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

(11) **EP 2 743 493 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.06.2014 Patentblatt 2014/25

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

(21) Anmeldenummer: **13189766.2**

(22) Anmeldetag: **22.10.2013**

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

(30) Priorität: **14.12.2012 DE 102012223166**

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

(72) Erfinder:
- **Kreschel, Henning**
  71640 Ludwigsburg (DE)
- **Grimminger, Christian**
  71229 Leonberg (DE)
- **Rapp, Holger**
  71254 Ditzingen (DE)
- **Beier, Marco**
  70469 Stuttgart-Feuerbach (DE)

(54) Kraftstoffinjektor

(57) Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor für ein Kraftstoffeinspritzsystem, insbesondere ein Common-Rail-Einspritzsystem, umfassend ein Steuerventil (1) zur Steuerung der Hubbewegung einer hubbeweglichen Düsennadel (2) zum Freigeben und Verschließen wenigstens einer Einspritzöffnung (3), wobei das der Einspritzöffnung (3) abgewandte Ende der Düsennadel (2) einen Steuerraum (4) begrenzt, welcher zur Beeinflussung eines auf die Düsennadel (2) einwirkenden Steuerraumdrucks über eine Zulaufdrossel (8) mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff befüllbar und in Offenstellung des Steuerventils (1) über eine Ablaufdrossel (7) entlastbar ist.

Erfindungsgemäß ist stromaufwärts der Zulaufdrossel (8) ein druckbetätigbares weiteres Ventil (9) mit einem verschiebbaren Ventilelement (10) zum Freigeben und Verschließen einer hydraulischen Verbindung der Zulaufdrossel (8) mit einem Hochdruckbereich (11) ausgebildet.

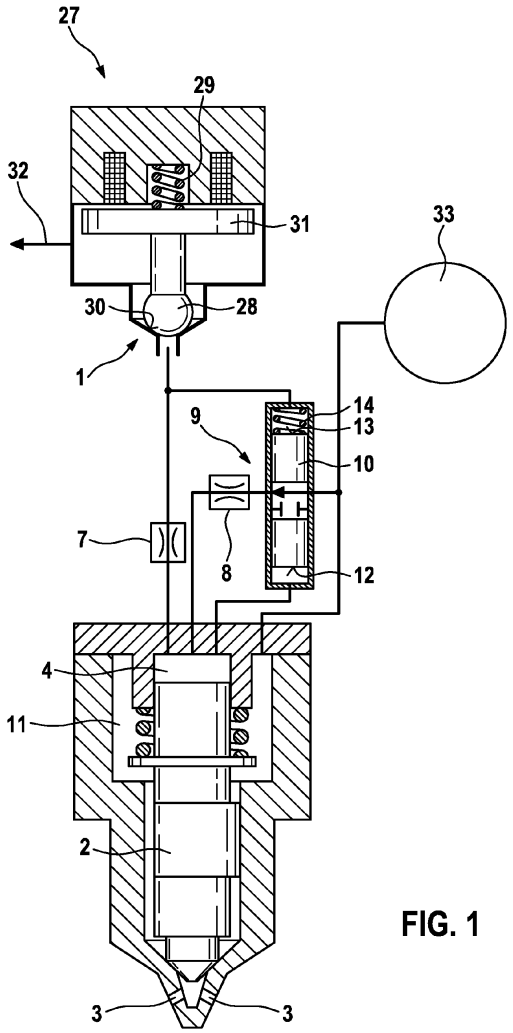

FIG. 1

EP 2 743 493 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor für ein Kraftstoffeinspritzsystem, insbesondere ein Common-Rail-Einspritzsystem, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2006 049 050 A1 geht ein Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine hervor, der ein Injektorgehäuse besitzt, in dem ein Steuerventil zur Ansteuerung eines Einspritzventilgliedes, das mindestens eine Einspritzöffnung freigibt oder verschließt, aufgenommen ist. Der Kraftstoffinjektor wird an seinem Kraftstoffzulauf aus einem Druckspeicher mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff versorgt. Der Druck an diesem Injektoreingang wird im folgenden als "Hochdruck" bezeichnet. Das Steuerventil umfasst ein Steuerventilelement, durch welches eine Verbindung aus einem Steuerraum in einen Kraftstoffrücklauf freigebbar oder verschließbar ist. Ist die Verbindung freigegeben, wird der Steuerraum entlastet und der damit einhergehende Druckabfall im Steuerraum bewirkt ein Öffnen der Düsennadel. Zum Schließen der Düsennadel wird die Verbindung zum Kraftstoffrücklauf wieder verschlossen. Dabei strömt über mindestens ein Drosselelement Kraftstoff aus einem unter Hochdruck stehenden Kraftstoffvolumen in den Steuerraum, was zur Folge hat, dass die Düsennadel wieder in Richtung ihrer Ruheposition verdrängt wird und schließt.

[0003] Da über das mindestens eine Drosselelement konstant eine Verbindung zwischen einem unter Hochdruck stehenden Kraftstoffvolumen und dem Steuerraum besteht, unabhängig davon, ob die Verbindung zum Kraftstoffrücklauf geöffnet oder geschlossen ist, fließt eine nicht unwesentliche Menge an Kraftstoff bei geöffnetem Steuerventil durch den Steuerraum hindurch vom Hochdruckbereich des Injektors zum Kraftstoffrücklauf. Diese durchströmende Kraftstoffmenge trägt nicht direkt zur Injektorfunktion bei, muss aber zusätzlich durch eine Hochdruckpumpe bereitgestellt werden. Die funktional nutzlose, durchströmende Kraftstoffmenge erhöht also die Anforderungen an die Fördermengenkapazität der Hochdruckpumpe und es erhöhen sich deren Antriebsmoment sowie Antriebsleistung. Zugleich verschlechtern sich der Wirkungsgrad des Kraftstoffeinspritzsystems und die CO_2-Bilanz des zugehörigen Fahrzeugs.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen Kraftstoffinjektor der vorstehend genannten Art anzugeben, bei welchem zur Verringerung der dem Kraftstoffrücklauf zugeführten Kraftstoffmenge der Zustrom aus dem unter Hochdruck stehenden Kraftstoffvolumen in den Steuerraum unterbrechbar ist.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe wird der Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Der vorgeschlagene Kraftstoffinjektor umfasst ein Steuerventil zur Steuerung der Hubbewegung einer hubbeweglichen Düsennadel zum Freigeben und Verschließen wenigstens einer Einspritzöffnung, wobei das der Einspritzöffnung abgewandte Ende der Düsennadel einen Steuerraum begrenzt. Der Steuerraum ist zur Beeinflussung eines auf die Düsennadel einwirkenden Steuerraumdrucks über eine Zulaufdrossel mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff befüllbar und in Offenstellung des Steuerventils über eine Ablaufdrossel entlastbar. Erfindungsgemäß ist stromaufwärts der Zulaufdrossel ein druckbetätigbares weiteres Ventil mit einem verschiebbaren Ventilelement zum Freigeben und Verschließen einer hydraulischen Verbindung der Zulaufdrossel mit einem Hochdruckbereich ausgebildet. Durch das weitere stromaufwärts der Zulaufdrossel ausgebildete Ventil kann der Zustrom aus einem unter Hochdruck stehenden Kraftstoffvolumen in den Steuerraum unterbrochen werden. Dies ist dann von Vorteil, wenn das Steuerventil geöffnet und der Steuerraum über die Ablaufdrossel entlastet wird. Denn einerseits wird der Steuerraum schneller entlastet, da keine zusätzliche Menge Kraftstoff in den Steuerraum nachströmt, andererseits wird die Rücklaufmenge reduziert und damit der Wirkungsgrad des Kraftstoffeinspritzsystems erhöht. Da sich der bei geöffnetem Steuerventil durch die Ablaufdrossel fließende Volumenstrom erheblich reduziert, kann die Ablaufdrossel mit einem erheblich verringerten Drosselquerschnitt ausgeführt werden. Indem das weitere Ventil druckbetätigbar ist, kann dieses als einfaches passives Ventil ausgelegt sein, welches unabhängig von einer Aktorik, insbesondere unabhängig von einem zur Betätigung des Steuerventils vorgesehenen Aktor betätigbar ist.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt das Ventilelement des druckbetätigbaren weiteren Ventils eine erste Steuerfläche, an welcher der im Steuerraum herrschende Druck anliegt, und wenigstens eine weitere Steuerfläche, an welcher der stromabwärts der Ablaufdrossel zwischen der Ablaufdrossel und einem Ventilsitz des Steuerventils und/oder der stromaufwärts der Zulaufdrossel zwischen dem weiteren Ventil und der Zulaufdrossel herrschende Druck anliegt. Die erste Steuerfläche begrenzt demnach bevorzugt - gemeinsam mit der Düsennadel - den Steuerraum in axialer Richtung. Die wenigstens eine weitere Steuerfläche begrenzt vorzugsweise einen weiteren Druckraum, der stromabwärts der Ablaufdrossel vor dem Ventilsitz des Steuerventils und/oder stromaufwärts, vorzugsweise unmittelbar stromaufwärts, der Zulaufdrossel ausgebildet ist. Da im Ablaufkanal stromabwärts der Ablaufdrossel und/oder unmittelbar stromaufwärts der Zulaufdrossel ein zumindest zeitweise vom Steuerraumdruck abweichender Druck herrscht bzw. herrschen,

kann über die Druckdifferenz bzw. die Druckdifferenzen zwischen dem Steuerraumdruck und dem Druck bzw. den Drücken im wenigstens einen weiteren Druckraum das weitere Ventil betätigt werden.

