



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 277 952 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.01.2003 Patentblatt 2003/04

(51) Int Cl.7: **F02M 63/00, F02M 45/04**

(21) Anmeldenummer: **02014393.9**

(22) Anmeldetag: **28.06.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

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

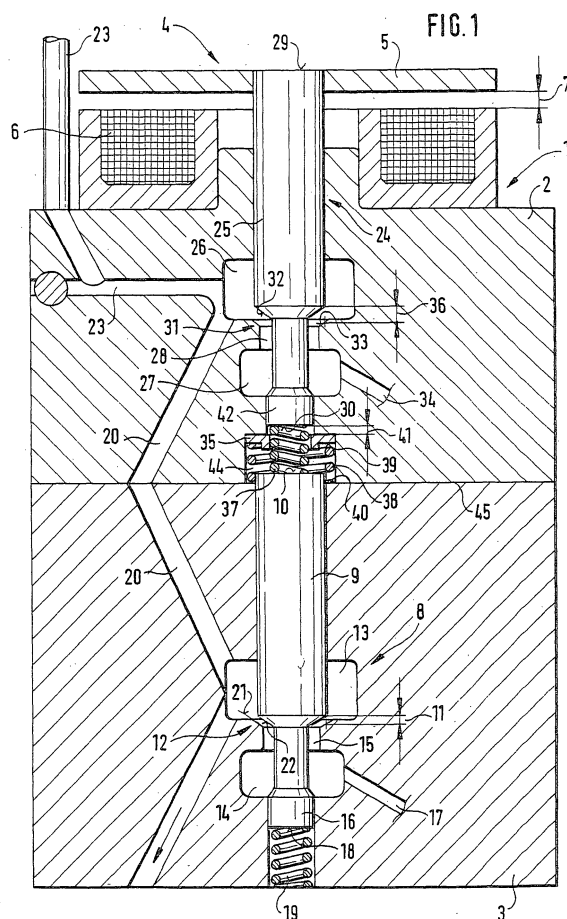
(72) Erfinder: **Rodriguez-Amaya, Nestor
70372 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **16.07.2001 DE 10134529**

(54) **Injektor mit hintereinandergeschalteten, nach innen öffnenden Ventilen**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor für Kraftstoffeinspritzsysteme an Brennkraftmaschinen. Der Injektor umfasst ein Gehäuse (2, 3), in welchem hintereinanderliegend angeordnete Ventile (8, 24) aufgenommen sind. Eines der Ventile (8, 24) wird über einen dem Injektor zugeordneten Aktor (4) be-

tätigt. Jedem der Ventile (8, 24) ist ein aufsteuerbarer Steuerraum (13, 26) mit jeweils einem Zulauf (23, 20) zugeordnet. Die Ventile (8, 24) sind als nach innen öffnende Ventile ausgebildet. Das über den Aktor (4) betätigbare der Ventile (8, 24) betätigt das andere der Ventile (8, 24), das über ein erstes Federelement (19) vorgespannt ist, über ein Federpaket (37, 38).



EP 1 277 952 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Bei direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen werden Pumpendüsen- bzw. Pumpen-Leitung-Düse-Einspritzsysteme eingesetzt. An diesen Kraftstoffeinspritzsystemen können I-Ventile (nach innen öffnende Ventile) eingesetzt werden, die sich durch eine hohe Betriebsstabilität auszeichnen. Neben einer hohen Betriebsstabilität ist außerdem eine Formung des Einspritzverlaufes von Bedeutung, um den Ablauf der Verbrennung im Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine hinsichtlich der Russbildung und der HC-Bildung zu optimieren.

