



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.07.2010 Patentblatt 2010/28

(51) Int Cl.:
F02M 47/02 (2006.01) F02M 61/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09169850.6**

(22) Anmeldetag: **09.09.2009**

(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 MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

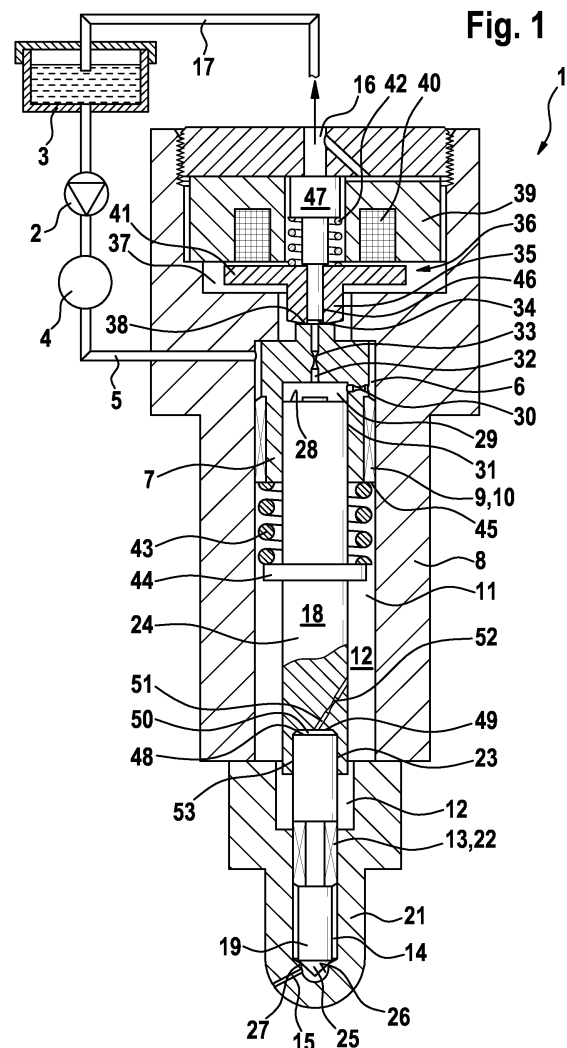
(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Burger, Matthias**
71711 Murr (DE)
• **Magel, Hans-Christoph**
72764 Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **13.01.2009 DE 102009000181**

(54) **Kraftstoff-Injektor**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kraftstoff-Injektor (1), insbesondere Common-Rail-Injektor, zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung verstellbaren, mehrteiligen Einspritzventilelement (18), umfassend ein erstes und mindestens ein relativ zu dem ersten Teil (19) verstellbares zweites Teil (24), die über ein hydraulisches Kopplervolumen (50) miteinander gekoppelt sind. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das erste Teil (19) im zweiten Teil (24) oder das zweite Teil (24) im ersten Teil (19) geführt ist und dass das Kopplervolumen (50) mit einem Injektorvolumen (12) über mindestens eine Drosselanordnung (52) verbunden ist, die derart ausgebildet ist, dass der Durchflussvolumenstrom mit steigender Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen (50) und Injektorvolumen (12) lediglich unterproportional zunimmt.



Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kraftstoff-Injektor, insbesondere einen Common-Rail-Injektor, zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
- [0002]** Die Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten hat bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren die höchste Priorität. Gerade das Common-Rail-Einspritzsystem hat einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung der Schadstoffe geleistet. Der Vorteil der Common-Rail-Systeme liegt in ihrer Unabhängigkeit des Einspritzdrucks von Drehzahl und Last. Für die Einhaltung zukünftiger Abgasgrenzwerte ist jedoch gerade bei Dieselmotoren eine signifikante Erhöhung des Einspritzdrucks notwendig.
- 10 **[0003]** Bekannt sind hubgesteuerte Common-Rail-Injektoren, deren Einspritzventilelement servobetrieben ist. Als Drucksteller sind Piezo- und Magnetventile im Einsatz, mit denen der Servokreislauf gesteuert wird. Zum schnellen Nadelschließen wird häufig eine dauerhafte Niederdruckstufe vorgesehen, die eine permanente, schließende hydraulische Kraft auf die Nadel ausübt. Der Nachteil ist die hohe Leckage, die sich zwischen der Hochdruck- und der Niederdruckstufe einstellt. Eine Leckage führt unweigerlich zu dem Erfordernis einer höheren Pumpenleistung und somit zu Einbußen in der Effizienz des Systems. Dieser Sachverhalt wird insbesondere bei hohen Drücken problematisch. Aus diesem Grund werden neueste Injektoren für höchste Einspritzdrücke leckagefrei ausgeführt.
- 15 **[0004]** Im Gegensatz zu herkömmlichen Bauformen haben diese, so genannten leckagefreien, Kraftstoff-Injektoren keine dauerhafte in Schließrichtung wirkende Niederdruckstufe, wodurch die dadurch begründeten Leckagestellen entfallen. Aufgrund der wegfallenden Niederdruckstufe können zweiteilige Einspritzventilelemente in der Art, wie sie bei in der Praxis zum Einsatz kommenden Kraftstoff-Injektoren mit Niederdruckstufe eingesetzt werden, nicht mehr verwendet werden.
- 20 **[0005]** Während die beiden Einspritzventilelemente (Steuerstange und Düsennadel) bei heutigen Serien-Injektoren mit Niederdruckstufe durch die resultierenden Druckkräfte aufeinander gedrückt werden, muss bei leckagefreien Kraftstoff-Injektoren eine separate form- oder kraftschlüssige Verbindung hergestellt werden. Zur Kopplung zweier Einspritzventilelemente ist es bekannt geworden, axial zwischen diesen ein hydraulisches Kopplervolumen vorzusehen. Dabei ist das Kopplervolumen üblicherweise in einer Kopplerhülse realisiert, in der eines der Einspritzventilelemente geführt ist. Dabei wird das Kopplervolumen durch Herausdrücken von Kraftstoff durch den Führungsspalt zwischen dem in der Hülse geführten Einspritzventilelement und der Hülse verkleinert.
- 25 30