[0008] Vorzugsweise bewirkt der Steuerraumdruck eine auf das Ventilelement in Schließrichtung wirkende Kraft, während der Druck im wenigstens einen weiteren Druckraum eine auf das Ventilelement in Öffnungsrichtung wirkende Kraft bewirkt. Wird beispielsweise das Steuerventil geöffnet, fällt der Druck im wenigstens einen weiteren Druckraum, vorzugsweise zwischen der Ablaufdrossel und dem Ventilsitz des Steuerventils, stark ab. Die Druckdifferenz bewirkt, dass das weitere Ventil schließt und keine Verbindung des Steuerraums über die Zulaufdrossel mit dem Hochdruckbereich des Kraftstoffinjektors besteht. Das heißt, dass kein Kraftstoff über die Zulaufdrossel in den Steuerraum nachströmen kann. In der Folge wird die über die Ablaufdrossel abströmende Kraftstoffmenge deutlich reduziert. Lediglich die von der Düsennadel im Zuge ihrer Öffnungsbewegung aus dem Steuerraum verdrängte Kraftstoffmenge muss noch über die Ablaufdrossel aus dem Steuerraum entweichen. Eine vom Hochdruckbereich über Zulauf- und Ablaufdrossel zum Injektorrücklauf fließende Kraftstoffmenge existiert nicht mehr. Die Ablaufdrossel kann in der Folge mit einem erheblich kleineren Drosselquerschnitt ausgelegt werden, ohne dass sich dadurch die Öffnungsgeschwindigkeit der Düsennadel verringert oder der Beginn der Einspritzung verzögert. Schließt das Steuerventil, dann steigt der Druck im wenigstens einen Druckraum zwischen der Ablaufdrossel und dem Steuerventilsitz auf den Steuerraumdruck an. Des weiteren kann die Druckdifferenz zwischen dem Hochdruck und dem Steuerraumdruck eine zusätzliche Öffnungskraft auf das Ventilelement des weiteren Ventils bewirken, so dass dieses nach dem Schließen des Steuerventils sicher zu öffnen beginnt. Über den dadurch entstehenden Druckabfall an der Zulaufdrossel kann dann eine weitere Steigerung der Öffnungskraft auf das Ventilelement bewirkt werden, so dass dieses schnell vollständig öffnet und unmittelbar stromaufwärts der Zulaufdrossel sehr schnell wieder der Hochdruck ungedrosselt ansteht.

[0009] Weiterhin bevorzugt ist das Ventilelement des druckbetätigbaren weiteren Ventils in Schließrichtung von der Federkraft einer Feder beaufschlagt. Die Feder dient der Rückstellung des Ventilelements des weiteren Ventils nach dem Ende einer Einspritzung. Vorzugsweise ist die Feder einerseits am Ventilelement und andererseits an der Düsennadel jeweils unmittelbar oder mittelbar abgestützt. Auf diese Weise kann die Feder zusätzlich zur Beaufschlagung der Düsennadel mit einer vom Hochdruck unabhängigen Schließkraft eingesetzt werden.

[0010] Vorteilhafterweise begrenzt das Ventilelement den Steuerraum in axialer und/oder radialer Richtung. Dies vereinfacht die Ausbildung einer ersten Steuerfläche, an welcher Steuerraumdruck anliegt. Das Ventilelement kann hierzu kolbenförmig ausgebildet sein und/oder einen als Hohlkolben ausgebildeten Abschnitt besitzen. Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass das Ventilelement eine vorzugsweise axial verlaufende Bohrung besitzt, in der die Ablaufdrossel ausgebildet ist. Die Bohrung mündet bevorzugt einerseits in den Steuerraum und andererseits in einen weiteren Druckraum, der von einer weiteren Steuerfläche des Ventilelements begrenzt wird. Die Bohrung verbindet demnach den Steuerraum mit dem weiteren Druckraum. Dieser weitere Druckraum ist vorzugsweise zwischen der Ablaufdrossel und dem Ventilsitz des Steuerventils ausgebildet.

[0011] Als weiterbildende Maßnahme wird vorgeschlagen, dass das Ventilelement eine vorzugsweise radial oder schräg zu einer Längsachse A des Ventilelements verlaufende Zulaufbohrung besitzt, welche den Steuerraum mit einem Druckraum verbindet. Die Zulaufdrossel ist vorzugsweise in der Zulaufbohrung oder stromaufwärts davon außerhalb des Ventilelements ausgebildet. Bevorzugt mündet die radial oder schräg verlaufende Zulaufbohrung einerseits in den Steuerraum stromaufwärts der Ablaufdrossel, andererseits in einen Druckraum, der in Abhängigkeit von der Schaltstellung des weiteren Ventils mit dem Hochdruckbereich des Kraftstoffinjektors verbindbar ist. Unabhängig davon, ob die Zulaufdrossel im Ventilelement in der Zulaufbohrung ausgeführt ist oder stromaufwärts davon außerhalb des Ventilelements, liegt der Dichtsitz des weiteren Ventils, über den die Verbindung zum Hochdruckbereich des Injektors geschaltet wird, stromaufwärts der Zulaufdrossel.

[0012] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Ventilelement zumindest teilweise in einer Führungsbohrung eines Ventilstücks axial verschiebbar aufgenommen, wobei die Führungsbohrung zur Ausbildung wenigstens eines Druckraums und/oder einer mit dem Ventilelement zusammenwirkenden ringförmigen Dichtkante gestuft ausgeführt ist. Die ringförmige Dichtkante dichtet den wenigstens einen weiteren Druckraum gegenüber dem Hochdruckbereich des Kraftstoffinjektors ab, wenn das Ventilelement an der Dichtkante anliegt. Alternativ kann die ringförmige Dichtkante auch am Ventilelement angeordnet sein und mit einer Dichtfläche am Ventilstück zusammenwirken.

[0013] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass das Ventilelement den wenigstens einen innerhalb der Führungsbohrung ausgebildeten Druckraum in radialer und/oder axialer Richtung begrenzt. Die einen Druckraum in axialer Richtung begrenzenden Flächen dienen bevorzugt zugleich als Steuerflächen, über welche das Ventilelement des weiteren Ventils mit einer Druckkraft beaufschlagbar ist. Vorzugsweise begrenzt das Ventilelement wenigstens zwei Druckräume, die in einem axialen Abstand zueinander angeordnet und über die Zulaufdrossel hydraulisch verbunden sind. Die Zulaufdrossel ist in diesem Fall bevorzugt in dem Ventilstück und nicht in dem Ventilelement ausgebildet.

[0014] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Ventilelement - alternativ oder ergänzend zur in Schließrichtung wirkenden Feder-

kraft der bereits genannten Feder - in Öffnungsrichtung von der Federkraft einer Feder beaufschlagt. Sofern zwei Federn vorgesehen sind, deren Federkräfte einander entgegen gesetzt sind, ist vorzugsweise die Federkraft der weiteren, in Öffnungsrichtung wirkenden Feder größer als die Federkraft der in Schließrichtung wirkenden Feder gewählt. Dies gilt insbesondere dann, wenn die in Schließrichtung wirkende Feder zugleich der Rückstellung der Düsennadel dient. Die Federkraft der weiteren Feder bewirkt, dass das weitere Ventil im Ruhezustand eine geöffnete Position einnimmt.