Stand der Technik

[0002] EP 0 823 549 A2 betrifft einen Injektor. Dieser Injektor umfasst einen Injektorkörper und eine verschiebbar in diesem aufgenommene Düsennadel. Mittels einer Schließfeder wird die Düsennadel in ihren Sitz gedrückt. Es ist eine Kraftstoffversorgungsleitung vorgesehen, mit der der Düsennadel im Bereich einer konischen Fläche Kraftstoff derart zugeführt wird, dass eine gegen die Wirkung der Schließfeder gerichtete Kraft entsteht. Mit einem Ablaufventil wird die Verbindung zwischen der Kraftstoffversorgungsleitung und einem Ablauf zum Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors gesteuert. Mittels eines Steuerventils wird der Kraftstoffdruck in einen Steuerraum gesteuert, der teilweise von einer Fläche der Düsennadel oder ein daran aufgenommene Komponente definiert ist. Die Düsennadel bzw. die an dieser aufgenommene Komponente ist derart orientiert, dass bei hohem Druckniveau im Steuerraum eine auf die Düsennadel wirkende Kraft erzeugt wird, die die Kraft der Schließfeder unterstützt. Das Ablaufventil und das Steuerventil werden mittels eines elektromagnetischen Aktors, ausgebildet als ein Bauteil, gesteuert. Das Steuerventil und die Stirnfläche der Düsennadel oder die mit dieser zusammenwirkende Komponente (zum Beispiel ein Stößel oder dergleichen), die einen Teil des Steuerraums bilden, sind derart dimensioniert, dass das Steuerventil jederzeit im wesentlichen druckausgeglichen ist.

[0003] Gemäß dieser Lösung sind das Ablauf- und das Steuerventil beidseits eines elektromagnetischen Aktors hintereinanderliegend angeordnet, wobei die Hübe von Ablaufventil und Steuerventil vom elektromagnetischen Aktor gleichzeitig aufgeprägt werden und eine voneinander unabhängige Ansteuerung der beiden hintereinandergeschalteten Ventile nicht möglich ist.

Darstellung der Erfindung

[0004] Mit der erfindungsgemäßen Lösung lassen sich an einem Injektor nach innen öffnende Ventile (I-Ventile) derart hintereinanderschalten, dass eine Ein-

spritzverlaufsformung durch eine Querschnittsdrosselung bei einem Zwischenschaltzustand realisiert werden kann. Mit der erfindungsgemäßen Lösung lassen sich sehr kleine Hübe einstellen, mit denen sich wiederum sehr kleine Einspritzmengen zu bestimmten Phasen der Einspritzung in Anpassung an den im Brennraum ablaufenden Verbrennungsverlauf erzielen lassen.

[0005] Durch das Hintereinanderschalten zweier I-Ventile können deren beiden Ventilnadeln mit einem Aktor - sei es ein Elektromagnet oder ein Piezoaktor - betätigt werden. Zwischen den beiden Ventilnadeln der hintereinandergeschalteten I-Ventile ist ein Federpaket aufgenommen, welches zum Beispiel zwei Spiralfedern in Parallelschaltung umfassen kann. Das Federpaket wird bevorzugt zwischen den beiden Ventilnadeln der in Reihe hintereinandergeschalteten I-Ventile aufgenommen, während die Ventilnadel des dem Aktor entfernt liegenden I-Ventils von einem Federelement abgestützt ist. Der Hub dieser Ventilnadel ist geringer bemessen als derjenige, der dieser vorgeschalteten Ventilnadel. Beide Ventilnadeln schließen somit bei Betätigung des Aktors aufgrund des unterschiedlichen Erreichens ihrer jeweiligen Schließposition an den Ventilnadelsitzen bei verschiedenen Hubwegen.

[0006] Dementsprechend wirkt das zwischen den Ventilnadeln des ersten und des zweiten I-Ventils angeordnete Federpaket als in erster Näherung steife Feder, so dass sich die Federvorspannung des dem ersten I-Ventil zugeordneten Federelementes in einer ersten Stellbewegung des Aktors überwinden lässt. Bei weiterer Stellkraftehöhung durch den Aktor lässt sich über die am zweiten I-Ventil vorgesehene Hubwegreserve im Bereich von dessen Ventilnadelsitz ein sehr kleiner Hubweg - je nach Ansteuerung des Aktors - realisieren, der eine Einspritzverlaufsformung durch Querschnittsdrosselung am zweiten I-Ventil gestattet, welche dem Verbrennungsfortschritt im Brennraum der Verbrennungskraftmaschine durch Zumessung sehr kleiner Einspritzmengen Rechnung trägt. Während der Drosselung durch Querschnittsverengung am ersten I-Ventil bleibt das in Strömungsrichtung des Kraftstoffs gesehen hinter diesem angeordnete zweite I-Ventil in seiner geschlossenen Stellung und hat keinen Einfluss auf die Zumessung des Kraftstoffvolumens nach Schließen seiner Ventilnadel. Die Zumessung des Kraftstoffs erfolgt lediglich durch die Hubwegreserve und deren Ausnutzung am zweiten I-Ventil durch entsprechende Ansteuerung des Aktors.