Offenbarung der Erfindung

- 35 **[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfach aufgebauten Kraftstoff-Injektor vorzuschlagen, bei dem die Kopplung der mindestens zwei Einspritzventilelemente mit einer möglichst geringen Bauteilzahl realisiert ist.
- [0007]** Diese Aufgabe wird mit einem Kraftstoff-Injektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren offenbarten Merkmalen.
- 40 **[0008]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, zwei relativ zueinander verstellbare Teile des Einspritzventilelementes ineinander zu führen, um somit auf eine separate Führungshülse, wie sie im Stand der Technik zum Einsatz kommt, sowie eine die Führungshülse federkraftbeaufschlagende Feder verzichten zu können. Im Gegensatz zu dem Vorsehen eines einteiligen, langen Einspritzventilelementes hat die mindestens, vorzugsweise ausschließlich zweiteilige, Ausbildung den Vorteil, dass die Fertigung der einzelnen Einspritzventilelemente in Summe weniger aufwändig und damit kostengünstiger ist als die Fertigung eines einteiligen langen Einspritzventilelementes. Zudem können bestehende Fertigungslinien beibehalten werden sowie die bestehende Logistik, die auf ein mehrteiliges Einspritzventilelement ausgerichtet ist. Die Erfindung hat zudem erkannt, dass es bei einer Lösung mit ineinander geführten Einspritzventilelementen zu einer ständigen Vergrößerung des Kopplervolumens im Betrieb des Kraftstoff-Injektors kommen würde, wenn das Kopplervolumen ausschließlich über einen Führungsspalt zwischen den beiden Teilen mit einem Injektorvolumen verbunden wäre, da sich der Strömungswiderstand des Führungsspalt proportional zur anliegenden Druckdifferenz verhält. Die Tatsache, dass der Strömungswiderstand eines derartigen Führungsspalt in einem linearen Zusammenhang zu der Größe der Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen steht, würde dazu führen, dass beim Öffnen des Kraftstoff-Injektors aufgrund des sehr niedrigen Drucks im Kopplervolumen sehr viel Kraftstoff aus dem Injektorvolumen angesaugt würde und eine Entleerung des Kopplervolumens beim Schließvorgang aufgrund der zur Verfügung stehenden (kurzen) Zeit nicht mehr möglich wäre. Im Extremfall würde dies zu einer axialen Verstemmung des Einspritzventilelementes im Kraftstoff-Injektor und damit zu einem Verstellen des Kraftstoff-Injektors führen. Um einen derartigen Effekt zu vermeiden, ist das Kopplervolumen bei einem nach dem Konzept der Erfindung ausgebildeten Kraftstoff-Injektor zusätzlich oder alternativ zu einem Führungsspalt über mindestens eine Drosselanordnung
- 45 50 55