[0015] Vorteilhafterweise besitzt das Ventilelement eine mit einem Hubanschlag zusammenwirkende radial verlaufende Anschlagfläche. Der Öffnungshub des Ventilelementes wird auf diese Weise begrenzt. Dabei kann der Hubanschlag von einem Körper des Kraftstoffinjektors, insbesondere einem Düsenkörper oder einem Haltekörper, oder von einem separaten, vorzugsweise scheibenförmigen Bauteil ausgebildet werden. Das scheibenförmige Bauteil ist im Hochdruckbereich des Kraftstoffinjektors eingesetzt und besitzt bevorzugt wenigstens eine Durchströmöffnung, um eine Verbindung der diesseits und jenseits des scheibenförmigen Bauteils gelegenen Druckräume zu gewährleisten.

[0016] In einer Weiterbildung der Erfindung ist das der Einspritzöffnung abgewandte Ende der Düsennadel von einer Dichthülse umgeben. Die Dichthülse begrenzt den zwischen der Düsennadel und dem Ventilelement des weiteren Ventil ausgebildeten Steuerraum in radialer Richtung. Die Dichthülse ist hierzu bevorzugt an dem Ventilelement abgestützt und/oder zur Abdichtung des Steuerraums gegenüber dem Hochdruckbereich über die Federkraft der Feder in Richtung des Ventilelementes axial vorgespannt. Die Dichthülse ermöglicht den Ausgleich eines etwaigen Achsversatzes zwischen der Düsennadel und dem Ventilelement. Zugleich wird die Ausbildung des Ventilelements vereinfacht.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Diese zeigen:

Figur 1 ein hydraulisches Schaltbild einer ersten bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors,

Figur 2 ein hydraulisches Schaltbild einer zweiten bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors,

Figur 3 einen Längsschnitt durch eine erste bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei geschlossenem Steuerventil,

Figur 4 den Injektor der Figur 3 bei geöffnetem Steuerventil,

Figur 5 den Injektor der Figur 3 bei geschlossenem Steuerventil und geöffnetem weiteren Ventil,

Figur 6 einen Längsschnitt durch eine zweite bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei geschlossenem Steuerventil,

Figur 7 den Injektor der Figur 6 bei geöffnetem Steuerventil,

Figur 8 den Injektor der Figur 6 bei geschlossenem Steuerventil und geöffnetem weiteren Ventil,

Figur 9 einen Längsschnitt durch eine dritte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei geschlossenem Steuerventil und

Figur 10 einen Längsschnitt durch eine vierte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei geschlossenem Steuerventil.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Der in der Figur 1 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Kraftstoffinjektor umfasst eine hubbewegliche Düsennadel 2 zum Freigeben und Verschließen mehrerer Einspritzöffnungen 3. Die Bewegung der Düsennadel 2 ist über ein Steuerventil 1 steuerbar, das vorliegend als Kugelventil ausgelegt und über einen Magnetaktor 27 betätigbar ist.

[0019] Bei deaktiviertem Magnetaktor 27 wird ein kugelförmiges Steuerventilelement 28 des Steuerventils 1 von der Druckkraft einer Feder 29 gegen einen Ventilsitz 30 gedrückt. Als Druckübertragungsglied dient ein Ankerelement 31, das zwischen der Feder 29 und dem Steuerventilelement 28 angeordnet ist. Bei aktiviertem Magnetaktor 27 wird das Ankerelement 31 entgegen der Federkraft der Feder 29 in Richtung des Magnetaktors 27 gezogen, wobei das Steuerventil 1 öffnet. Bei geöffnetem Steuerventil 1 besteht eine Verbindung eines Steuerraums 4 über eine Ablaufdrossel 7 mit einem Rücklauf 32, so dass eine Entlastung des Steuerraums 4 bewirkt wird. Der Druckabfall im Steuerraum 4 hat zur Folge, dass die Düsennadel 2, die mit einem Ende den Steuerraum 4 begrenzt, öffnet und die Einspritzöffnungen 3 freigibt. Über die Einspritzöffnungen 3 wird dann unter Hochdruck stehender Kraftstoff aus einem Hochdruckbereich 11 in den Brennraum einer Brennkraftmaschine (nicht dargestellt) eingespritzt. Zum Schließen der Düsennadel 2 wird die Aktivierung des Magnetaktors 27 beendet, so dass die Federkraft der Feder 29 die Rückstellung des Ankerelements 31 bewirkt, wobei das kugelförmige Steuerventilelement 28 zurück in den Ventilsitz 30 gestellt wird und das Steuerventil 1 schließt. In Schließstellung des Steuerventils 1 bewirkt der über eine Zulaufdrossel 8 aus einem Volumen mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff in den Steuerraum 4 nachströmende Kraftstoff eine Richtungsumkehr der Düsennadelbewegung und in der Folge eine kontinuierliche Schließbewegung der Düsennadel 2. Dadurch wird die Düsennadel

2 schließlich in ihre Ausgangsposition zurück verbracht und die Einspritzung endet.

[0020] Zur Reduzierung der bei geöffnetem Steuerventil 1 über die Ablaufdrossel 7 abströmenden Kraftstoffmenge, ist stromaufwärts der Zulaufdrossel 8 ein druckbetätigbares weiteres Ventil 9 angeordnet, das in Schließstellung den Zulauf von unter Hochdruck stehendem Kraftstoff zur Zulaufdrossel 8 und danach in den Steuerraum 4 unterbricht. Das druckbetätigbare weitere Ventil 9 weist hierzu ein verschiebbares Ventilelement 10 mit einer ersten Steuerfläche 12 und einer zweiten Steuerfläche 13 auf. Die erste Steuerfläche 12 begrenzt den Steuerraum 4, so dass hier Steuerraumdruck anliegt. An der zweiten Steuerfläche 13 liegt der Druck an, der stromabwärts der Ablaufdrossel 7 zwischen der Ablaufdrossel 7 und dem Ventilsitz 30 des Steuerventils 1 herrscht. Mit Öffnen des Steuerventils 1 fällt der Druck stromabwärts der Ablaufdrossel 7 stärker ab als im Steuerraum 4. Die Druckdifferenz bewirkt, dass das Ventilelement 10 des weiteren Ventils 9 von einer auf die erste Steuerfläche 12 wirkenden Schließkraft beaufschlagt wird, welche größer als eine auf die zweite Steuerfläche 13 wirkende Öffnungskraft ist, die aus dem hieran anliegenden hydraulischen Druck sowie der Federkraft einer Feder 14 resultiert. Dies hat zur Folge, dass das weitere Ventil 9 schließt und mangels Verbindung zu einem Hochdruckspeicher 33 kein Kraftstoff über die Zulaufdrossel 8 in den Steuerraum 4 nachströmt. Mit Schließen des Steuerventils 1 gleichen sich die Druckverhältnisse am Ventilelement 10 des weiteren Ventils 9 an, was ein Öffnen des weiteren Ventils 9 und damit eine schnelle Wiederbefüllung des Steuerraums 4 über die Zulaufdrossel 8 zur Folge hat.

[0021] In der Figur 2 ist eine alternative Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors dargestellt, wobei die Darstellung auf das hydraulische Schaltbild beschränkt worden ist. Im Unterschied zur vorhergehenden Ausführungsform liegt an der zweiten Steuerfläche 13 des Ventilelements 10 des weiteren Ventils 9 nicht nur der stromabwärts der Ablaufdrossel 7 zwischen Ablaufdrossel 7 und dem Ventilsitz 30 des Steuerventils 1 herrschende Druck an, sondern ferner der Druck, der unmittelbar stromaufwärts der Zulaufdrossel 8 zwischen dem weiteren Ventil 9 und der Zulaufdrossel 8 herrscht. Dies hat den Vorteil, dass der sich an der Zulaufdrossel 8 einstellende Druckabfall ebenfalls zur Erzeugung einer auf das Ventilelement 10 wirkenden Öffnungskraft nutzbar gemacht werden kann. Die Schaltbewegung des Ventilelementes 10 kann auf diese Weise deutlich beschleunigt werden. Darüber hinaus kann auch der unter Hochdruck stehende Kraftstoff aus einem Hochdruckvolumen 11 des Injektors vor dem Dichtsitz des weiteren Ventils 9 auf einen Teil der zweiten Steuerfläche 13 wirken, was die sofortige Einleitung des Öffnungsvorgangs des weiteren Ventils 9 nach dem Schließen des Steuerventils 1 begünstigt.