Zeichnung

[0007] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

[0008] Es zeigt:

Figur 1 die Prinzipskizze eines Doppel-I-Ventils mit stufenweiser Zuschaltungsmöglichkeit,

Figur 1.1 eine Ausführungsvariante eines Doppel-I-Ventils mit über Kopf angeordneten Einzel-I-Ventilen und

Figur 2 die Federkraft, aufgetragen über den Hubweg des bzw. der I-Ventile.

Ausführungsvarianten

[0009] Der Darstellung gemäß Figur 1 ist die Prinzipskizze eines Doppel-I-Ventils mit stufenweiser Zuschaltungsmöglichkeit zu entnehmen.

[0010] Ein Kraftstoffinjektor 1 umfasst ein erstes Gehäuseteil 2 sowie ein weiteres Gehäuseteil 3, welche an einer Trennfuge 45 aneinander anliegen. Die gewählte zweiteilige Ausführung des Injektorgehäuses erleichtert eine Montage der in diesem hintereinanderliegend aufgenommenen, nach innen öffnenden Ventile (I-Ventile) 8 bzw. 24. Im oberen Bereich des ersten Gehäuseteils 2 ist ein Aktor 4 angeordnet, der gemäß der Darstellung in Figur 1 als ein Elektromagnet ausgebildet ist. Der Aktor 4 umfasst ein tellerförmiges Element 5, welches an einer oberen Stirnfläche 29 einer zweiten Ventilnadel 25 des zweiten Ventils 24 aufgenommen ist. Dem Teller 5 gegenüberliegend ist eine Magnetspule 6 angeordnet. Zwischen dem Teller 5 des Aktors 4 ist ein Hubweg 7 vorgesehen. Bei der Erregung der Magnetspule 6 wird dieser Hubweg 7 überwunden und eine Stellbewegung in die zweite Ventilnadel 25 des zweiten Schaltventils 24 eingeleitet.

[0011] In das zweite Gehäuseteil 3 des Kraftstoffinjektors 1 ist eine erste Ventilnadel 9 des ersten Ventils 8 (I-Ventil) eingelassen. Die Ventilnadel 9 weist eine obere Stirnfläche 10 auf, mit welcher sie in einen Hohlraum 44 im ersten Gehäuseteil 2 hineinragt. Am der Stirnfläche 10 gegenüberliegenden Ende ist die erste Ventilnadel 9 mit einem Ausgleichskolben 16 versehen, an dessen Stirnfläche 18 ein erstes Federelement 19 anliegt. Das erste Federelement 19 wird bevorzugt als Spiralfeder ausgebildet und stützt sich am zweiten Gehäuseteil 3 ab. Die erste Ventilnadel 9 des I-Ventils 8 ist von einer ersten Kammer 13 ringförmig umschlossen, die über einen Zulauf 20 mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff beaufschlagbar ist. Unterhalb der ersten Kammer 13 ist eine zweite Kammer 14 im zweiten Gehäuseteil 3 ausgebildet, von welcher eine Entlastungsleitung 17 in den Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors abzweigt. Zwischen der ersten Kammer 13 und der zweiten Kammer 14 des ersten I-Ventils 8 ist ein Ventilnadelsitz 12 ausgebildet. Der Ventilsitz 12 des ersten I-Ventils 8 wird von einer gehäuseseitigen Ventilsitzfläche 21 und einem konischen Abschnitt 22, der Ventildichtfläche der ersten Ventilnadel 9, gebildet. In der Darstellung gemäß Figur 1 ist der Hubweg, welchen die erste Ventilnadel 9 zum Erreichen ihrer Schließposition am Ventilnadelsitz 8 zurückzulegen hat, mit Bezugszeichen 11 gekennzeichnet. Unterhalb des Ventilnadelsitzes 12 ist im zweiten Gehäuseteil 3 ein Ringspalt 15 vorgesehen, der sich an den Ventilnadelsitz 12 des ersten I-Ventils 8 anschließt und die erste Kammer 13 sowie die zweite Kammer 14 des ersten I-Ventils 8 miteinander verbindet.