mit dem Injektorvolumen verbunden, wobei die Drosselanordnung derart ausgebildet ist, dass der durch diese durchströmende Kraftstoffvolumenstrom (Durchflussvolumenstrom) sich nicht proportional zur Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen wie bei einem Führungsspalt verhält, sondern unterproportional. Anders ausgedrückt steigt der Durchflussvolumenstrom, der durch die Drosselanordnung strömt, nicht im gleichen Maße an wie eine Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen, d.h. der Durchflussvolumenstrom und die Druckdifferenz stehen nicht in einem linearen Zusammenhang. Noch anders ausgedrückt ist es bevorzugt, wenn der Durchflussvolumenstromanstieg bei größer werdender Druckdifferenz immer geringer wird. Idealerweise ist der Durchflussvolumenstrom proportional zu der Wurzel der Druckdifferenz zwischen Injektorvolumen und Kopplervolumen. Bei einem nach dem Konzept der Erfindung ausgebildeten Kraftstoff-Injektor wird erreicht, dass auch bei einer extrem großen Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen zu Beginn eines Öffnungsvorgangs nur eine moderate Kraftstoffmenge durch die Drosselanordnung in das Kopplervolumen angesaugt wird, wobei die Zeit beim Schließvorgang, bei der das Einspritzventilelement, vorzugsweise mittels einer Schließfeder, in Richtung Einspritzventilelementeinsatz bewegt wird, ausreicht, um das zuvor angesaugte Kraftstoffvolumen wieder durch die Drosselanordnung in das Injektorvolumen abgeben zu können, um somit den Ursprungszustand wieder herzustellen.

[0009] Eine Möglichkeit zur Ausbildung der Drosselanordnung besteht darin, mindestens eine, vorzugsweise ausschließlich eine, insbesondere im ersten oder zweiten Teil realisierte, Drosselbohrung vorzusehen, wobei die Drosselbohrung ganz besonders bevorzugt in der Art einer Ablaufdrossel aus einer Steuerkammer wie bei bekannten Servokreislauf-Kraftstoff-Injektoren ausgebildet ist. Bevorzugt handelt es sich also bei der Drosselbohrung um eine Stufenbohrung mit einer Durchmesserstufe, die vorzugsweise zur Ausbildung einer turbulenten, kavitierenden Strömung innerhalb der Drosselbohrung führt.

[0010] Die vorerwähnte Durchmesserstufe ist eine Möglichkeit zur Realisierung eines degressiven Verhältnisses zwischen Durchflussvolumenstrom und Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen. Grundsätzlich können hierzu beliebige Drosselstufen, insbesondere hydraulisch scharfkantige Drosselstufen, vorzugsweise mit einer geringen Längserstreckung in Strömungsrichtung realisiert werden. Bevorzugt ist die Längserstreckung der mindestens einen Drosselstufe derart ausgelegt, dass sich eine turbulente Strömung ausbildet. Unter einer hydraulisch scharfkantigen Drosselstufe ist dabei eine Länge zu hydraulisches Durchmesser-Verhältnis kleiner gleich 10 zu verstehen. Dabei gilt für den hydraulischen Durchmesser einer Ringspalt-Drossel

$$D_{\text{Hyd}} = 4 \cdot \frac{\text{durchströmter Querschnitt}}{\text{durchströmte Berandungslänge}}.$$

[0011] Die Berandungslänge ist in dieser Gleichung die Summe der inneren und der äußeren Berandungslänge.

[0012] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Drosselanordnung mehrere hydraulisch in Reihe geschaltete (angeordnete) Drosseln umfasst. Bevorzugt sind die Drosseln dabei radial zwischen den beiden Einspritzventilelementteilen ausgebildet, vorzugsweise im Führungsbereich, mit dem die beiden Teile ineinander geführt sind. Wie zuvor bereits angedeutet, ist es besonders bevorzugt, wenn die Drosseln derart ausgebildet sind, also eine so geringe Erstreckung in Strömungsrichtung aufweisen, dass die Führungslänge so gering ist, dass sich eine turbulente Strömung ausbildet. Bei einer laminaren Strömung wäre der Durchflussvolumenstrom durch die Drosselanordnung proportional zur Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen und Injektorvolumen, was es zu vermeiden gilt.

[0013] Eine Möglichkeit zur Ausbildung der Drosselanordnung besteht darin, an einem der Einspritzventilelementteile mehrere axial nebeneinander (parallel) angeordnete Rillen vorzusehen, wobei die Drosseln radial zwischen den die Rillen begrenzenden Stegen und dem anderen Einspritzventilelementteil gebildet sind. Bevorzugt sind die Stege, zumindest näherungsweise, scharfkantig, um eine minimale Führungslänge zu realisieren und damit die Ausbildung einer turbulenten Strömung zu erzwingen. Ganz besonders bevorzugt wird bei einer Ausführungsform mit mehreren axial in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Drosseln auf eine Drosselbohrung in den Einspritzventilelementteilen verzichtet.

[0014] Besonders zweckmäßig ist eine Ausführungsform des Kraftstoff-Injektors, bei der der hydraulische Koppler als Gelenk ausgeführt ist, was eine gewisse Verschwenkbarkeit der beiden hydraulisch gekoppelten Einspritzventilelementteile ermöglicht, um auf diese Weise toleranzbedingte Winkelfehler und Schrägstellungen ausgleichen zu können.