[0022] Den Figuren 3 bis 5 ist eine konkrete Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors zu entnehmen, wobei sich die Darstellung auf den Bereich des weiteren Ventils 9 beschränkt. Das weitere Ventil 9 weist ein verschiebbares Ventilelement 10 auf, das als gestufter Hohlkolben zur Ausbildung des Steuerraums 4 ausgeführt ist. In einem ersten Abschnitt mit größerem Außendurchmesser ist das den Einspritzöffnungen 3 abgewandte Ende der Düsennadel 2 aufgenommen, welche somit den Steuerraum 4 axial begrenzt. In einem zweiten Abschnitt mit verringertem Außendurchmesser ist die Ablaufdrossel 7 ausgebildet, über welche der Steuerraum 4 - bei geöffnetem Steuerventil 1 - mit dem Rücklauf 32 (siehe Figur 1) verbindbar ist. Der zweite Abschnitt dient vorliegend zugleich als Führungsabschnitt, der in einer Führungsbohrung 15 eines Ventilstücks 16 aufgenommen ist. Die Führungsbohrung 15 weist Abschnitte mit unterschiedlichen Innendurchmessern auf, so dass im Führungsbereich zwischen dem Ventilstück 16 und dem Ventilelement 10 mehrere Druckräume 17, 18, 19 ausgebildet werden. Ein erster Druckraum 17 wird zwischen einem radial verlaufenden Absatz der Führungsbohrung 15 und einer Stirnfläche des Ventilelements 10 ausgebildet, die Bestandteil der zweiten Steuerfläche 13 ist. Hier liegt der stromabwärts der Ablaufdrossel 7 zwischen Ablaufdrossel 7 und dem Ventilsitz 30 des Steuerventils 1 herrschende Druck an. Dieser erste Druckraum 17 umfasst folglich das Kraftstoffvolumen zwischen der Ablaufdrossel 7 und dem Ventilsitz 30 des Steuerventils 1. Ein ringförmiger zweiter Druckraum 18 wird durch eine umlaufende Nut in der Führungsbohrung 15 ausgebildet. Dieser zweite Druckraum 18 ist über eine radial oder schräg durch das Ventilelement 10 führende Zulaufbohrung 5 mit dem Steuerraum 4 verbunden. In diesem zweiten Druckraum 18 herrscht folglich der Steuerraumdruck oder ein Druck, der sich vernachlässigbar vom Steuerraumdruck unterscheidet, so dass der zweite Druckraum 18 aus funktionaler Sicht eine Erweiterung bzw. einen Bestandteil des Steuerraums 4 darstellt. Des weiteren ist der zweite Druckraum 18 und damit der Steuerraum 4 über eine Drosselbohrung, welche die Zulaufdrossel 8 ausbildet, mit einem dritten Druckraum 19 verbunden, der sowohl in radialer Richtung als auch in axialer Richtung von dem Ventilelement 10 begrenzt wird. Die den dritten Druckraum 19 begrenzenden Flächen am Ventilelement 10 sind ebenfalls Bestandteil der zweiten Steuerfläche 13, wobei der hier anliegende Druck dem Druck unmittelbar stromaufwärts der Zulaufdrossel 8 zwischen dem weiteren Ventil 9 und der Zulaufdrossel 8 entspricht. Über eine an dem Ventilstück 16 ausgebildete ringförmige Dichtkante 20, welche mit dem Ventilelement 10 dichtend zusammenwirkt, wird der dritte Druckraum 19 gegenüber dem Hochdruckbereich 11 abgedichtet. Des weiteren bewirkt der unter Hochdruck stehende Kraftstoff im Hochdruckbereich 11 eine Axialkraft auf das Ventilelement 10, indem er auf die Ringfläche zwischen der Dichtkante 20 und dem Führungsdurchmesser wirkt, bei dem die Düsennadel 2 im Ventilelement 10 geführt ist. Dieser Führungsdurchmesser wird im folgenden kurz als "Steuerraumdurchmesser" bezeichnet. Abhängig

von der Dimensionierung dieser beiden Durchmesser ist diese Axialkraft in Öffnungs- oder in Schließrichtung des Ventilelements 10 gerichtet. Die Fläche, mit der das Ventilelement 10 an den Hochdruckbereich 11 angrenzt, stellt folglich ebenfalls einen Teil der zweiten Druckfläche 13 dar. Die Federkraft einer Feder 14, welche hier - im Unterschied zu den Ausführungsformen der Figuren 1 und 2 - das Ventilelement 10 in Schließrichtung beaufschlagt, hält das Ventilelement 10 in Anlage mit der ringförmigen Dichtkante 20, solange die hydraulischen Druckverhältnisse am Ventilelement 10 weitgehend ausgeglichen sind. In dieser Lage des Ventilelements 10 besteht keine Verbindung des Steuerraums 4 sowie der Druckräume 18 und 19 zum externen Hochdruckspeicher 33 oder zum Hochdruckbereich 11 des Kraftstoffinjektors (Figur 3). Öffnet das Steuerventil 1, fällt der Druck im Druckraum 17 stromabwärts der Ablaufdrossel 7 schnell ab, wodurch das Ventilelement 10 mit einer zusätzlichen in Schließrichtung wirkenden Druckkraft beaufschlagt wird (Figur 4). Mit Schließen des Steuerventils 1 wird die Durchströmung der Ablaufdrossel 7 unterbunden und es kommt zum Druckausgleich zwischen dem Steuerraum 4 und dem ersten Druckraum 17. Die zunächst noch vorliegende Öffnungsbewegung der Düsennadel 2 führt nun zu einer Verdichtung des Kraftstoffs im Steuerraum 4 und somit zu einem kurzzeitigen Anstieg des Steuerraumdrucks. Kurzzeitig kann der Steuerraumdruck den Hochdruck im Hochdruckbereich 11 des Injektors überschreiten. Durch den Anstieg des Steuerraumdrucks wird die Düsennadel 2 abgebremst und ihre Bewegungsrichtung umgekehrt, so dass sich der Kraftstoff im Steuerraum 4 wieder entspannt und der Steuerraumdruck wieder abnimmt. Ist der Dichtdurchmesser 20 größer gewählt als der Steuerraumdurchmesser, so führt das kurzzeitige Überschreiten des Druckniveaus im Hochdruckraum 11 durch den Druck im Steuerraum 4 sowie in den Druckräumen 17, 18 und 19 zu einer resultierenden Öffnungskraft auf das Ventilelement 10 und somit zum Öffnen des an der Dichtkante 20 gebildeten Dichtsitzes.

[0023] Ist das Verhältnis der beiden Durchmesser umgekehrt gewählt, ist also der Dichtdurchmesser 20 kleiner als der Steuerraumdurchmesser, so bewirkt die Überschreitung des Druckniveaus im Hochdruckraum 11 durch den Druck im Steuerraum 4 sowie in den Druckräumen 17, 18 und 19 eine zusätzliche Schließkraft auf das Ventilelement 10 und das weitere Ventil 9 bleibt zunächst geschlossen. Nach dem Umkehrvorgang der Düsennadel 2 nehmen aber die Drücke im Steuerraum 4 sowie in den Druckräumen 17 bis 19 wieder unter den im Hochdruckraum 11 herrschenden Druck ab, was eine resultierende Kraft in Öffnungsrichtung auf das Ventilelement 10 und folglich ein Öffnen des weiteren Ventils 9 zur Folge hat. In diesem Fall ist der Öffnungszeitpunkt des weiteren Ventils 9 unabhängig von der Höhe des kurzen Druckimpulses im Steuerraum 4 während der Düsennadelumkehr. Daher ist diese Ausführungsform besonders vorteilhaft.

[0024] Sobald der durch die Dichtkante 20 und das Ventilelement 10 gebildete Dichtsitz des weiteren Ventils 9 öffnet, nimmt der Druck im Druckraum 19 den Wert des Hochdrucks im Hochdruckraum 11 an und damit einen Wert, der höher ist als bei geöffnetem Steuerventil. Somit bewirkt der Öffnungsvorgang des Ventilelements 10 einen weiteren Anstieg der Kraft in Öffnungsrichtung auf das Ventilelement 10 und damit eine Mitkopplung auf die Öffnungsbewegung, welche den Öffnungsvorgang des weiteren Ventils 9 stabilisiert. Ein zwischen dem Ventilstück 16 und einem Körper 24 aufgenommenes scheibenförmiges Bauteil 25 bildet einen Hubanschlag 22 aus, welcher mit einer radial verlaufenden Anschlagfläche 23 am Ventilelement 10 hubbegrenzend zusammenwirkt.

