



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 23 775 B4 2005.01.20**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 23 775.8**
 (22) Anmeldetag: **16.05.2001**
 (43) Offenlegungstag: **28.11.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **20.01.2005**

(51) Int Cl.7: **F02M 47/02**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

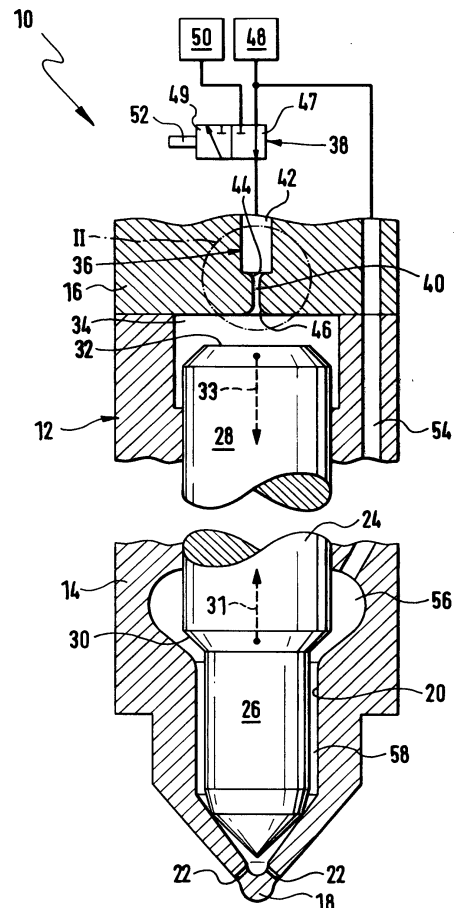
(74) Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188 Stuttgart

(72) Erfinder:
Boecking, Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 198 44 996 A1
DE 198 23 937 A1
DE 100 55 714 A1
DE 100 24 703 A1
GB 23 36 628 A
US 58 19 710 A
EP 09 76 924 A2
JP 09-3 17 593 AA
JP 08-2 32 797 AA
JP 07-3 32 200 AA

(54) Bezeichnung: **Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen, insbesondere Common-Rail-Injektor, sowie Kraftstoffsystem und Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) für Brennkraftmaschinen (60), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Gehäuse (12) mit einem Einspritz-Ende (18), mit einer in dem Gehäuse (12) vorhandenen Ausnehmung (20), mit mindestens einem axial beweglichen Ventilelement (24), das in der Ausnehmung (20) angeordnet ist, mit einem Ventilsitz zusammenarbeitet und eine vom Einspritz-Ende (18) abgewandte Druckfläche (32) aufweist, welche einen Steuerraum (34) axial begrenzt, mit einer Einrichtung (30, 54, 56), welche das Ventilelement (24) entgegen der Kraft-Resultierenden (33) der Druckfläche (32) beaufschlagt, und mit einem Steuerventil (38), welches über eine Strömungsdrossel (40) mit dem Steuerraum (34) verbunden ist, wobei das Steuerventil (38) mindestens drei Anschlüsse und mindestens zwei Schaltstellungen aufweist und die Strömungsdrossel (40) entweder mit einem Hochdruck-Fluideinlass (48) oder mit einem Niederdruck-Fluidauslass (50) verbindet, wobei die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mindestens eine zweite Strömungsdrossel (59) umfasst, welche den Steuerraum (34) ständig mit dem Hochdruck-Fluideinlass (48) verbindet, wobei die Drosselwirkung der zweiten Strömungsdrossel (59) stärker ist als jene der ersten...



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen, insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Gehäuse mit einem Einspritz-Ende mit einer in dem Gehäuse vorhandenen Ausnehmung, mit mindestens einem axial beweglichen Ventilelement, das in der Ausnehmung angeordnet ist, mit einem Ventilsitz zusammenarbeitet und eine vom Einspritz-Ende abgewandte Druckfläche aufweist, welche einen Steuerraum axial begrenzt, mit einer Einrichtung, welche das Ventilelement entgegen der Kraft-Resultierenden der Druckfläche beaufschlagt, und mit einem Steuerventil, welches über eine Strömungsdrossel mit dem Steuerraum verbunden ist, wobei das Schaltventil mindestens drei Anschlüsse und mindestens zwei Schaltstellungen aufweist und die Strömungsdrossel entweder mit einem Hochdruck-Fluideinlass oder mit einem Niederdruck-Fluideinlass verbindet, wobei die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mindestens eine zweite Strömungsdrossel umfasst, welche den Steuerraum ständig mit dem Hochdruck-Fluideinlass verbindet, wobei die Drosselwirkung der zweiten Strömungsdrossel stärker ist als jene der ersten Strömungsdrossel in einer Richtung vom Steuerraum zum Steuerventil hin.

Stand der Technik

[0002] Eine derartige Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist vom Markt her bekannt. Bei ihr handelt es sich um einen Common-Rail-Injektor. Bei diesem wird der Steuerraum durch eine axiale Endfläche einer Ventalnadel begrenzt. Radial wird der Steuerraum durch ein Hülsenteil begrenzt, in dessen Wand eine Zulauf-Drossel vorhanden ist. Auf der der Ventalnadel gegenüberliegenden Seite wird der Steuerraum durch ein Gehäuseteil begrenzt, in dem eine Ablauf-Drossel vorhanden ist. Die Zulauf-Drossel ist mit einem Hochdruckzulauf verbunden, wohingegen die Ablauf-Drossel über ein Steuerventil mit einem Niederdruckbereich verbunden ist. Die Drosselwirkung der Zulauf-Drossel ist stärker als jene der Ablauf-Drossel.

[0003] An einer Druckfläche der Ventalnadel, deren Kraft-Resultierende entgegengesetzt zur axialen Endfläche der Ventalnadel ausgerichtet ist, liegt der normale hohe Fluidruck an. Um die Ventalnadel von ihrem Ventilsitz im Bereich des Einspritz-Endes abzuheben, wird der Druck im Steuerraum durch eine entsprechende Schaltung des Steuerventils abgesenkt. Bei einer ausreichenden Druckdifferenz ergibt sich eine resultierende Kraft, welche die Ventalnadel von ihrem Ventilsitz abhebt.