[0015] Eine besonders bevorzugte Möglichkeit zur Ausbildung eines derartigen Schwenkgelenks besteht darin, das geführte Einspritzventilelementteil im Bereich der Führung ballig zu konturieren, um eine relative Verschwenkung zu ermöglichen.

[0016] In Weiterbildung der Erfindung ist mit Vorteil vorgesehen, dass der Kraftstoff-Injektor bis auf ggf. im Bereich des Steuerventilelementes realisierte Leckagen leakagefrei ausgebildet ist. Hierzu wird auf eine in Schließrichtung auf das Einspritzventilelement wirkende Niederdruckstufe am Einspritzventilelement verzichtet.

[0017] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen.

[0018] Diese zeigen in:

5 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Kraftstoff-Injektors, bei dem zwei Teile eines Einspritzventilelementes ineinander geführt und hydraulisch gekoppelt sind, wobei das Kopplervolumen über eine Drosselbohrung mit einem Injektorvolumen verbunden ist, und

10 Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kraftstoff-Injektors, bei dem zwei Teile eines Einspritzventilelementes hydraulisch miteinander gekoppelt sind, derart, dass auf eine Drosselbohrung verzichtet werden kann.

[0019] In den Figuren sind gleiche Elemente und Elemente mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

15 **[0020]** In Fig. 1 ist ein als Common-Rail-Injektor ausgebildeter Kraftstoff-Injektor 1 zum Einspritzen von Kraftstoff in einen nicht gezeigten Brennraum einer ebenfalls nicht gezeigten Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Eine Hochdruckpumpe 2 fördert Kraftstoff aus einem Vorratsbehälter 3 in einen Kraftstoff-Hochdruckspeicher 4 (Rail). In diesem ist Kraftstoff, insbesondere Diesel oder Benzin, unter hohem Druck, von in diesem Ausführungsbeispiel über 2000bar, gespeichert. An den Kraftstoff-Hochdruckspeicher 4 ist der Kraftstoff-Injektor 1 neben anderen, nicht gezeigten Kraftstoff-Injektoren über eine Versorgungsleitung 5 angeschlossen. Die Versorgungsleitung 5 mündet in einen Ringraum 6 radial zwischen einem Ventilkörper 7 und einem Injektorkörper 8 (Gehäuseteil). Über durch Anschlüsse 9 am Außen-
20 umfang des Ventilkörpers 7 gebildete Axialkanäle 10 kann der unter Hochdruck stehende Kraftstoff im Wesentlichen ungedrosselt in axialer Richtung in der Zeichnungsebene nach unten in einen als Mini-Rail zur Druckschwingungsminimierung fungierenden Druckraum 11 strömen. Der Druckraum 11 begrenzt ein Injektorvolumen 12. Bei einem Einspritzvorgang strömt der Kraftstoff unmittelbar durch Axialkanäle 13 in einen ebenfalls zum Injektorvolumen 12 gehö-
25 renden Düsenraum 14 (Ringraum) und aus diesem durch mindestens ein Einspritzloch 15 in den Brennraum der Brennkraftmaschine. Der Kraftstoff-Injektor 1 ist über einen Injektorrücklaufanschluss 16 an einer Rücklaufleitung 17 angeschlossen. Über die Rücklaufleitung 17 kann eine später noch zu erläuternde Steuer-
menge an Kraftstoff von dem Kraftstoff-Injektor 1 zu dem Vorratsbehälter 3 abfließen und von dort aus dem Hochdruckkreislauf wieder zugeführt werden.

30 **[0021]** Innerhalb des Injektorkörpers 8 ist ein in diesem Ausführungsbeispiel zweiteiliges Einspritzventilelement 18 in axialer Richtung verstellbar angeordnet. Das Einspritzventilelement 18 ragt mit seinem unteren, als Düsen-
nadel ausgebildeten ersten Teil 19 in eine Stufenbohrung 20 eines Düsenkörpers 21 hinein. In diesem ist das erste Teil 19 mit einem Führungsabschnitt 22 axial verschieblich geführt. Die Axialkanäle 13 sind durch Anschlüsse 9 im Führungsabschnitt 22 radial zwischen dem ersten Teil 19 und dem Düsenkörper 21 ausgebildet. Der Düsenkörper 21 ist mittels einer nicht
35 dargestellten Überwurfmutter mit dem Injektorkörper 8 verschraubt.

[0022] Das erste Teil 19 (Düsennadel) des Einspritzventilelementes 18 ist in einer stirnseitigen Sacklochbohrung 23 eines zweiten Teils 24 (Steuerstange) des Einspritzventilelementes 18 geführt.

