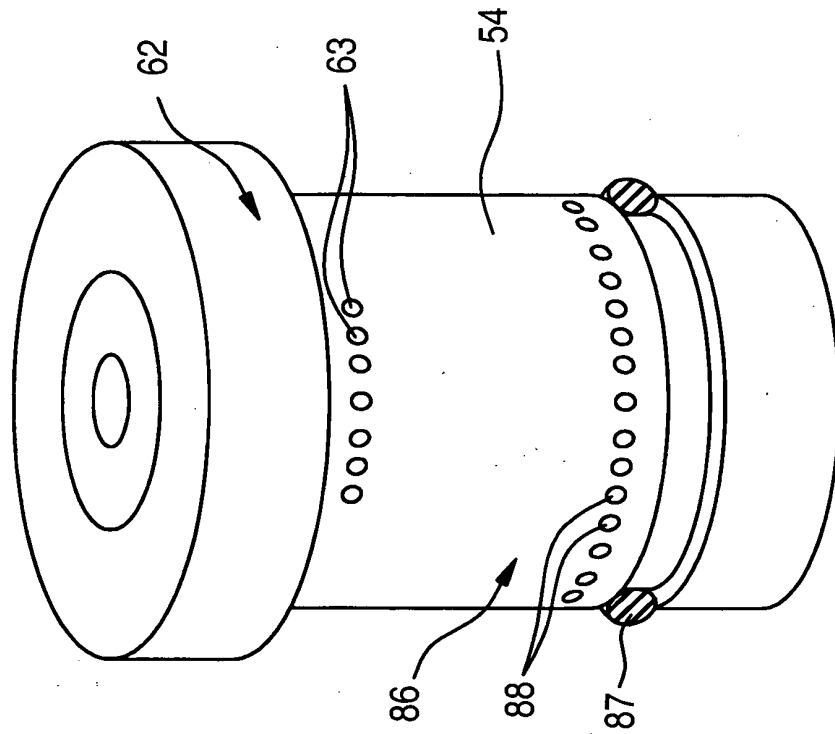


Fig. 9



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

- US 20040154562 A1 [0005]
- WO 2003064847 A1 [0005]
- DE 10217594 A1 [0005]
- DE 10225686 A1 [0005]
- DE 102004002299 A1 [0005]
- DE 10164123 A1 [0006]
- US 6547213 B1 [0007]