[0004] Die DE 198 44 996 A1 zeigt eine Kraft-

stoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art, bei der durch ein 3/2-Wegeventil der Steuerraum wahlweise mit einem Hochdruckanschluss oder einem Niederdruck-Fluideinlass verbunden werden kann. Zwischen dem Steuerraum und dem 3/2-Wegeventil ist eine Strömungsdrossel vorgesehen.

[0005] Die GB 2 336 628 zeigt ebenfalls eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einem 3/2-Wegeventil zwischen Steuerraum und Hochdruck- bzw. Niederdruckanschluss.

[0006] Aus der JP 07332200 A ist eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bekannt, bei der ein Steuerraum über einen Strömungsweg mit einem Druckraum verbunden ist, wobei sich der Strömungsweg zum Druckraum hin erweitert.

[0007] Die JP 08232797 A offenbart einen Kraftstoffinjektor, dessen Steuerraum über einen sich erweiternden Strömungskanal mit einem Steuerventil verbunden ist.

[0008] Aus der DE 100 24 703 A1, der DE 100 55 714 A1, und der EP 0 976 924 A2 sind Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen bekannt, deren Steuerraum einerseits über eine reine Zulaufdrossel und andererseits über eine kombinierte Zu- und Ablaufdrossel mit dem Steuerventil verbunden ist. Bei diesen Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen ist zwar ein zusätzlicher Bearbeitungsschritt erforderlich, um die zweite Strömungsdrossel einzubringen, andererseits kann durch diese zweite Strömungsdrossel die Befüllung des Steuerraums beschleunigt und somit die Schließgeschwindigkeit des Ventilelements deutlich erhöht werden. Gleichzeitig ist nur noch eine Strömungsdrossel zwischen Steuerventil und Steuerraum erforderlich. Diese arbeitet in der einen Richtung als Zulauf-Drossel und in der anderen Richtung als Ablauf-Drossel.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so weiter zu bilden, dass sie kurze Schaltzeiten ermöglicht und ein für den Gemischaufbau im Brennraum günstiges Betriebsverhalten zeigt.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die erste Strömungsdrossel so ausgebildet ist, dass ihre Drosselwirkung in Richtung zum Steuerventil größer ist als in Richtung zum Steuerraum.

Vorteile der Erfindung

[0011] Die Entleerung des Steuerraums erfolgt erfindungsgemäß deutlich langsamer als die Wieder-

befüllung. Dies bedeutet wiederum, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung langsamer öffnet als sie schließt. Ein derartiges Öffnungs-/Schließverhalten ist günstig für den Gemischaufbau im Brennraum der Brennkraftmaschine.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0013] Eine einfache Möglichkeit zur Gestaltung der richtungsabhängigen Drosselwirkung besteht darin, dass die Strömungsdrossel an ihren Enden jeweils eine trompetenförmige Erweiterung aufweist und sich die Krümmung und/oder der Krümmungsverlauf der trompetenförmigen Erweiterung des einen Endes von jener des anderen Endes unterscheidet.

[0014] Besonders bevorzugt ist dabei, wenn die trompetenförmige Erweiterung am dem Steuerraum zugewandten Ende der Strömungsdrossel stärker gekrümmt ist als jene Erweiterung am dem Steuerventil zugewandten Ende.

[0015] Alternativ oder zusätzlich kann auch vorgesehen sein, dass die Strömungsdrossel so ausgebildet ist, dass beim Ausströmen des Fluids aus dem Steuerraum stromabwärts der Strömungsdrossel Kavitation austritt. Durch eine derartige Kavitation erhöht sich der Strömungswiderstand beim Ausströmen des Fluids aus dem Steuerraum in Richtung auf das Steuerventil, was zu einer Erhöhung des Druckabfalls über die Strömungsdrossel führt. Dies verringert wiederum den Druck auf der der Strömungsdrossel zugewandten Seite des Steuerventils. Der Druckabfall über das Steuerventil selbst ist somit geringer, sodass Toleranzen des Strömungsspalt im Steuerventil weniger ins Gewicht fallen. Aus diesem Grund kann ein einfacheres und preiswerteres Steuerventil zum Einsatz kommen.

[0016] Um eine solche Kavitation erzeugen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Strömungsdrossel in Längsrichtung gesehen konische Form hat, wobei ihr Querschnitt am dem Steuerraum zugewandten Ende kleiner ist als am dem Steuerventil zugewandten Ende.

[0017] Die Ausbildung einer Kavitation kann dadurch verstärkt werden, dass am Auslass der Strömungsdrossel zum Steuerventil hin ein Diffusor angeordnet ist.

[0018] Besonders bevorzugt ist jene Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bei welcher das Steuerventil einen Piezo-Aktor aufweist. Ein solcher Piezo-Aktor arbeitet sehr schnell.

[0019] Ferner wird vorgeschlagen, dass am Ventilelement eine zweite Druckfläche vorhanden ist, deren Kraft-Resultierende im wesentlichen entgegen der

Kraft-Resultierenden der ersten Druckfläche ausgerichtet ist und welche einen Druckraum begrenzt, der mit dem Hochdruck-Fluideinlass verbunden ist. Mit dieser erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung erfolgt also die Beaufschlagung des Ventilelements in Öffnungsrichtung durch eine Kraft, welche aus der Druckbeaufschlagung einer Druckfläche am Ventilelement mit Hochdruck resultiert. Hier sind also keine mechanischen Elemente, beispielsweise Federn etc., erforderlich, welche die für das Abheben des Ventilelements vom Ventilsitz erforderliche Kraft aufbringen. Dies hat günstige Auswirkungen auf die Herstellkosten einerseits und auf die Lebensdauer andererseits der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

[0020] In einer hierauf aufbauenden Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass der Druckraum über einen in das Gehäuse eingebrachten Strömungskanal mit dem Hochdruck-Fluideinlass verbunden ist, und die zweite Strömungsdrossel von diesem Strömungskanal abzweigt. Die Herstellung der Fluidverbindung vom Hochdruck-Fluideinlass über den zweiten Strömungskanal und die zweite Strömungsdrossel ist besonders einfach realisierbar.