40 **[0023]** Wie sich aus Fig. 1 weiter ergibt, weist das Einspritzventilelement 18 an einer am ersten Teil 19 ausgebildeten (unteren) Spitze 25 eine Schließfläche 26 (Dichtfläche) auf, mit welcher das Einspritzventilelement 18 in eine dichte Anlage an einen innerhalb des Düsenkörpers 21 ausgebildeten Einspritzventilelementsitz 27 bringbar ist. Wenn das Einspritzventilelement 18 an seinem Einspritzventilelementsitz 27 anliegt, d.h. sich in einer Schließstellung befindet, ist der Kraftstoffaustritt aus dem mindestens einen Einspritzloch 15 gesperrt. Ist es dagegen von seinem Einspritzventil-
45 elementsitz 27 abgehoben, kann Kraftstoff aus dem Druckraum 11 über die Axialkanäle 13 und den als Ringraum ausgebildeten Düsenraum 14 an dem Einspritzventilelementsitz 27 vorbei zum Einspritzloch 15 strömen und dort im Wesentlichen unter dem Hochdruck (Raildruck) stehend in den Brennraum gespritzt werden.

[0024] Von einer oberen Stirnseite 28 des zweiten Teils 24 des Einspritzventilelementes 18 und einem in der Zeichnungsebene unteren hülsenförmigen Abschnitt des Ventilkörpers 7 wird eine Steuerkammer 29 begrenzt, die über eine radial in dem hülsenförmigen Abschnitt des Ventilkörpers 7 verlaufende Zulaufdrossel 30 mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff aus dem Ringraum 6 versorgt wird. Der hülsenförmige Abschnitt mit darin eingeschlossener Steuerkammer
50 29 ist radial außen mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff umschlossen, so dass ein ringförmiger Führungsspalt 31 radial zwischen dem hülsenförmigen Abschnitt des Ventilkörpers 7 und dem Einspritzventilelement 18, hier dem zweiten Teil 24, vergleichsweise kraftstoffdicht ist.

[0025] Die Steuerkammer 29 ist über einen, senkrecht in dem Ventilkörper 7 verlaufenden Axialkanal 32 mit Ablaufdrossel 33 mit einer Ventilkammer 34 verbunden, die radial außen von einem in axialer Richtung verstellbaren, hülsenförmigen Steuerventilelement 35 eines in axialer Richtung im geschlossenen Zustand druckausgeglichenen Steuerventils 36 (Servoventil) begrenzt ist. Aus der Ventilkammer 34 kann Kraftstoff in einen Niederdruckbereich 37 des Kraftstoff-
55 Injektors 1 und von dort aus zum Injektorrücklaufanschluss 16 strömen, wenn das hülsenförmige Steuerventilelement 35 von seinem am Ventilkörper 7 ausgebildeten Steuerventilelementsitz 38 abgehoben, d.h. wenn das Steuerventil 36

geöffnet ist. Zum Verstellen des hülsenförmigen Steuerventilelementes 35 in der Zeichnungsebene nach oben ist ein elektromagnetischer Aktuator 39 mit einem Elektromagnet 40 vorgesehen, der mit einer einstückig mit dem Steuerventilelement 35 ausgebildeten Ankerplatte 41 zusammenwirkt und in der Folge auch mit dem hülsenförmigen Steuerventilelement 35. Bei Bestromung des elektromagnetischen Aktuators 39 hebt das Steuerventilelement 35 von seinem am Ventilkörper 7 ausgebildeten, in diesem Ausführungsbeispiel als Flachsitz ausgebildeten Steuerventilelementsitz 38 ab. Die Durchflussquerschnitte der Zulaufdrossel 30 und der Ablaufdrossel 33 sind dabei derart aufeinander abgestimmt, dass bei geöffnetem Steuerventil 36 ein Nettoabfluss von Kraftstoff (Steuermenge) aus der Steuerkammer 29 in den Niederdruckbereich 37 des Kraftstoff-Injektors 1 und von dort aus über den Injektorrücklaufanschluss 16 und die Rücklaufleitung 17 in den Vorratsbehälter 3 resultiert. Hierdurch sinkt der Druck in der Steuerkammer 29 rapide ab, wodurch das Einspritzventilelement 18, genauer das erste Teil 19, von seinem Einspritzventilelementsitz 27 abhebt, so dass Kraftstoff aus dem Injektorvolumen 12 durch das Einspritzloch 15 in den Brennraum ausströmen kann.