palt 15 vorgesehen, der sich an den Ventilnadelsitz 12 des ersten I-Ventils 8 anschließt und die erste Kammer 13 sowie die zweite Kammer 14 des ersten I-Ventils 8 miteinander verbindet.

[0012] Im ersten Gehäuseteil 2 des Kraftstoffinjektors 1 ist die zweite Ventilnadel 25 des zweiten I-Ventils 24 aufgenommen, an deren oberer Stirnseite 29 der der Magnetspule 6 gegenüberliegende Teller 5 befestigt ist. Am der Stirnseite 29 der zweiten Ventilnadel 25 gegenüberliegenden Ende ist die zweite Ventilnadel 25 mit einem Ausgleichskolben 42 versehen. Die zweite Düsen- nadel 25 des zweiten I-Ventils 24 ist von einer dritten Kammer 26 ringförmig umschlossen. Daneben umschließt eine vierte Kammer 27 die zweite Ventilnadel 25 des zweiten I-Ventils 24 oberhalb des an der zweiten Ventilnadel 25 ausgebildeten Ausgleichskolbens 42. Zwischen der dritten Kammer 26 und der vierten Kammer 27 ist ein Ventilnadelsitz 31 ausgebildet. Der Ventilnadelsitz 31 läuft gehäuseseitig in einen Ringspalt 28 aus, der bei geschlossener zweiter Ventilnadel 25 geschlossen ist.

[0013] An der zweiten Ventilnadel 25 ist eine konisch verlaufende Ventildichtfläche 32 ausgebildet, der im Bereich des Ventilnadelsitzes 31 eine gehäuseseitige, d. h. am ersten Gehäuseteil 2 ausgebildete Ventilsitzfläche 33 gegenüberliegt. Die zweite Ventilnadel 25 des zweiten I-Ventils 24 legt einen mit Bezugszeichen 36 bezeichneten Hubweg innerhalb des ersten Gehäuseteils 2 des Injektors 1 zurück. Die dritte Kammer 26 des zweiten I-Ventils steht über einen Zulauf 23 bzw. 20 mit einer hier nicht näher dargestellten Kraftstoffquelle in Verbindung, während die vierte Kammer 27 des zweiten I-Ventils 24 eine Entlastungsleitung 34 umfasst, über welche die vierte Kammer 27 mit dem Niederdruckbereich - hier nicht näher dargestellt - des Kraftstoffinjektors 1 in Verbindung steht.

[0014] Zwischen der der ersten Ventilnadel 9 zuweisenden Stirnfläche 30 der zweiten Ventilnadel 25 und der Stirnfläche 10 der ersten Ventilnadel 9 ist ein zweites Federelement 37 aufgenommen. Das zweite Federelement 37 wird von einem in den Hohlraum 44 des ersten Gehäuseteils 2 eingelassenen, scheibenförmig konfigurierten Federteller 35 umschlossen. Der Federteller 35 stützt sich mit seiner oberen Ringfläche an der Begrenzung des Hohlraumes 44 im ersten Gehäuseteil 2 ab. An seiner unteren Ringfläche 39 stützt sich ein drittes Federelement 38 ab, welches das zweite Federelement 37 umschließt. Die in der Darstellung . gemäß Figur 1 in den Hohlraum 44 im ersten Gehäuseteil 2 eingelassenen Federelemente 37 bzw. 38 bilden ein Federpaket, aus zwei in diesem Falle parallelgeschalteten Spiralfedern. Anstelle der hier dargestellten zwei Federelemente 37 bzw. 38 können bei entsprechender Dimensionierung von Stirnfläche 30 bzw. Hohlraum 44 im ersten Gehäuseteil 2 auch mehr als zwei Federelemente in den Hohlraum 44 aufgenommen sein; neben der Ausgestaltung des zweiten Federelementes 37 und des dritten Federelementes 38 als Spiralfedern wären auch Tel-

lerfederpakete denkbar, die in den Hohlraum 44 eingelassen werden können.