[0021] Die Erfindung betrifft auch ein Kraftstoffsystem mit einem Kraftstoffbehälter, mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche den Kraftstoff direkt in den Brennraum einer Brennkraftmaschine einspritzt, mit mindestens einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe und mit einer Kraftstoffsammeleleitung, an die die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung angeschlossen ist.

[0022] Um ein solches Kraftstoffsystem insgesamt preiswerter und einfacher herstellen zu können, wird vorgeschlagen, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach der obengenannten Art ausgebildet ist.

[0023] Ferner betrifft die Erfindung noch eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Brennraum, in den der Kraftstoff direkt eingespritzt wird.

[0024] Um die Kosten für diese Brennkraftmaschine möglichst gering zu halten und Herstellung und Aufbau zu vereinfachen, wird vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine ein Kraftstoffsystem der obengenannten Art aufweist.

Zeichnung

Ausführungsbeispiel

[0025] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0026] Fig. 1: ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für Brennkraftmaschi-

nen;

[0027] Fig. 2: eine Darstellung eines Details II von Fig. 1;

[0028] Fig. 3: eine Darstellung ähnlich Fig. 2 einer alternativen Ausführung des Bereichs II von Fig. 1;

[0029] Fig. 4: eine Darstellung ähnlich Fig. 1 eines dritten Ausführungsbeispiels einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung; und

[0030] Fig. 5: eine Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffsystem und mehreren Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen entsprechend Fig. 1.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0031] In Fig. 1 trägt eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung insgesamt das Bezugszeichen 10. Bei ihr handelt es sich um einen Common-Rail-Injektor, welcher für die direkte Einspritzung hochverdichteten Kraftstoffs in den Brennraum einer Brennkraftmaschine verwendet wird. Als Kraftstoff kommt Diesel ebenso wie Benzin in Frage. Der Injektor 10 umfasst ein mehrteiliges Gehäuse 12. Das Gehäuse 12 umfasst einen Düsenkörper 14 und eine Zwischenscheibe 16. Der Düsenkörper 14 und die Zwischenscheibe 16 sind über eine in der Zeichnung nicht dargestellte Düsenspannmutter gegeneinander verspannt.

[0032] Das in Fig. 1 untere Ende des Düsenkörpers 14 ist als Einspritz-Ende 18 ausgebildet. Im Düsenkörper 14 verläuft in dessen Längsrichtung eine Ausnehmung 20. Diese hat die Form einer Stufenbohrung und endet im Einspritz-Ende 18. Am Einspritz-Ende 18 sind mehrere über den Umfang des Einspritz-Endes 18 verteilt angeordnete Kraftstoff-Austrittsöffnungen 22 vorhanden.

[0033] In der Ausnehmung 20 im Düsenkörper 14 ist ein Ventilelement 24 angeordnet. Bei ihm handelt es sich um eine Ventilnadel, welche koaxial zur Ausnehmung 20 verläuft und axial beweglich ist. Die Ventilnadel 24 arbeitet mit einem Ventilsitz (ohne Bezugszeichen) im Bereich des Einspritz-Endes 18 zusammen.

[0034] Die Düsennadel weist mehrere Abschnitte mit unterschiedlichem Durchmesser auf: In Fig. 1 ist ein unterer Abschnitt 26 mit kleinerem Durchmesser und ein oberer Abschnitt 28 mit größerem Durchmesser sichtbar. Die beide Abschnitte 26 und 28 sind durch eine Stufe getrennt, welche eine schräge Druckfläche 30 bildet. Der obere Abschnitt 28 mit größerem Durchmesser wird axial nach oben durch eine Druckfläche 32 begrenzt. Die Druckfläche 32 begrenzt axial einen Steuerraum 34. Die Kraft-Resultierenden der Druckflächen 30 und 32 sind in

Fig. 1 durch gestrichelte Pfeile gezeichnet. Sie tragen die Bezugszeichen 31 und 33.

[0035] Nach oben hin wird der Steuerraum 34 durch die Zwischenscheibe 16 begrenzt. Vom Steuerraum 34 führt ein Strömungskanal 36 durch die Zwischenscheibe 16 hindurch zu einem Steuerventil 38. Der Strömungskanal 36 umfasst einen Abschnitt mit kleinerem Durchmesser, welcher als Strömungsdrossel 40 ausgebildet ist (vgl. Fig. 2). Die Strömungsdrossel 40 mündet zum Steuerventil 38 hin in einen Abschnitt mit größerem Durchmesser, welcher einen Diffusor 42 bildet.

[0036] An ihren Enden weist die Strömungsdrossel 40 jeweils eine trompetenförmige Erweiterung 44 bzw. 46 auf. Die trompetenförmige Erweiterung 44, welche zum Diffusor 42 hin zeigt, ist dabei stärker gekrümmt als die trompetenförmige Erweiterung 46, die an dem dem Steuerraum 34 zugewandten Ende der Strömungsdrossel 40 vorhanden ist.

[0037] Bei dem Steuerventil 38 handelt es sich um ein 3/2-Schaltventil. Es weist also drei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen 47 und 49 auf. Auf der einen Seite ist es, wie bereits oben ausgeführt wurde, an den Strömungskanal 36 angeschlossen. Auf der anderen Seite ist es an einen Hochdruck-Fluideinlass 48 und an einen Niederdruck-Fluidauslass 50 angeschlossen. Betätigt wird das Steuerventil 38 durch einen Piezo-Aktor 52.