[0025] Eine alternative konkrete Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors ist in den Figuren 6 bis 8 dargestellt. Im Unterschied zur Ausgestaltung der Figuren 3 bis 5 ist vorliegend die Zulaufdrossel 8 direkt in der radial oder schräg verlaufenden Zulaufbohrung 5 im Ventilelement 10 ausgebildet. Folglich verbindet sie den Steuerraum 4 in dieser Ausgestaltung direkt mit dem dritten Druckraum 19, der sowohl in radialer als auch axialer Richtung von dem Ventilelement 10 begrenzt wird. Durch die Anordnung der Zulaufdrossel 8 im Ventilelement 10 entfällt die Ausbildung des zweiten Druckraums 18. Die Funktionsweise der in den Figuren 6 bis 8 dargestellten Ausgestaltung entspricht der in den Figuren 3 bis 5 gezeigten Ausgestaltung, so dass hierauf verwiesen wird. Figur 6 zeigt die Lage des Ventilelements 10 des weiteren Ventils 9 bei geschlossenem Steuerventil 1, in der die Federkraft der Feder 14 das Ventilelement 10 gegen die ringförmige Dichtkante 20 drückt. Mit Öffnen des Steuerventils 1 wirkt auf das Ventilelement 10 eine zusätzliche in Schließrichtung wirkende Druckkraft (Figur 7). Mit Schließen des Steuerventils 1 öffnet das weitere Ventil 9 in Folge des Druckanstiegs im ersten Druckraum 17 und in der Folge auch im dritten Druckraum 19 (Figur 8).

[0026] Eine Abwandlung der in den Figuren 6 bis 8 dargestellten Ausgestaltung ist der Figur 9 zu entnehmen. Hier ist das Ventilelement 10 in Öffnungsrichtung von der Federkraft einer Feder 21 beaufschlagt, wobei die Federkraft der Feder 21 größer als die der Feder 14 ist, so dass bei geschlossenem Steuerventil 1 das weitere Ventil 9 geöffnet ist und eine Verbindung des Steuerraums 4 über die Zulaufdrossel 8, den Druckraum 19 und den geöffneten Sitz des weiteren Ventils 9 mit dem Hochdruckbereich 11 besteht. Die Verbindung wird erst dann getrennt, wenn das Steuerventil 1 öffnet und der Druck im ersten Druckraum 17 absinkt. Sofern die Feder 14, die vorliegend zugleich als Düsennadelschließfeder dient, nicht am Ventilelement 10 abgestützt ist, sondern beispielsweise am Körper 24, ist es nicht erforderlich, dass die Federkraft der Feder 21 größer als die der Feder 14 gewählt ist. Eine zusätzliche Feder 21, deren Federkraft das Ventilelement 10 in Öffnungsrichtung beaufschlagt, kann auch bei der in den Figuren 3 bis 5 dargestellten Ausgestaltung eingesetzt werden.

[0027] Eine weitere bevorzugte konkrete Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors geht aus der Figur 10 hervor. Hier ist das den Steuerraum 4 begrenzende Ende der Düsennadel 2 nicht im Ventilelement 10 geführt, sondern in einer Dichthülse 26, die mittels der Federkraft der Feder 14 gegen das Ventilelement 10 axial vorgespannt ist. Die Dichthülse 26 erlaubt den Ausgleich eines etwaigen Achsversatzes zwischen der Düsennadel 2 und dem Ventilelement 10. Ferner vereinfacht sie die Ausgestaltung des Ventilelements 10. Auch die Dichthülse 26 kann in einen Injektor gemäß den Figuren 3 bis 5 eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor für ein Kraftstoffeinspritzsystem, insbesondere ein Common-Rail-Einspritzsystem, umfassend ein Steuerventil (1) zur Steuerung der Hubbewegung einer hubbeweglichen Düsennadel (2) zum Freigeben und Verschließen wenigstens einer Einspritzöffnung (3), wobei das der Einspritzöffnung (3) abgewandte Ende der Düsennadel (2) einen Steuerraum (4) begrenzt, welcher zur Beeinflussung eines auf die Düsennadel (2) einwirkenden Steuerraumdrucks über eine Zulaufdrossel (8) mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff befüllbar und in Offenstellung des Steuerventils (1) über eine Ablaufdrossel (7) entlastbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der Zulaufdrossel (8) ein druckbetätigbares weiteres Ventil (9) mit einem verschiebbaren Ventilelement (10) zum Freigeben und Verschließen einer hydraulischen Verbindung der Zulaufdrossel (8) mit einem Hochdruckbereich (11) ausgebildet ist.

2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) des druckbetätigbaren weiteren Ventils (9) eine erste Steuerfläche (12), an welcher der im Steuerraum (4) herrschende Druck anliegt, und wenigstens eine weitere Steuerfläche (13) besitzt, an welcher der stromabwärts der Ablaufdrossel (7) zwischen der Ablaufdrossel (7) und einem Ventilsitz (30) des Steuerventils (1) und/oder der stromaufwärts der Zulaufdrossel (8) zwischen dem weiteren Ventil (9) und der Zulaufdrossel (8) herrschende Druck anliegt.

3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) des druckbetätigbaren weiteren Ventils (9) in Schließrichtung von der Federkraft einer Feder (14) beaufschlagt ist, die vorzugsweise einerseits am Ventilelement (10) und andererseits an der Düsennadel (2) jeweils unmittelbar oder mittelbar abgestützt ist.

4. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) den Steuerraum (4) in axialer und/oder radialer Richtung begrenzt und eine vorzugsweise axial verlaufende Bohrung besitzt, in der die Ablaufdrossel (7) ausgebildet ist.

5. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) eine vorzugsweise radial oder schräg zu einer Längsachse (A) des Ventilelements (10) verlaufende Zulaufbohrung (5) besitzt, welche den Steuerraum (4) mit einem Druckraum (18, 19) verbindet.

6. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zulaufdrossel (8) in der Zulaufbohrung (5) ausgebildet ist.

7. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) zumindest teilweise in einer Führungsbohrung (15) eines Ventilstücks (16) axial verschiebbar aufgenommen ist, wobei die Führungsbohrung (15) zur Ausbildung wenigstens eines Druckraums (17, 18, 19) und/oder einer mit dem Ventilelement (10) zusammenwirkenden ringförmigen Dichtkante (20) gestuft ausgeführt ist.

8. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) den wenigstens einen innerhalb der Führungsbohrung (15) ausgebildeten Druckraum (17, 18, 19) in radialer und/oder axialer Richtung begrenzt, wobei vorzugsweise wenigstens zwei Druckräume (18, 19) in einem axialen Abstand zueinander angeordnet und über die Zulaufdrossel (8) hydraulisch verbunden sind.

9. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zulaufdrossel (8) den Steuerraum (4) mit dem Druckraum (19) verbindet.

10. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) in Öffnungsrichtung von der Federkraft einer Feder (21) beaufschlagt ist, wobei die Federkraft der Feder (21) vorzugsweise größer als die Federkraft der Feder (14) ist.

11. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilelement (10) eine mit einem Hubanschlag (22) zusammenwirkende radial verlaufende Anschlagfläche (23) be-

sitzt, wobei der Hubanschlag (22) von einem Körper (24) des Kraftstoffinjektors oder einem separaten, vorzugsweise scheibenförmigen Bauteil (25) ausgebildet wird.

12. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das der Einspritzöffnung (3) abgewandte Ende der Düsennadel (2) von einer Dichthülse (26) umgeben ist, welche vorzugsweise an dem Ventilelement (10) abgestützt und/oder zur Abdichtung des Steuerraums (4) gegenüber dem Hochdruckbereich (11) über die Federkraft der Feder (14) in Richtung des Ventilelementes (10) axial vorgespannt ist.