[0015] Bei Ansteuerung des Aktors 4 durch Erregung der Magnetspule 6 wird der an der Stirnfläche 29 der zweiten Ventilmadel 25 aufgenommene Teller 5 in Richtung auf die Magnetspule 6 angezogen, d.h. der mit Bezugszeichen 7 bezeichnete Tellerhub verringert sich. Durch die Einfahrbewegung der zweiten Ventilmadel 25 in das erste Gehäuseteil 2 erfolgt gleichfalls eine Betätigung der ersten Ventilmadel 9 des ersten I-Ventils 8 entgegen des diese abstützenden ersten Federelementes 19. Bei der Einfahrbewegung der zweiten Ventilmadel 25 in das erste Gehäuseteil 2 wirkt das auf die Stirnfläche 10 der ersten Ventilmadel 9 des ersten I-Ventils 8 wirkende zweite Federelement 37 des Federpaketes im Hohlraum 44 in erster Näherung als steife Feder, so dass die erste Ventilmadel 9 des ersten I-Ventils entsprechend ihres Hubweges 11 in ihren Ventilmadelsitz 12 einfährt und diesen durch Anlage der Sitzflächen 21 bzw. 22 verschließt. Die Steifigkeit des zweiten Federelementes 37 ist wesentlich höher bemessen als die Federsteifigkeit des den Ausgleichskolben 16 der ersten Ventilmadel 9 unterstützenden ersten Federelementes 19, welches sich seinerseits im zweiten Gehäuseteil 3 abstützt.

[0016] Während der Einfahrbewegung der zweiten Ventilmadel 25 und dem aus dieser Einfahrbewegung resultierenden Verschließen der ersten Ventilmadel 9 an ihrem Ventilmadelsitz 12 fährt die zweite Ventilmadel 25 des zweiten I-Ventils 24 lediglich über einen Teil ihres Hubweges 36 in das erste Gehäuseteil 2 ein. Demnach steht bis zum Erreichen einer Schließposition an der zweiten Ventilmadel 25 noch eine Hubreserve 41 zur Verfügung. Bei Krafterhöhung am Aktor 4 zum Beispiel durch weitere Erregung der Magnetspule 6 fährt deren Teller 5 weiter auf die Magnetspule 6 hinzu und prägt dadurch der zweiten Ventilmadel 25 des zweiten I-Ventils 24 eine erhöhte Stellkraft auf. Die Stirnfläche 30 des Ausgleichskolbens 42 der zweiten Ventilmadel 25 fährt demnach auf die innere, vom zweiten Federelement 37 durchsetzte Bohrung bzw. deren Kante zu, bis sich die Stirnfläche 30 des Ausgleichskolbens 42 am Federteller 35 anlegt. Bei weiterer Einfahrbewegung entsprechend der am Aktor 4 erzeugten Stellkraft wirkt auf die zweite Ventilmadel 25 nunmehr sowohl die Federkraft des zweiten Federelementes 37 als auch die Federkraft des den Federteller 35 im Hohlraum 44 abstützenden dritten Federelementes 38. Je nach am Aktor 4 aufgebrachter Stellkraft kann die am zweiten Ventilmadelsitz 31 aufgeprägte Drosselung so variiert werden, dass lediglich geringste Kraftstoffmengen aus der dritten Kammer 26 des zweiten I-Ventils 24 in den Zulauf 20 zur Düse hin abströmen.