[0026] Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird die Bestromung des elektromagnetischen Aktuators 39 unterbrochen, wodurch das hülsenförmige Steuerventilelement 35 mittels einer Steuerfeder 42, die sich auf der Ankerplatte 41 abstützt, in der Zeichnungsebene nach unten auf seinem Steuerventilelementsitz 38 verstellt wird. Der durch die Zulaufdrossel 30 in die Steuerkammer 29 nachströmende Kraftstoff sorgt für eine schnelle Druckerhöhung in der Steuerkammer 29 und damit für eine auf das Einspritzventilelement 18 wirkende Schließkraft. Die daraus resultierende Schließbewegung des Einspritzventilelementes 18 wird von einer Schließfeder 43 unterstützt, die sich einenends an einem Umfangsbund 44 des zweiten Teils 24 und anderenends an einer unteren, ringförmigen Stirnseite 45 des Ventilkörpers 7 abstützt.

[0027] Aus Fig. 1 ist weiter zu entnehmen, dass innerhalb einer in das Steuerventilelement 35 eingebrachten Bohrung 46 ein loser Druckstift 47 aufgenommen ist, der als von dem Ventilkörper 7 separates Bauteil ausgebildet ist. Der zylindrische Druckstift 47 hat die Aufgabe, die Ventilkammer 34 in axialer Richtung nach oben abzudichten, um zu verhindern, dass bei geschlossenem Steuerventilelement 35 - bis auf eine nicht zu vermeidende Leckagemenge - Kraftstoff aus der Steuerkammer 29 in den Niederdruckbereich 37 strömen kann. Der Druckstift 47 dient weiterhin zur Führung des Steuerventilelementes 35 an seinem von der Bohrung 46 gebildeten Innenumfang.

[0028] Wie sich des Weiteren aus Fig. 1 ergibt, handelt es sich bei dem Kraftstoff-Injektor 1 um einen so genannten leakagefreien Injektor, der bis auf eine Leckage im Bereich des Steuerventils 36 keine Leckage aufweist, da keine permanente, auf das Einspritzventilelement 18 in Schließrichtung wirkende Niederdruckstufe vorgesehen ist.

[0029] Wie bereits erläutert, ist das erste Teil 19 in das zweite Teil 24 des Einspritzventilelementes 18 hineingeführt und am Innenumfang der Sacklochbohrung 23 geführt. Axial zwischen einer in der Zeichnungsebene oberen Stirnseite 48 und dem in der Zeichnungsebene oberen Grund 49 der Sacklochbohrung 23 ist ein hydraulisches Kopplervolumen 50 ausgebildet, welches die Bewegung der Teile 19, 24 koppelt. Wie sich weiter aus Fig. 1 ergibt, ist das Kopplervolumen 50 über eine aus einer einzigen Drosselbohrung 51 bestehenden Drosselanordnung 52 hydraulisch mit dem Injektorvolumen 12 verbunden. Wird der elektromagnetische Aktuator 39 bestromt und dadurch das in der Zeichnungsebene obere zweite Teil 24 des Einspritzventilelementes 18 stark beschleunigt nach oben bewegt, fällt zunächst der Druck im Kopplervolumen 50 rapide ab und die öffnende Kraft wird aufgrund der Sogwirkung auf das erste Teil 19 übertragen, welches in der Folge von seinem Einspritzventilelementsitz 27 abhebt. Aufgrund des vorerwähnten Unterdrucks im Kopplervolumen 50 vergrößert sich dieses, da Kraftstoff aus dem Injektorvolumen 12 über die Drosselanordnung 52 in einen Bereich axial zwischen der Stirnseite 48 des ersten Teils 19 und dem Grund 49 der Sacklochbohrung 23 nachströmt. Die Drosselanordnung 52 ist dabei so ausgelegt, dass die Befüllung bzw. die Zunahme des Kopplervolumens 50 zu keiner funktionsrelevanten Veränderung des Maximalhubes des Einspritzventilelementes 18 führt. Dies ist auch im Falle einer Mehrfacheinspritzung zu realisieren. Die Passung zwischen dem ersten Teil 19 und dem Innenumfang der Sacklochbohrung 23 ist so bemessen, dass der hier auftretende Volumenstrom gegenüber dem Durchflussvolumenstrom durch die Drosselanordnung 52 zu vernachlässigen ist - der Führungsspalt 53 ist also als im Wesentlichen hydraulisch dicht zu bezeichnen.

[0030] Wird die Bestromung des Aktuators 39 unterbrochen, steigt, wie zuvor erläutert, der Druck in der Steuerkammer 29 rapide an, wodurch sich zunächst das zweite Teil 24 des Einspritzventilelementes 18 in axialer Richtung in der Zeichnungsebene nach unten bewegt. Sobald das erste Teil 19 am Einspritzventilelementsitz 27 anliegt, ist die Einspritzung beendet und das Kopplervolumen 50 wird mittels der Schließfeder 43 leergedrückt, bis der Ursprungszustand wieder erreicht wird. Die Entleerung des Kopplervolumens 50 ist nur möglich, da die Drosselanordnung 52 derart ausgebildet ist, dass der Durchflussvolumenstrom sich unterproportional, d.h. nicht linear zum Druckdifferenzanstieg zwischen Kopplervolumen 50 und Injektorvolumen 12 verhält. Es ist kein linearer Zusammenhang wie bei einer herkömmlichen Führung (Schmierspalttheorie) gegeben.