[0038] Das in der Zeichnung nicht dargestellte Ventilelement des Steuerventils 38 ist im Allgemeinen kugelförmig. Es arbeitet üblicherweise mit entsprechenden konischen Ventilsitzen zusammen. Möglich ist aber auch ein Steuerventil, welches beispielsweise ein tellerförmiges Ventilelement aufweist. Die Schaltstellungen 47 und 49 des Steuerventils 38 sind derart, dass in der Ruhestellung 47 der Strömungskanal 36 mit dem Hochdruck-Fluideinlass 38 verbunden ist, wohingegen in der betätigten Schaltstellung 49 der Strömungskanal 36 mit dem Niederdruck-Fluidauslass 50 verbunden ist.

[0039] Die Zwischenscheibe 16 und der Düsenkörper 14 werden in Längsrichtung des Injektors 10 ferner von einem weiteren Strömungskanal 54 durchsetzt. Dieser ist an seinem in Fig. 1 oberen Ende ständig mit dem Hochdruck-Fluideinlass 48 verbunden. Das in Fig. 1 untere Ende des Strömungskanals 54 mündet in einen Ringraum 56. Dieser ist durch eine entsprechende Ausgestaltung der Ausnehmung 20 zwischen dem Düsenkörper 14 und der Ventilnadel 24 auf Höhe der schrägen Druckfläche 30 gebildet. Vom Ringraum 56 erstreckt sich zwischen dem Düsenkörper 14 und der Ventilnadel 24 bis zum Einspritzende 18 ein weiterer Ringraum 58.

[0040] Der in Fig. 1 dargestellte Injektor 10 arbeitet

folgendermaßen:

Bei geschlossenem Injektor **10** ist das Steuerventil **38** in der in **Fig. 1** dargestellten Ruhestellung **47**. In diesem Fall herrscht im Steuerraum **34** der volle Systemdruck des Hochdruck-Fluideinlasses **48**, welcher auch im Strömungskanal **54**, im Ringraum **56** und im Ringraum **58** herrscht. Dieser Druck wirkt einerseits auf die Druckfläche **32** am oberen Ende der Ventalnadel **24**. Andererseits wirkt der Druck auch auf die schräge Druckfläche **30** der Ventalnadel **24** auf Höhe des Ringraumes **56**. Da die Druckfläche **32** am oberen Ende der Ventalnadel **24** größer ist als die Druckfläche **30**, ist die entsprechende Kraft-Resultierende (Pfeil **33**) größer als die entgegengesetzte Kraft-Resultierende **31**. Die Ventalnadel **24** wird somit gegen das Einspritz-Ende **18** des Düsenkörpers **14** gedrückt. Die Kraftstoff-Austrittsöffnungen **22** sind in dieser Stellung vom Ringraum **58** getrennt, sodass kein Kraftstoff austreten kann.

[0041] Um mit dem Injektor **10** eine Einspritzung durchzuführen, wird das Steuerventil **38** in seine zweite Schaltstellung **49** bewegt. Dies geschieht durch den Piezo-Aktor **52**. Nun ist der Strömungskanal **36** mit dem Niederdruck-Fluidauslass **50** verbunden. Somit strömt der Kraftstoff aus dem Steuerraum **34** durch die Strömungsdrossel **40**, den Diffusor **42** und das Steuerventil **38** hindurch zum Niederdruck-Fluidauslass **50**. Somit sinkt der Druck im Steuerraum **34**. Gleichzeitig liegt jedoch im Ringraum **56** weiterhin der volle Systemdruck an, welcher auch auf die schräge Druckfläche **30** an der Ventalnadel **24** wirkt.

[0042] Sobald die entsprechende Kraft-Resultierende **31**, welche in Öffnungsrichtung wirkt, größer ist als die Kraft-Resultierende **33**, welche in Schließrichtung wirkt, hebt die Ventalnadel **24** vom Ventilsitz im Bereich des Einspritz-Endes **18** ab und verbindet so die Kraftstoff-Austrittsöffnungen **22** mit dem Ringraum **58**. Jetzt kann Kraftstoff aus den Kraftstoff-Austrittsöffnungen **22** austreten.

[0043] Die Geschwindigkeit des Druckabfalls im Steuerraum **34** wird dabei durch die Ausbildung der trompetenförmigen Erweiterungen **44** und **46** an den jeweiligen axialen Enden der Strömungsdrossel **40** bestimmt. Der Druckabfall erfolgt dabei – vergleichsweise – langsam, sodass auch die Ventalnadel **24** relativ langsam öffnet. Dies ist für die Ausbildung eines verbrennungs- und emissionsoptimalen Kraftstoffstrahles, welcher aus den Kraftstoff-Austrittsöffnungen **22** austritt, vorteilhaft.

[0044] Um eine Einspritzung zu beenden, wird der Piezo-Aktor **52** wieder stromlos geschaltet. Hierdurch bewegt sich das Steuerventil **38** in seine Ruhestellung **47** zurück, welche in **Fig. 1** dargestellt ist. Nun strömt der Kraftstoff vom Hochdruck-Fluideinlass **48** durch das Steuerventil **38**, den Diffusor **42** und die

Strömungsdrossel **40** in den Steuerraum **34** zurück. Somit erhöht sich der Druck im Steuerraum **34**. Sobald die Größe der Kraft-Resultierenden **33** die Größe der in entgegengesetzter Richtung ausgerichteten Kraft-Resultierenden **31** übersteigt, wird die Ventalnadel **24** wieder gegen den Ventilsitz im Bereich des Einspritz-Endes **18** gedrückt und somit die Verbindung zwischen den Kraftstoff-Austrittsöffnungen **22** und dem Ringraum **58** unterbrochen.