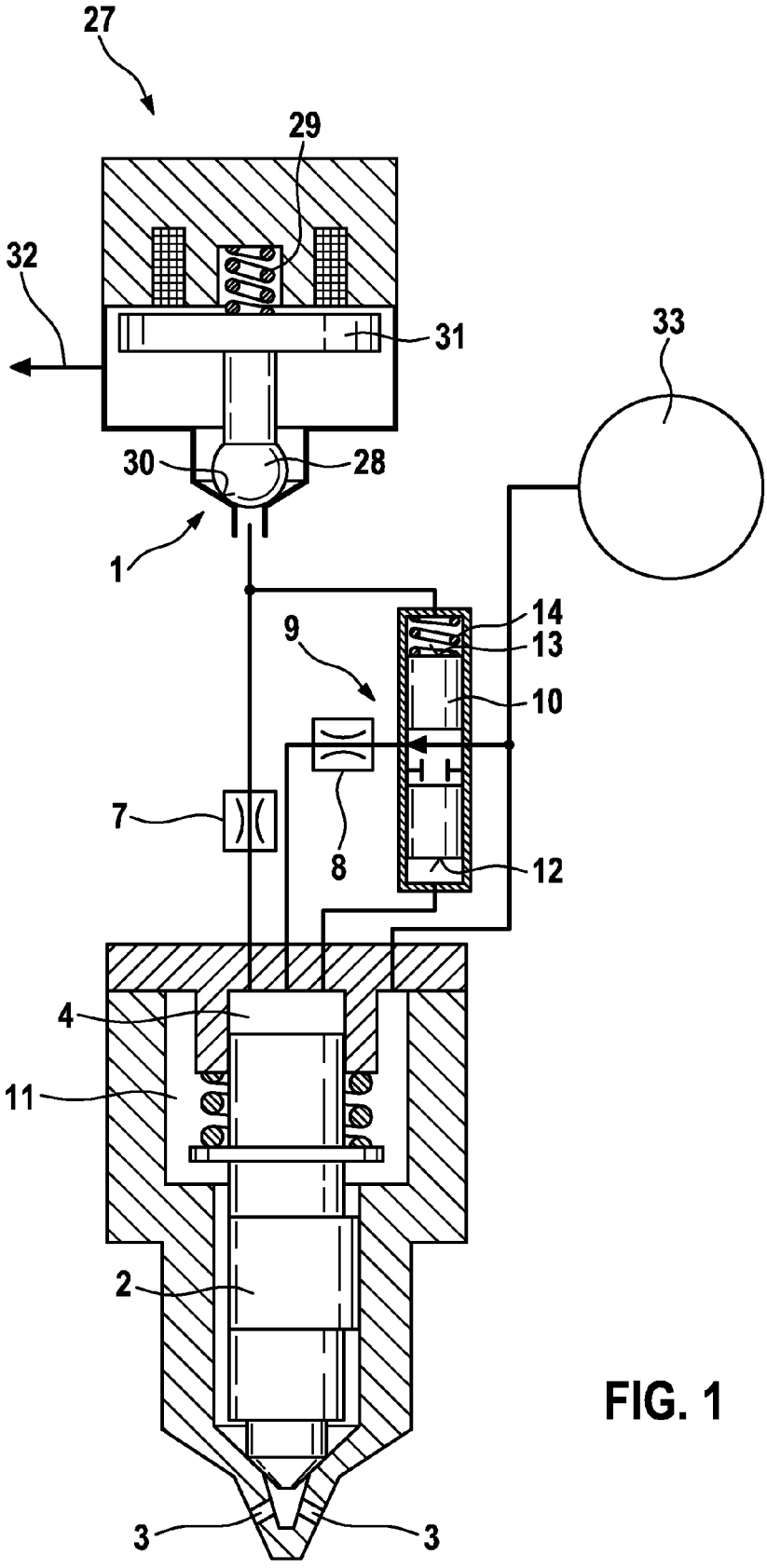

FIG. 1

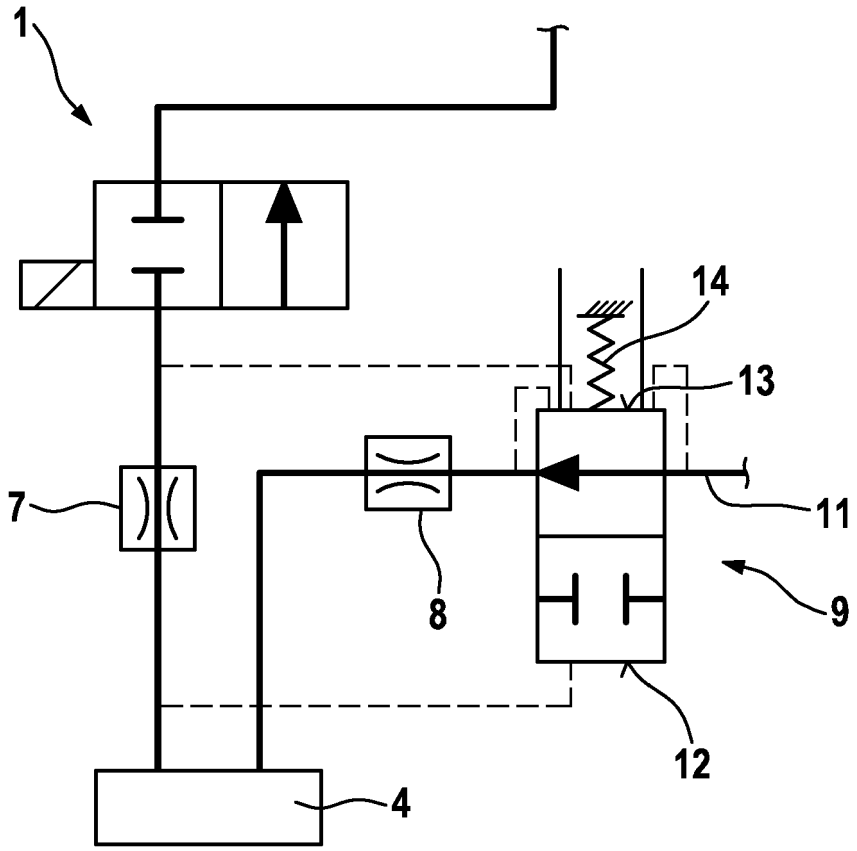

FIG. 2

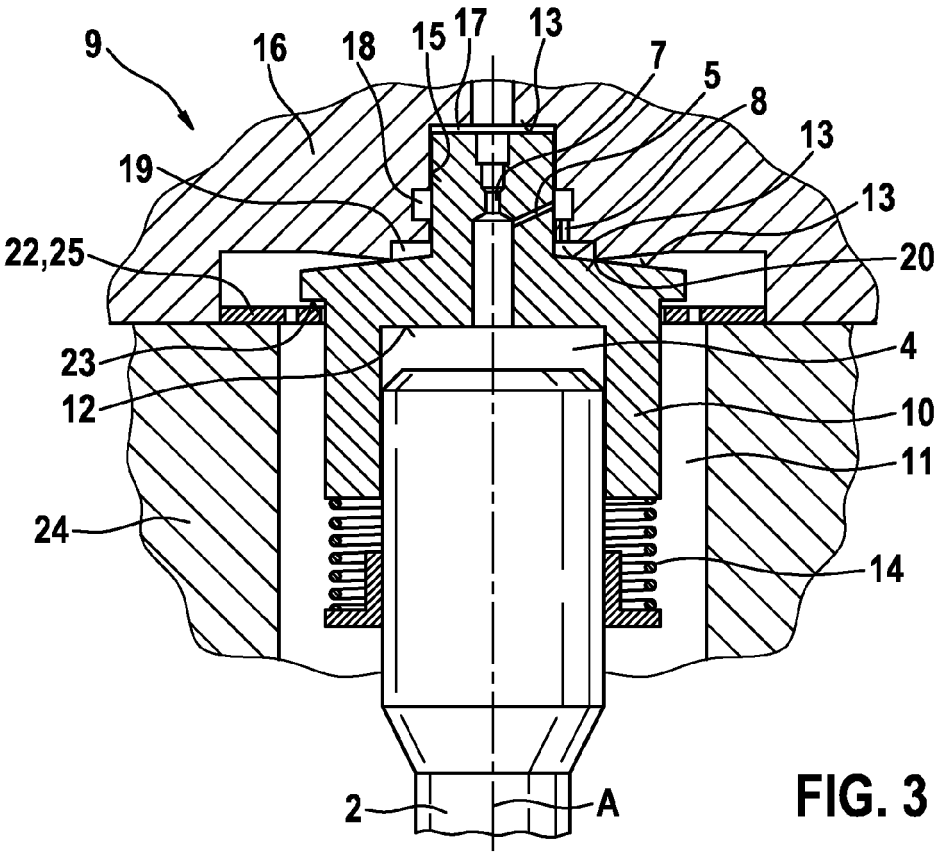
9
16
18
15
17
13
7
5
8
13
19
13
22,25
20
4
23
12
10
11
24
14
2
A