[0031] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist das erste Teil 19 im Bereich des Führungsspalt 53 ausgeformt und somit als Schwenkgelenk ausgebildet, um somit Winkelfehler und Schrägstellungen zwischen der düsenseitigen Führung und der Führung des Einspritzventilelementes 18 im Ventilkörper 7 ausgleichen zu können.

[0032] Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel eines Kraftstoff-Injektors 1 entspricht im Wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen im Hinblick auf Gemeinsamkeiten auf die

vorangehende Figurenbeschreibung sowie auf Fig. 1 verwiesen wird. Im Folgenden werden im Wesentlichen nur Unterschiede zum vorangehenden Ausführungsbeispiel erläutert.

[0033] Aus Fig. 2 ist zu entnehmen, dass auf eine Drosselbohrung zur Anbindung des Kopplervolumens 50 an das Injektorvolumen 12 verzichtet wurde. Das Kopplervolumen 50 ist ebenfalls zwischen dem Grund 49 der Sacklochbohrung 23 und der in der Zeichnungsebene oberen Stirnseite 48 des ersten Teils 19 des Einspritzventilelementes 18 ausgebildet. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Drosselanordnung 52 im Bereich einer Führung 54 zwischen dem Außenumfang des ersten Teils 19 und dem Innenumfang der Sacklochbohrung 23 realisiert. Die Drosselanordnung 52 umfasst in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Anzahl von in axialer Richtung hintereinander angeordneten Drosseln 55. Die Drosseln 55 sind jeweils gebildet zwischen einem ringförmigen Steg 56 mit einer in radialer Richtung spitz zulaufenden Außenkante und dem Innenumfang der Sacklochbohrung 23. Die Axialerstreckung der Stege 56 in einem am Innenumfang der Sacklochbohrung 23 anliegenden Bereich ist so kurz bemessen, dass sich eine turbulente Strömung ausbilden kann, mit der Folge, dass sich der Durchflussvolumenstrom durch die Drosselanordnung 52 nur unterproportional mit zunehmender Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen 50 und Injektorvolumen 12 zunimmt. Die jeweils zwei in axialer Richtung benachbarten, ringförmigen Stege 56 begrenzen zwischen sich eine Rille 57 (Umfangsnut) am Außenumfang des ersten Teils 19. Wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist das erste Teil 19 im Bereich der Führung 54 etwas ballig ausgeformt, so dass das erste Teil 19 relativ zu dem zweiten Teil 24 in gewissen Grenzen verschwenkbar ist, so dass Winkelfehler ausgeglichen werden können.

Patentansprüche

1. Kraftstoff-Injektor, insbesondere Common-Rail-Injektor, zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung verstellbaren, mehrteiligen Einspritzventilelement (18), umfassend ein erstes und mindestens ein relativ zu dem ersten Teil (19) verstellbares zweites Teil (24), die über ein hydraulisches Kopplervolumen (50) miteinander gekoppelt sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Teil (19) im zweiten Teil (24) oder das zweite Teil (24) im ersten Teil (19) geführt ist, und dass das Kopplervolumen (50) mit einem Injektorvolumen (12) über mindestens eine Drosselanordnung (52) verbunden ist, die derart ausgebildet ist, dass der Durchflussvolumenstrom mit steigender Druckdifferenz zwischen Kopplervolumen (50) und Injektorvolumen (12) lediglich unterproportional zunimmt.
2. Kraftstoff-Injektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drosselanordnung (52) mindestens eine, vorzugsweise ausschließlich eine, insbesondere im ersten oder zweiten Teil (19, 24) eingebrachte, Drosselbohrung (51) umfasst.
3. Kraftstoff-Injektor nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drosselanordnung (52) mindestens eine, insbesondere hydraulisch scharfkantige, Drosselstufe mit einer geringen Längserstreckung in Strömungsrichtung aufweist, die vorzugsweise so bemessen ist, dass sich eine turbulente Strömung ausbildet.
4. Kraftstoff-Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drosselanordnung (52) mehrere hydraulisch in Reihe angeordnete Drosseln (55) umfasst.
5. Kraftstoff-Injektor nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drosseln (55) radial zwischen dem ersten und dem zweiten Teil (19, 24) ausgebildet sind.
6. Kraftstoff-Injektor nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drosselanordnung (52) mehrere axial hintereinander angeordnete, im ersten oder im zweiten Teil (19, 24) eingebrachte Rillen (57) umfasst.
7. Kraftstoff-Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Teil (19) ein eine Steuerkammer (29) begrenzender Steuerkolben und das zweite Teil (24) mit einem

Düsennadelsitz zusammenwirkende Düsennadel ist.