[0017] Der Sitzquerschnitt, welcher die Verbindung der dritten Kammer 26 und der Kammer 27 schafft, ist von der durch den Aktor 4 erzeugbaren Stellkraft und der dieser entgegenwirkenden Kraft des Federpaketes 37 bzw. 38 im Hohlraum des ersten Gehäuseteils 2 und

der Kraft der Feder 19 im Hohlraum unteren Gehäuse- teiles 3 abhängig. Es lassen sich mit der gewählten Ausführungsvariante kleinste Hubwege realisieren, mit denen sich wiederum günstige Einspritzmengenverläufe darstellen lassen, welche in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine je nach dort herrschender Verbrennungsphase optimal ausgenutzt werden können.

[0018] Figur 1.1 zeigt eine Ausführungsvariante einer Anordnung eines Doppel-I-Ventils innerhalb eines Gehäuses.

[0019] Im oberen Bereich eines zweiten Gehäuse- teiles 3 ist ein Aktor 4 angeordnet, der analog zur Darstellung in Figur 1 als Elektromagnet ausgeführt ist. Der Aktor 4 umfasst ein tellerförmiges Element 5, welches auf einen Druckbolzen einwirkt. Dem tellerförmigen Element 5 gegenüberliegend, ist eine Magnetspule 6 angeordnet. Wird die Magnetspule 6 erregt, überbrückt das tellerförmige Element 5 den Tellerhub 7 auf die Magnetspule 6 hin, wodurch dem mit dem tellerförmigen Element 5 in Verbindung stehenden Druckbolzen eine vertikale Abwärtsbewegung aufgeprägt wird. Diese führt zu einer Stellbewegung der zweiten Düsenadel 25 des zweiten I-Ventils 24 innerhalb des ersten Gehäuse- teiles 2. Im Unterschied zur Darstellung gemäß Figur 1 ist in der Ausführungsvariante gemäß Figur 1.1 das erste I-Ventil 8, dessen erste Ventilmadel 9 einen Ausgleichskolben 16 umfasst, durch ein Federpaket aus Federelementen 37 bzw. 38 an seiner unteren Stirnseite 18 abgestützt.

[0020] Die Stirnseite 18 der ersten Ventilmadel 9 wird durch das zweite Federelement 37 unmittelbar abgestützt, wobei ein in den Hohlraum 44 eingelassener Federteller 35 an seiner Unterseite durch das dritte Federelement 38 abgestützt ist. Die beiden Federelemente 37 bzw. 38 stützen sich auf der Stützfläche 40 des Hohl- raumes 44 im Gehäuse ab. Der Ventilmadelsitz 12 des ersten I-Ventils 8 ist analog zum Ventilmadelsitz des ersten I-Ventils 8 gemäß der Darstellung in Figur 1 beschaffen.

[0021] Im Unterschied zur Darstellung eines Doppel- I-Ventils 8, 24 gemäß der Darstellung in Figur 1 ist das zweite I-Ventil 24 entgegengesetzt zum ersten I-Ventil im ersten Gehäuseteil 2, d.h. auf dem Kopf stehend, orientiert. Der Ventilmadelsitz 31 des zweiten I-Ventils ist verdreht zum Ventilmadelsitz 31 des zweiten I-Ventils 24 gemäß der Darstellung in Figur 1 im dortigen ersten Gehäuseteil 2 ausgebildet. Im Unterschied zur Darstellung gemäß Figur 1.1, in welcher das Federpaket, das zweite Federelement 37 und das dritte Federelement 38 umfassend, zwischen den Stirnseiten 30 des zweiten I-Ventils 24 und der Stirnseite 10 der ersten Ventilmadel 9 des ersten I-Ventils 8 angeordnet ist, befindet sich zwischen den besagten Stirnseiten 30 bzw. 10 der Ventilmadeln 25 bzw. 9 ein scheibenförmig konfiguriertes Element 46. Dieses ist in einem Durchmesser ausgebildet, der die Außendurchmesser der ersten bzw. der zweiten Ventilmadel 9 bzw. 25 übersteigt. Das als Trennelement

fungierende scheibenförmige Element 46 ist von einem Raum umschlossen, der durch die Wandung einer Innenbohrung eines Rings 47 begrenzt ist.