[0045] Die Schließgeschwindigkeit der Ventalnadel **24** wird dabei durch die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher sich der Druck im Steuerraum **34** erhöht. Diese Geschwindigkeit hängt wiederum von der Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffes durch die Strömungsdrossel **44** hindurch ab. Da die Krümmung der trompetenförmigen Erweiterung **44**, welche dem Steuerventil **38** zugewandt ist, größer ist als die Krümmung der trompetenförmigen Erweiterung **44**, welche am dem Steuerraum **34** zugewandten Ende der Strömungsdrossel **40** angeordnet ist, ist der Strömungswiderstand des Kraftstoffes in Strömungsrichtung zum Steuerraum **34** hin geringer als in umgekehrter Richtung.

[0046] Der Druckaufbau im Steuerraum **34**, welcher zum Schließen der Ventalnadel **24** erforderlich ist, erfolgt also schneller als der Druckabfall, welcher zum Öffnen der Ventalnadel **24** erforderlich ist. Durch die entsprechende Ausbildung der trompetenförmigen Erweiterungen **44** und **46** kann somit die für eine verbrauchs- und emissionsoptimale Verbrennung erforderliche Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit der Ventalnadel **24** eingestellt werden. Dabei ist nur eine einzige Strömungsdrossel **40** erforderlich.

[0047] In **Fig. 3** ist der Bereich der Strömungsdrossel **40** eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Injektors **10** dargestellt. Solche Teile und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu Teilen und Bereichen des oben beschriebenen Ausführungsbeispiels aufweisen, tragen die gleichen Bezugszeichen und sind nicht nochmals im Detail erläutert.

[0048] Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Ausführungsbeispielen betrifft die geometrische Ausbildung der Strömungsdrossel **40**. Während bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel an den jeweiligen axialen Enden der Strömungsdrossel **40** trompetenförmige Erweiterungen vorhanden waren, sind bei der in **Fig. 3** dargestellten Strömungsdrossel **40** derartige trompetenförmige Erweiterungen nicht vorgesehen. Stattdessen hat die Strömungsdrossel **40** in Längsrichtung gesehen konische Form. Dabei ist der Querschnitt der Strömungsdrossel **40** an dem dem Steuerraum **34** zugewandten Ende größer als an dem dem Steuerventil **38** zugewandten Ende.

[0049] Wie auch bei dem in den **Fig. 1** und **2** darge-

stellten Ausführungsbeispiel, mündet die Strömungsdrossel **40** zum Steuerventil **38** hin in den Diffusor **42**. Wenn das Steuerventil **38** betätigt wird, sodass der Steuerraum **34** mit dem Niederdruck-Fluidauslass **50** verbunden ist, strömt der Kraftstoff aus dem Steuerraum **34** über die Strömungsdrossel **40** in den Diffusor **42**. Aufgrund der schlagartigen Querschnittserweiterung von der Strömungsdrossel **40** zum Diffusor **42** sinkt der Druck im Kraftstoff schlagartig, sodass im Kraftstoff in diesem Bereich Kavitationsblasen entstehen.

[0050] Das Auftreten von Kavitation erhöht den Strömungswiderstand, sodass die Entleerung des Steuerraums **34** und die entsprechende Öffnungsbewegung der Ventilonadel **24** nur relativ langsam erfolgen. In umgekehrter Strömungsrichtung, also vom Steuerventil **38** zum Steuerraum **34** hin, tritt eine solche Kavitation nicht auf. Der Kraftstoff kann somit vom Hochdruck-Fluideinlass **48** in den Steuerraum **34** schneller strömen als in umgekehrter Richtung aus dem Steuerraum **34** heraus zum Niederdruck-Fluidauslass **50** hin.

[0051] Der bei einer Fluidströmung vom Steuerraum **34** zum Steuerventil **38** hin erfolgende starke Druckabfall im Übergang zwischen Strömungsdrossel **40** und Diffusor **42** hat noch einen weiteren positiven Effekt: Aufgrund dieses starken Druckabfalls herrscht auf jener Seite des Steuerventils **38**, welche zum Steuerraum hin **34** gewandt ist, bei betätigtem Steuerventil **38** bereits ein relativ niedriger Druck. Der Druckabfall über das Steuerventil **38** hinweg ist somit nur noch relativ gering. Insoweit haben Fertigungstoleranzen beispielsweise am Ventilelement (nicht dargestellt) des Steuerventils **38**, wenn überhaupt, nur noch einen geringen Einfluss auf die Geschwindigkeit, mit welcher der Druck im Steuerraum **34** abfällt.

[0052] In **Fig. 4** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Injektors **10** dargestellt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel gilt, dass solche Teile und Bereiche, welche funktionsäquivalent zu Teilen und Bereichen der vorhergehenden Ausführungsbeispiele sind, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert sind.

[0053] Im Unterschied zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen zweigt von dem zweiten Strömungskanal **54** eine zweite Strömungsdrossel **59** ab. Über diese zweite Strömungsdrossel **59** ist der Steuerraum **34** ständig mit dem Hochdruck-Fluideinlass **48** verbunden. Querschnitt und Länge der zweiten Strömungsdrossel **59** sind so bemessen, dass ihre Drosselwirkung stärker ist als jene der ersten Strömungsdrossel **40** in einer Richtung vom Steuerraum **34** zum Steuerventil **38** hin. Hierdurch wird gewährleistet, dass der Kraftstoff aus dem Steuerraum **34** bei betätigtem Steuerventil **38** schneller durch die erste Strömungsdrossel **40** abströmen kann als

Kraftstoff durch die zweite Strömungsdrossel **59** in den Steuerraum **34** nachströmen kann.

[0054] Ein weiterer Unterschied betrifft die Ausbildung der Strömungsdrossel **40**. Diese ist bei dem in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsbeispiel eines Injektors **10** ohne irgendwelche trompetenförmigen Erweiterungen und auch nicht konisch, sondern als linearer und gleichförmiger Strömungskanal ausgebildet.

[0055] Bei dem in **Fig. 4** dargestellten Injektor **10** stehen für das Befüllen des Steuerraums **34**, welches zum Schließen des Ventilelements **24** erforderlich ist, die Strömungsdrossel **40** und die Strömungsdrossel **59** zur Verfügung. Das Befüllen des Steuerraums **34** erfolgt daher sehr schnell, sodass auch das Ventilelement **24** sehr schnell von der geöffneten in die geschlossene Position gebracht und die Abgabe von Kraftstoff aus dem Injektor **10** beendet wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, die Strömungsdrossel **40** in der in den **Fig. 1** bis **3** dargestellten Weise auszubilden.