8. Kraftstoff-Injektor nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,

5 **dass** die Führung (54) als eine Relativverstellbarkeit des ersten und des zweiten Teils (19, 24) relativ zu der Längsmittelachse des Einspritzventilelementes (18) ermöglichendes Schwenkgelenk ausgebildet ist.

9. Kraftstoff-Injektor nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,

10 **dass** das erste oder das zweite Teil (19, 24) im Bereich der Führung (54) ballig ausgeformt ist.

10. Kraftstoff-Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

15 **dass** der Kraftstoff-Injektor (1) keine dauerhafte Niederdruckstufe aufweist.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

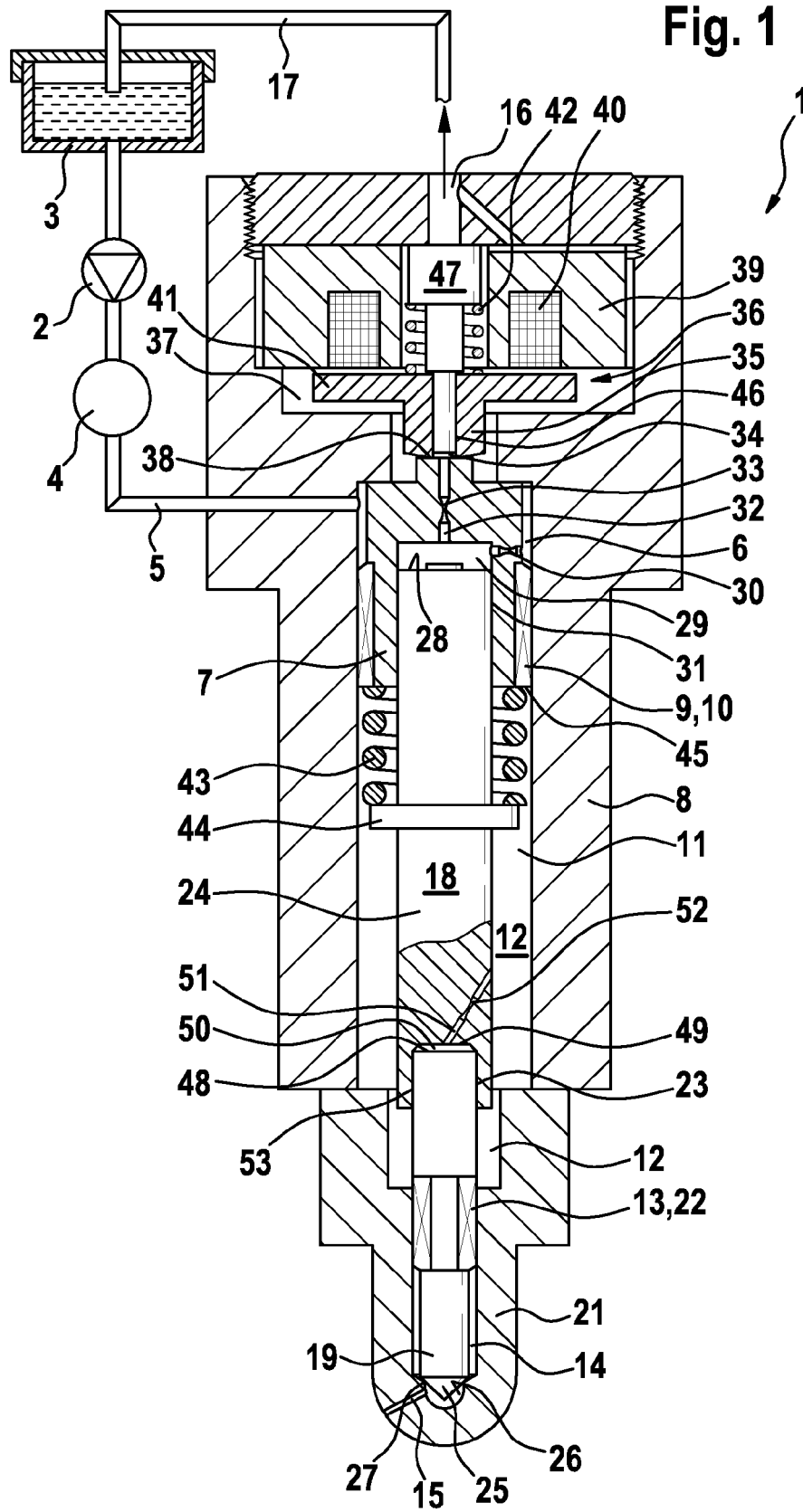


Fig. 2