[0022] Die dem ersten I-Ventil 8 bzw. dem zweiten I-Ventil 24 jeweils zugeordneten Kammern 13 bzw. 26 können stromab durch eine das aus beiden Kammern abgesteuerte Volumen aufnehmende Bohrung innerhalb des Gehäuses zusammengeführt werden.

[0023] Figur 2 zeigt die Federkraft, aufgetragen über den Hubwegen des ersten bzw. des zweiten I-Ventils im zweiteilig konfigurierten Gehäuse des Injektors.

[0024] Gemäß der in Figur 1 wiedergegebenen Ausführungsvariante sind zwei I-Ventile 8 bzw. 24 hintereinandergeschaltet, deren Ventilnadeln 9 bzw. 25 über eine als Federnpaket realisierte steife Feder verbunden sind, so dass beide Ventilnadeln 9 bzw. 25 mit einem Aktuator 4 betätigt werden können.

[0025] Beide Ventilnadeln 9 bzw. 25 sind mit unterschiedlichen Hüben 36 bzw. 11 ausgestattet, wobei die diesen Ventildedern 9 bzw. 25 zugeordneten Federelemente, d.h. das erste Federelement 19 sowie das zweite und das dritte Federelement 37 bzw. 38 des im Hohlraum 44 des ersten Gehäuseteils 2 unterschiedliche Federcharakteristika besitzen. Das erste Federelement besitzt eine Federcharakteristik c_1 , welche kleiner bemessen ist als die Federcharakteristik c_2 des zweiten Federelementes 37 im Hohlraum 44. In der ventilloffenen Stellung sind das erste Federelement 19 und das zweite Federelement 37 des Federnpaketes mit gleicher Vorspannkraft vorgespannt. Dieser Punkt ist mit "1" im Diagramm gemäß Figur 2 bezeichnet. Bei Betätigung durch den Aktor 4, sei es ein Piezoaktor oder ein Magnetventil, wirkt diese Kraft, vereinfacht gesagt, lediglich auf das erste Federelement 19; das zweite Federelement 37 des Federnpaketes im Hohlraum 44 stellt sich in erster Näherung als starre Feder dar. Beide Ventilnadeln 9 bzw. 25 werden in Richtung auf ihre Ventilnadelsitze 12 bzw. 31 bewegt. Die erste Ventilnadel 9 des ersten I-Ventils 8 erreicht als erste ihren Ventilnadelsitz 12 und verschließt diesen. Dieser Punkt ist im Diagramm gemäß der Darstellung in Figur 2 mit der Ziffer 2 bezeichnet. Bei weiterer Stellkrafteerhöhung durch den Aktuator 4 an der Stirnseite 29 der zweiten Ventilnadel 25 kann von der zweiten Ventilnadel 25 ein weiterer Hubweg 41 zurückgelegt werden, bis die Stirnfläche 30 des Ausgleichskolbens 42 den Federteller 35 erreicht. Bis zum Erreichen des Federtellers 35 im Hohlraum 44 wirkt das zweite Federelement 37 entsprechend seiner Federsteifigkeit c_2 . Der Hubweg 41 folgt somit im Diagramm dem zwischen den Ziffern 3 und 4 verlaufenden Linienzug 37.

[0026] Bei Erreichen des Federtellers 35, der durch das dritte Federelement 38 im Hohlraum 44 vorgespannt wird, ist durch den Aktor 4 erneut eine Kraftstufe zu überwinden, die im Diagramm gemäß der Darstellung in Figur 2 durch den Linienzug zwischen Ziffer 4 und Ziffer 5 gekennzeichnet ist. Ab Ziffer 5 im Diagramm gemäß der Darstellung in Figur 2 wirken das zweite Fe-

derelement 37 und das dritte Federelement 38 des Federnpaketes im Hohlraum 44 als parallelgeschaltete Federn mit ihren Steifigkeiten c_2 bzw. c_3 . Bei Punkt 6 schließlich ist die zweite Ventilnadel 25 des zweiten I-Ventils 24 in ihren Ventilnadelsitz 31 gefahren, so dass auch das zweite I-Ventil 24 sich in seiner Schließposition im ersten Gehäuseteil 2 befindet.