[0056] In **Fig. 5** ist schematisch eine Brennkraftmaschine **60** dargestellt. Sie umfasst ein Kraftstoffsystem **62**. Dieses weist wiederum einen Kraftstoffbehälter **64** auf, aus dem eine elektrische Niederdruck-Kraftstoffpumpe **66** den Kraftstoff zu einer motorgetriebenen Hochdruckpumpe **68** fördert. Von dieser gelangt der Kraftstoff in eine Kraftstoff-Sammelleitung **70**. Diese wird gemeinhin auch als "Rail" bezeichnet. Sie führt zu dem oben erwähnten Hochdruck-Fluideinlass **48**. An die Kraftstoff-Sammelleitung **70** sind mehrere Injektoren **10** angeschlossen, die entsprechend den **Fig. 1** und **2** bzw. **1** und **3** ausgebildet sind. Die Injektoren **10** spritzen jeweils den Kraftstoff (Diesel oder Benzin) direkt in Brennräume **72** ein. Von einem Niederdruck-Auslass **50** der Injektoren **10** führt jeweils eine Kraftstoffleitung **73** zurück zum Kraftstoffbehälter **64**.

[0057] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Kombination der in den **Fig. 1** und **4** gezeigten Ausführungen besonders vorteilhaft ist.

Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (**10**) für Hrennkraftmaschinen (**60**), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Gehäuse (**12**) mit einem Einspritz-Ende (**18**), mit einer in dem Gehäuse (**12**) vorhandenen Ausnehmung (**20**), mit mindestens einem axial beweglichen Ventilelement (**24**), das in der Ausnehmung (**20**) angeordnet ist, mit einem Ventilsitz zusammenarbeitet und eine vom Einspritz-Ende (**18**) abgewandte Druckfläche (**32**) aufweist, welche einen Steuerraum (**34**) axial begrenzt, mit einer Einrichtung (**30, 54, 56**), welche das Ventilelement (**24**) entgegen der Kraft-Resultierenden (**33**) der Druckfläche (**32**) beaufschlagt, und mit einem Steuerventil (**38**), wel-

ches über eine Strömungsdrossel (40) mit dem Steuerraum (34) verbunden ist, wobei das Steuerventil (38) mindestens drei Anschlüsse und mindestens zwei Schaltstellungen aufweist und die Strömungsdrossel (40) entweder mit einem Hochdruck-Fluideinlass (48) oder mit einem Niederdruck-Fluideinlass (50) verbindet, wobei die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mindestens eine zweite Strömungsdrossel (59) umfasst, welche den Steuerraum (34) ständig mit dem Hochdruck-Fluideinlass (48) verbindet, wobei die Drosselwirkung der zweiten Strömungsdrossel (59) stärker ist als jene der ersten Strömungsdrossel (40) in einer Richtung vom Steuerraum (34) zum Steuerventil (38) hin, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Strömungsdrossel (40) so ausgebildet ist, dass ihre Drosselwirkung in Richtung zum Steuerventil (38) größer ist als in Richtung zum Steuerraum (34).

2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Strömungsdrossel (40) an ihren Enden jeweils eine trompetenförmige Erweiterung (44, 46) aufweist und sich die Krümmung und/oder der Krümmungsverlauf der trompetenförmigen Erweiterung (44) des einen Endes von jener (46) des anderen Endes unterscheidet.

3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die trompetenförmige Erweiterung (46) am dem Steuerraum (34) zugewandten Ende der Strömungsdrossel (40) stärker gekrümmt ist als jene Erweiterung (44) am dem Steuerventil (38) zugewandten Ende.

4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Strömungsdrossel (40) so ausgebildet ist, dass beim Ausströmen des Fluids aus dem Steuerraum (34) stromabwärts der Strömungsdrossel (40) Kavitation auftritt.

5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Strömungsdrossel (40) in Längsrichtung gesehen eine konische Form hat, wobei ihr Querschnitt am dem Steuerraum (34) zugewandten Ende größer ist als am dem Steuerventil (38) zugewandten Ende.

6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Auslass der Strömungsdrossel (40) zum Steuerventil (38) hin ein Diffusor (42) angeordnet ist.

7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (38) einen Piezo-Aktor (52) aufweist.

8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am Ventilelement (24) eine zweite Druckfläche (30) vorhanden ist, deren Kraft-Resultierende (31) im Wesentlichen entgegen der Kraft-Resultierenden (33) der ersten Druckfläche (32) ausgerichtet ist und welche einen Druckraum (56) begrenzt, der mit dem Hochdruck-Fluideinlass (48) verbunden ist.

9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckraum (56) über einen in das Gehäuse (12) eingebrachten Strömungskanal (54) mit dem Hochdruck-Fluideinlass (43) verbunden ist, und die zweite Strömungsdrossel (59) von diesem Strömungskanal (54) abzweigt.

10. Kraftstoffsystem (62) mit einem Kraftstoffbehälter (64), mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10), welche den Kraftstoff direkt in einen Brennraum (72) einer Brennkraftmaschine (60) einspritzt, mit mindestens einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (68), und mit einer Kraftstoff-Sammelleitung (70), an die die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet ist.