FIG. 3

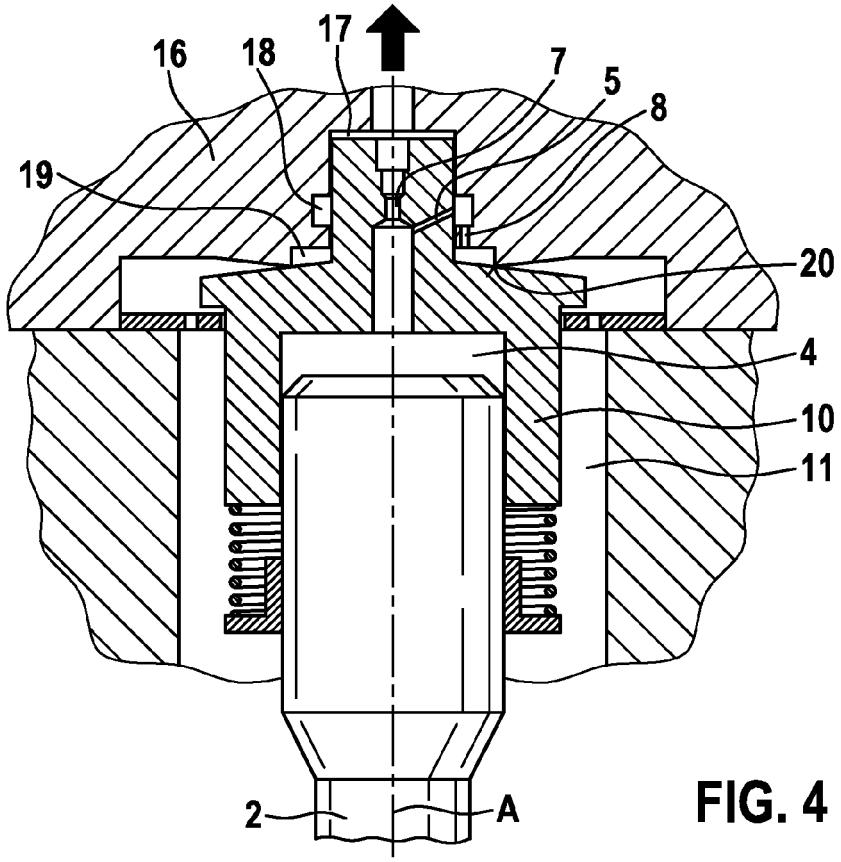
17
16
18
7
5
8
19
20
4
10
11
2
A

FIG. 4

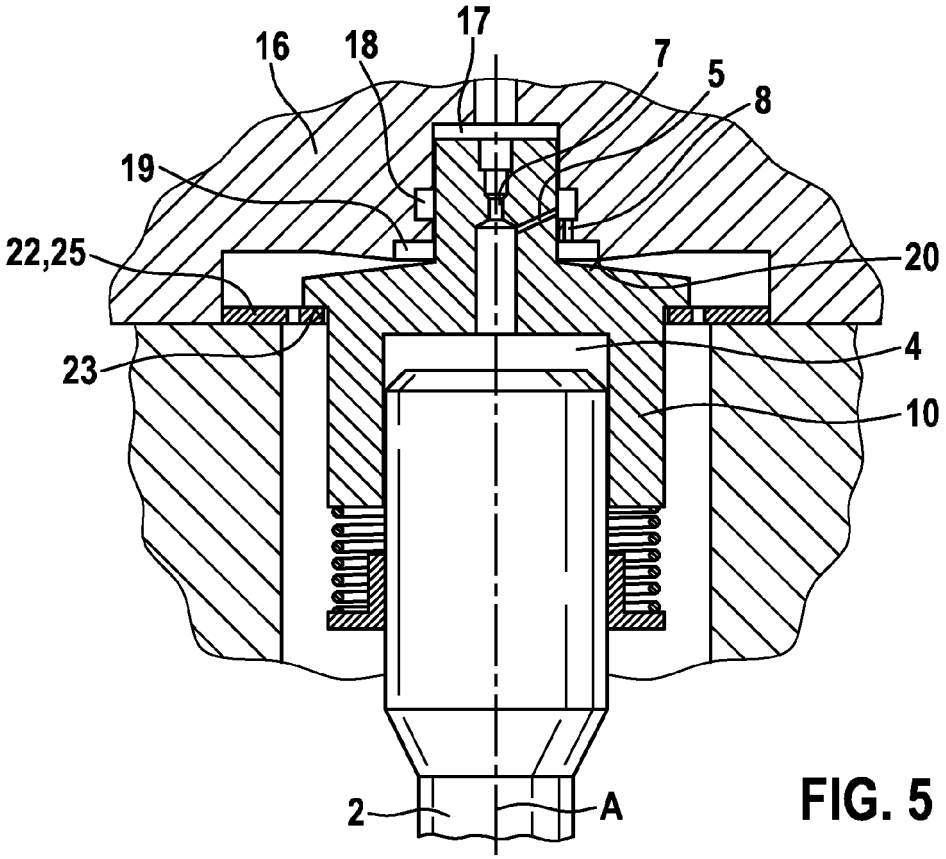
16
18
17
7
5
8
19
22,25
20
23
4
10
2
A

FIG. 5

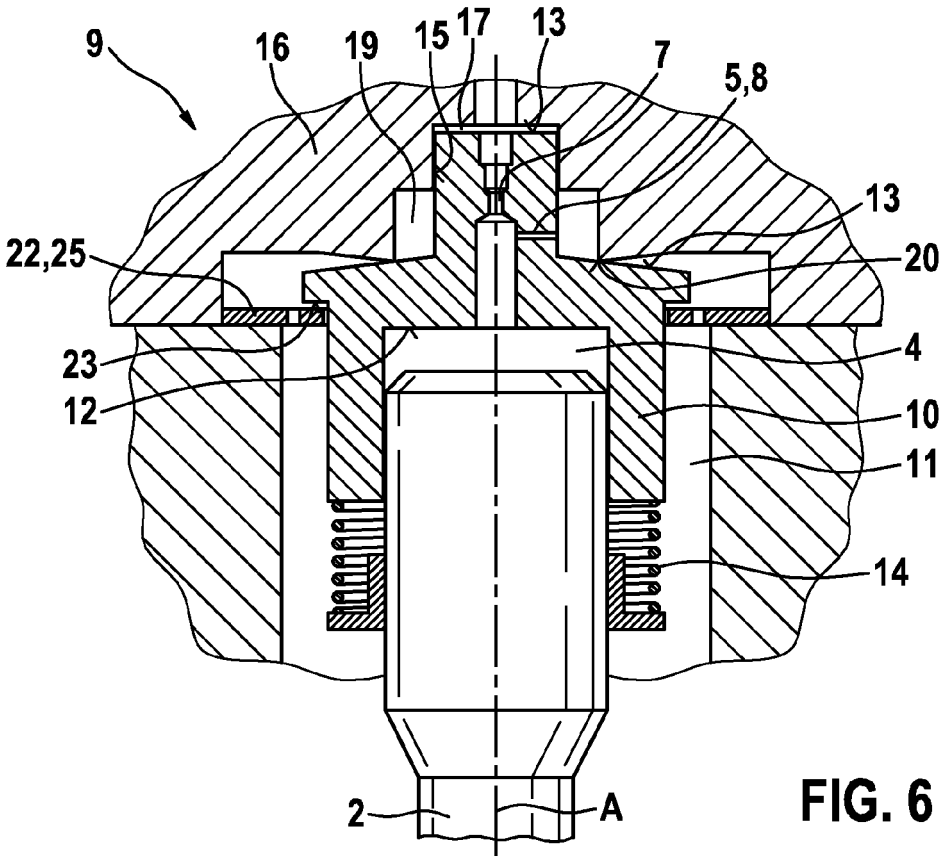
9
16
19
15
17
13
7
5,8
13
22,25
20
23
4
12
10
11
14
2
A