[0027] Entsprechend der Auslegung des ersten Federelementes 19, welches die Stirnseite 18 des Ausgleichskolbens 16 der ersten Ventilnadel 9 beaufschlagt und den Auslegungen des zweiten Federelementes 37 zwischen den Stirnseiten 30 bzw. 10 der ersten Ventilnadel 9 und der zweiten Ventilnadel 25 und der Auslegung des dritten Federelementes 38, welches den Federteller 35 im Inneren des Hohlraums 44 beaufschlagt, kann zwischen den Positionen 5 und 6 gemäß des Diagramms in Figur 2 durch geeignete Ansteuerung des Aktors ein sehr kleiner restlicher Hubweg eingestellt werden, wodurch sich die gewünschte Drosselung und damit eine Einspritzverlaufsformung gemäß des Fortschrittes der Verbrennung im Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine erzielen lässt. Dabei ist die Einspritzmenge bei geschlossenem ersten I-Ventil 8 ausschließlich von der Drosselung am Ventilsitz 31 der zweiten Ventilnadel 25 des zweiten I-Ventils 24 im ersten Gehäuseteil 2 des Kraftstoffinjektors 1 abhängig.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor für Kraftstoffeinspritzsysteme an Brennkraftmaschinen mit einem Gehäuse (2, 3), in welchem hintereinanderliegend angeordnete Ventile (8, 24) aufgenommen sind, von denen eines über einen dem Gehäuse (2, 3) zugeordneten Aktor (4) betätigbar ist und jedem der Ventile (8, 24) eine aufsteuerbarere Kammer (13, 26) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventile (8, 24) als nach innen öffnende Ventile ausgebildet sind und dass eines der über den Aktor (4) betätigbaren Ventile (8, 24) das andere Ventil (8), welches über ein erstes Federelement (19) vorgespannt ist, über ein Federnpaket (37, 38) beaufschlagt.
2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventile (8, 24) Ventilnadeln (9, 25) umfassen, die jeweils einen Ausgleichskolben (16, 42) aufweisen und die Ausgleichskolben (16, 42) unterhalb einer zweiten Kammer (14) bzw. einer vierten Kammer (27) angeordnet sind.
3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Federnpaket ein zweites Federelement (37) und ein drittes Federelement (38) umfasst, die parallel zueinander geschaltet sind.
4. Kraftstoffinjektor gemäß der Ansprüche 2 und 3, **da-**

durch gekennzeichnet, dass das zweite Federelement (37) zwischen der Stirnfläche (10) einer ersten Ventilnadel (9) und einer unteren Stirnfläche (30) einer zweiten Ventilnadel (25) angeordnet ist.

5

5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Federelement (38) das zweite Federelement (37) umschließend angeordnet ist und sich am zweiten Gehäuseteil (3) und an einem in einem Hohlraum (44) aufgenommenen Federteller (35) abstützt.

10

6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventile (8, 24) jeweils zwei Kammern (13, 14; 26, 27) umfassen, zwischen denen jeweils ein Ventilnadsitz (12, 31) angeordnet ist.

15

7. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten und dritten Kammer (13, 26) der Ventile (8, 24) jeweils eine Verteilerbohrung (20) mündet und der zweiten und vierten Kammer (14, 24) der Ventile (8, 24) jeweils eine Ablaufbohrung (17, 34) zugeordnet ist.

20

25

8. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das über den Aktor (4) betätigbare der Ventile (8, 24) einen Hubweg (36) aufweist, der größer bemessen ist als der Hubweg (11) des anderen Ventils (8).

30

9. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vom Federpaket (37, 38) erzeugte Vorspannkraft höher ist als die des ersten Federelementes (19), welches dem anderen Ventil (8) zugeordnet ist.

35

10. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Federelement (37) des Federpaketes auf die Stirnseiten (10, 30) der Ventilnadeln (9, 25) wirkt und das dritte Federelement (38) sich an einem Gehäuseteil (3) einerseits und am Federteller (35), der in den Hohlraum (44) eingelassen ist, abstützt.

40

45

50

55