11. Brennkraftmaschine (60) mit mindestens einem Brennraum (72), in den Kraftstoff direkt eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Kraftstoffsystem (62) nach Anspruch 10 aufweist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

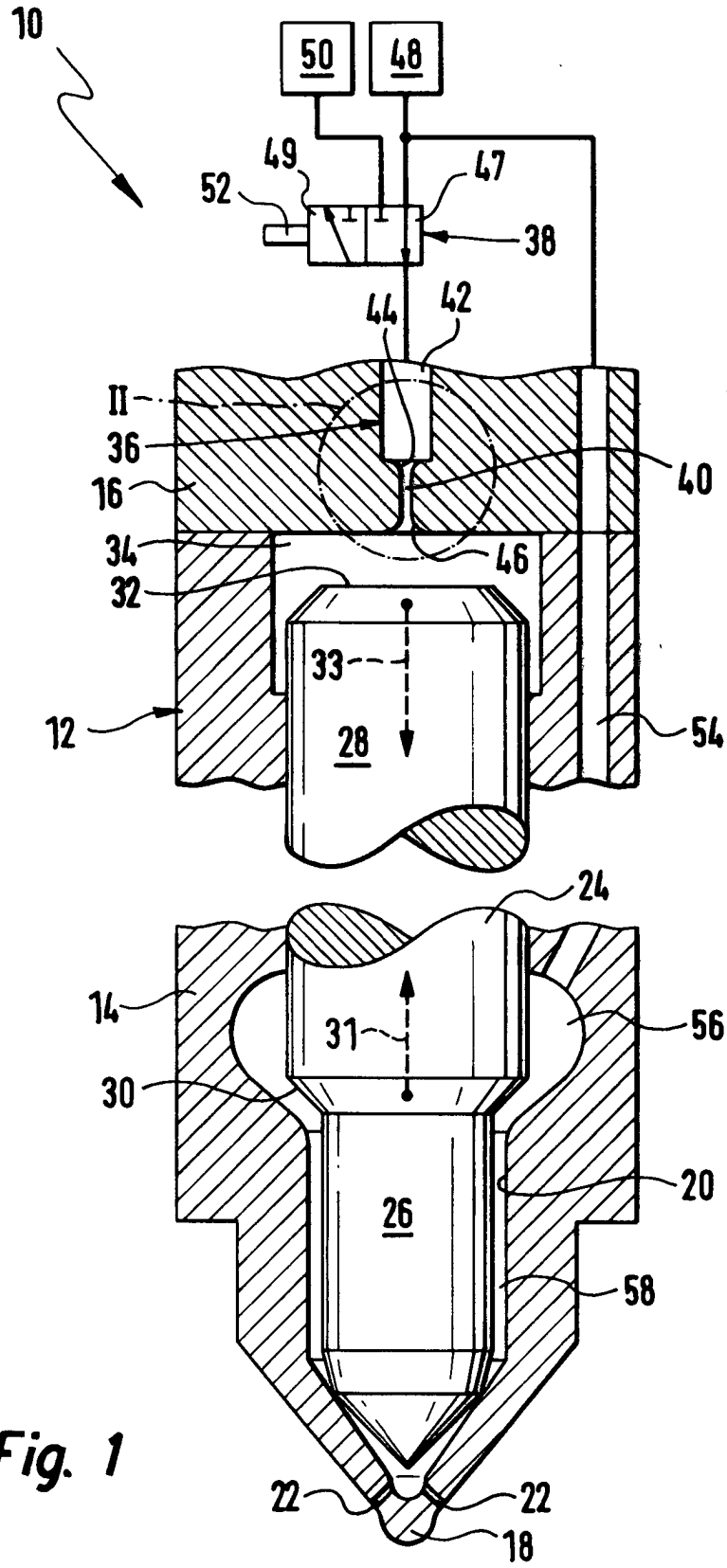


Fig. 1

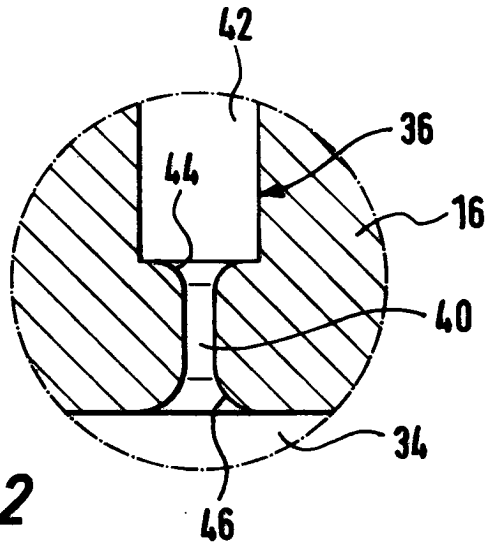


Fig. 2

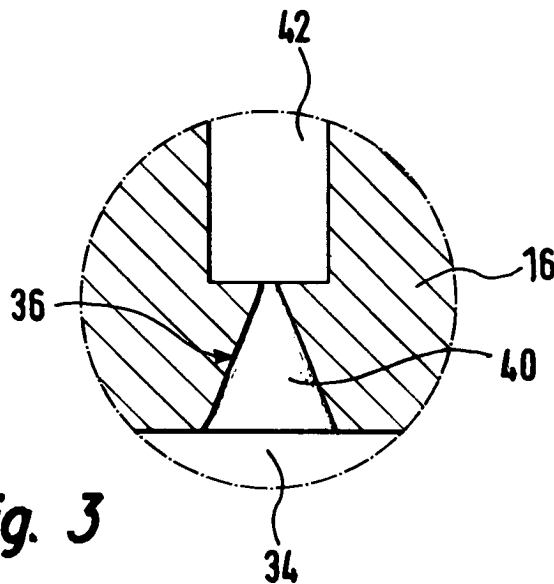


Fig. 3

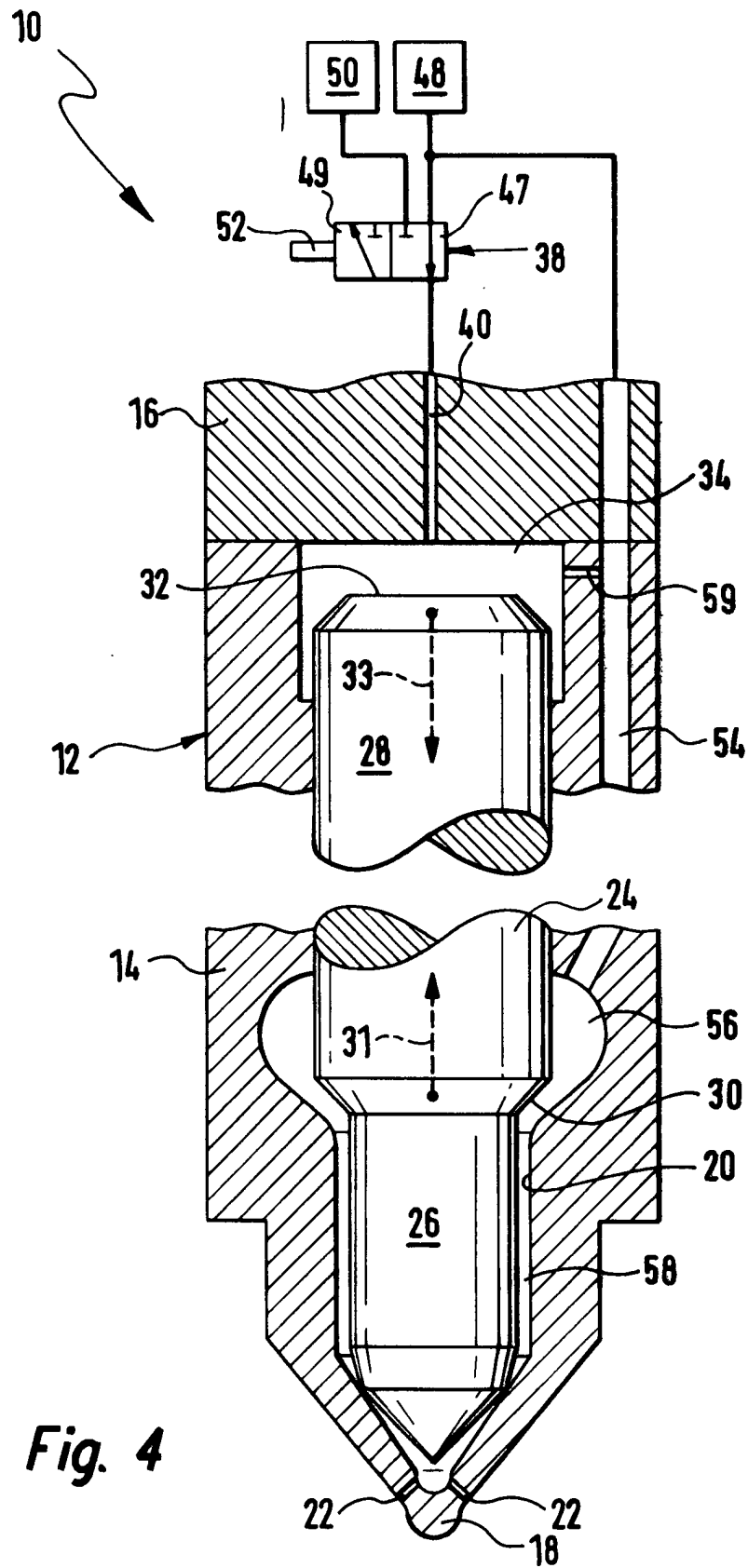


Fig. 4

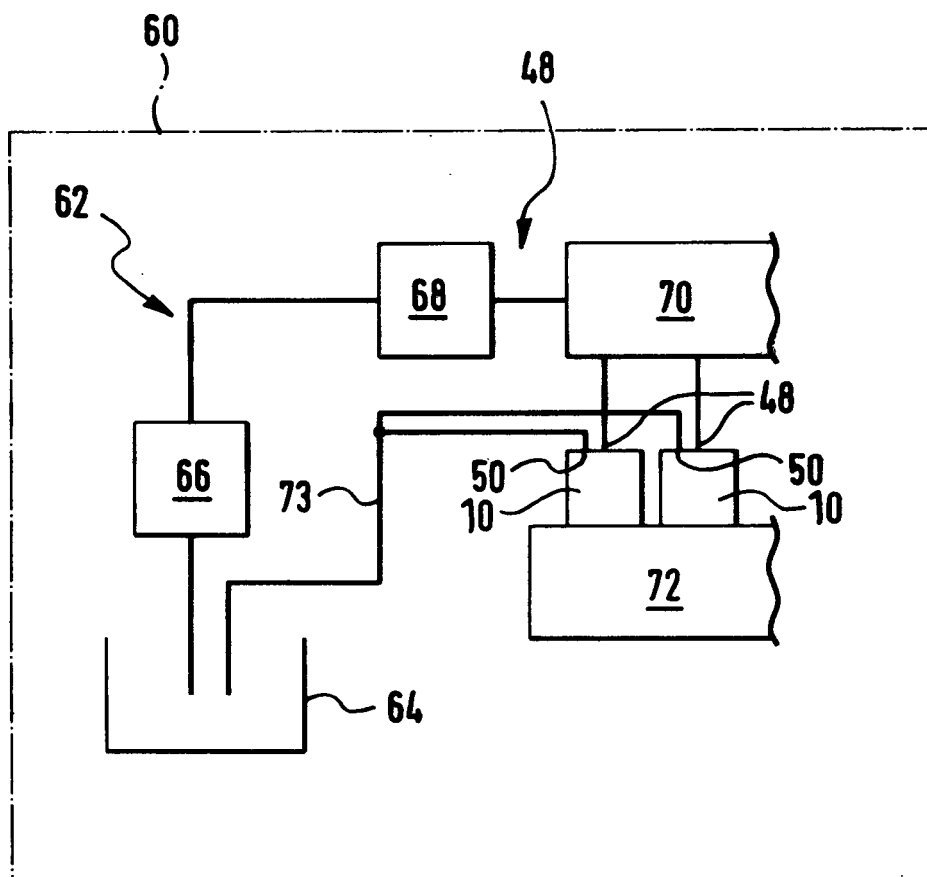


Fig. 5