FIG. 6

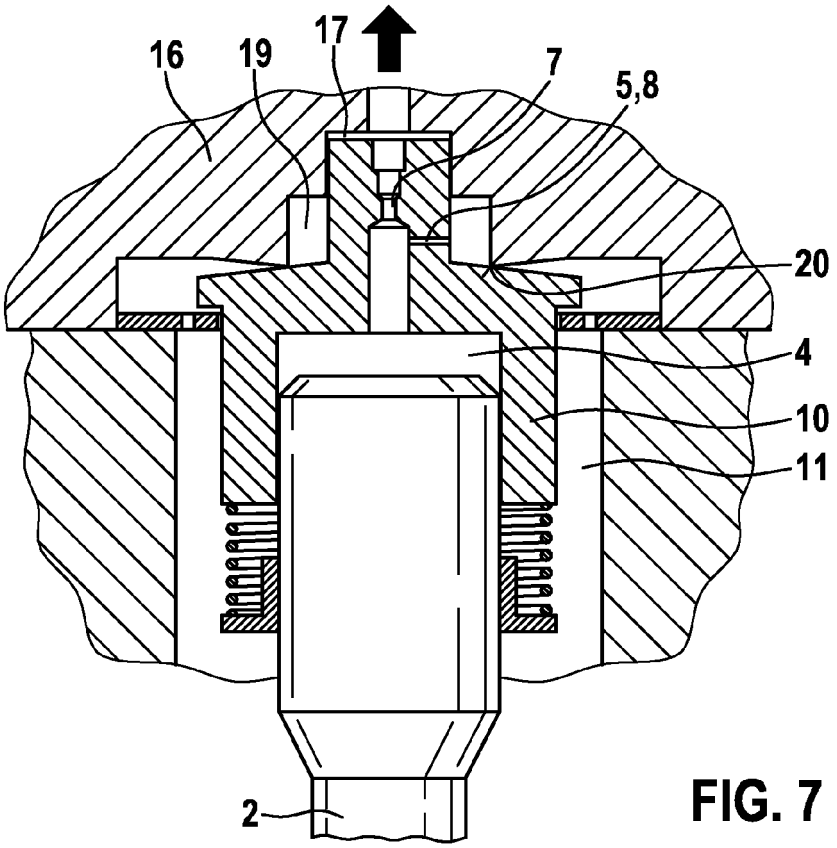

FIG. 7

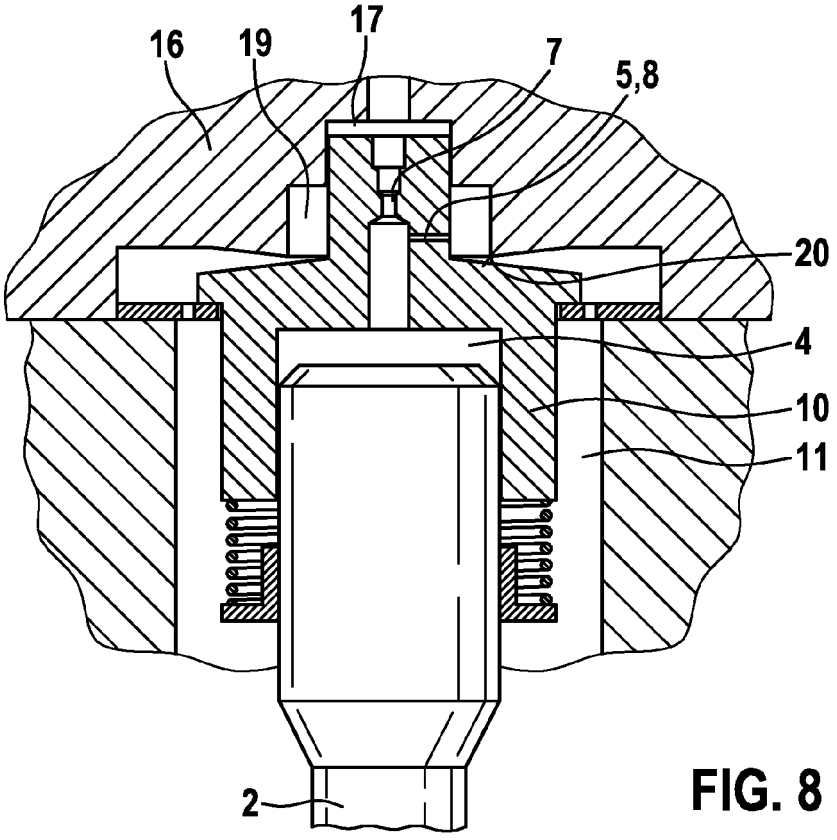

FIG. 8

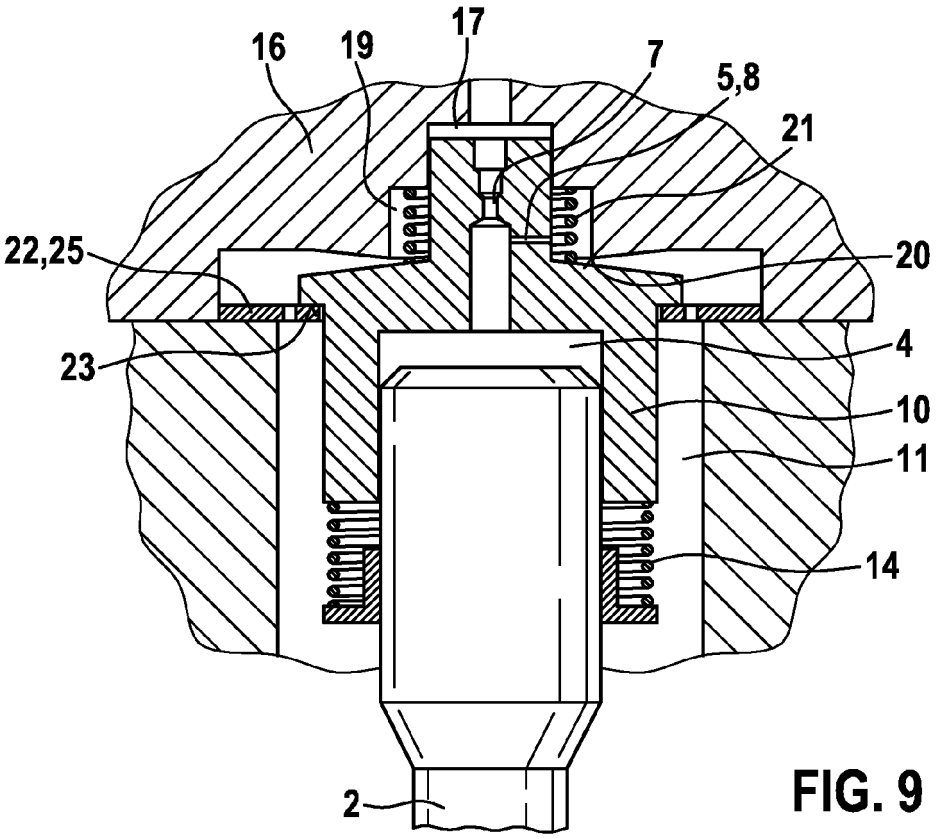
16
19
17
7
5,8
21
22,25
20
23
4
10
11
14
2

FIG. 9

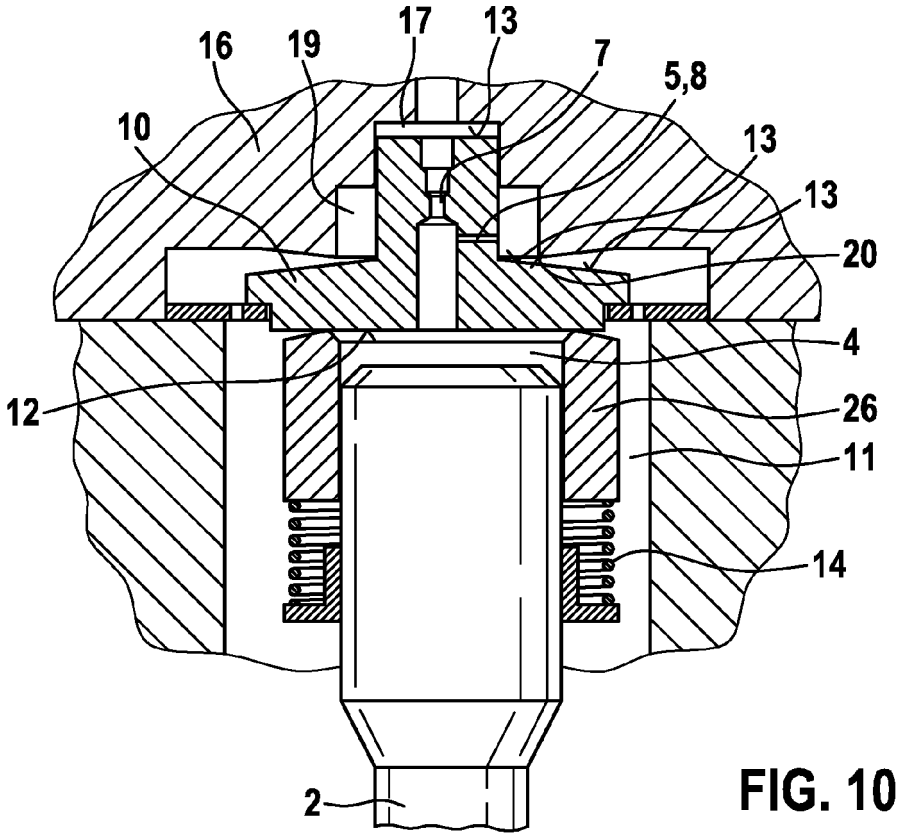
16
19
17
13
7
5,8
10
13
13
20
4
12
26
11
14
2

FIG. 10

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006049050 A1 **[0002]**