



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.06.2007 Patentblatt 2007/24**

(51) Int Cl.:  
**F02M 45/08 (2006.01) F02M 47/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06122389.7**

(22) Anmeldetag: **17.10.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

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

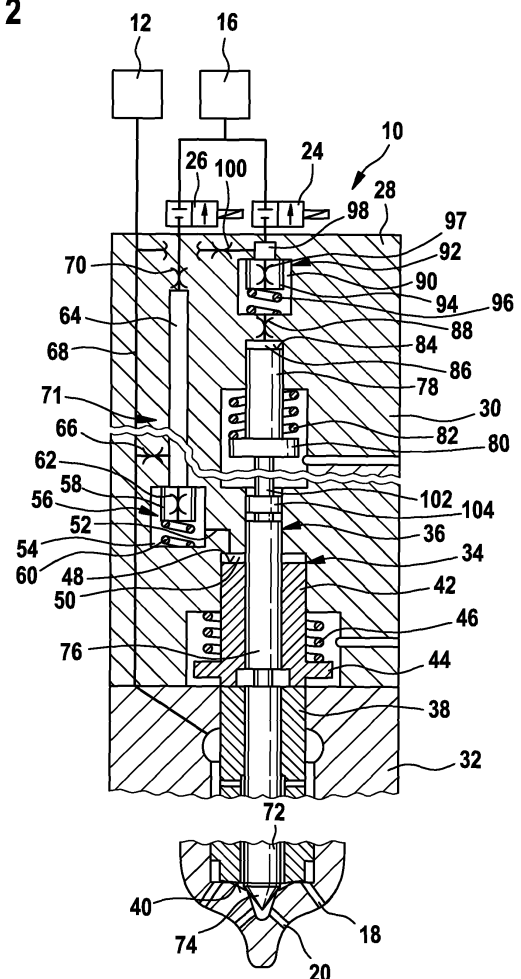
(72) Erfinder:  
• **Vahle, Dirk**  
**71679, Asperg (DE)**  
• **Kuhnke, Dominik**  
**70839, Gerlingen (DE)**

(30) Priorität: **12.12.2005 DE 102005059163**

(54) **Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für eine Brennkraftmaschine**

(57) Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) dient zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Sie umfasst mindestens zwei ko-axiale Ventilelemente (34, 36) sowie ein Schaltventil (24, 26) zur Hubsteuerung der Ventilelemente (34, 36). Es wird vorgeschlagen, dass zwischen dem Schaltventil (26) und mindestens einem Ventilelement (34) ein hydraulisches Verzögerungsglied (71) angeordnet ist.

**Fig. 2**



## Beschreibung

### Stand der Technik

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

**[0002]** Bekannt sind hubgesteuerte Common-Rail-Injektoren mit mindestens einem als Magnetventil ausgebildeten Schaltventil und einer Einspritzdüse mit Sitzloch- oder Sacklochgeometrie zur Verteilung einer definierten Kraftstoffmenge im Brennraum. Durch Ansteuerung des Schaltventils wird ein Druck in einem Steuerraum abgesenkt, wodurch das Ventilelement vom Ventilsitz, der stromaufwärts von den eigentlichen Kraftstoff-Austrittsöffnungen liegt, abhebt.

**[0003]** Für ein günstiges Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine ist es in einigen Betriebssituationen wichtig, dass der Kraftstoff, insbesondere bei der Verwendung von Dieseldieselkraftstoff, im Brennraum möglichst homogen verteilt ist. Damit dies bei kleinen eingespritzten Kraftstoffmengen ebenso möglich ist wie bei großen Kraftstoffmengen, werden sogenannte Koaxial-Vario-Düsen eingesetzt. Diese weisen zwei zueinander koaxiale Ventilelemente auf, durch deren Betätigung unterschiedliche Kraftstoff-Austrittsöffnungen freigegeben werden, die ggf. auch unterschiedlich orientiert sind. Dabei ist es günstig, wenn die beiden Ventilelemente vollkommen unabhängig voneinander betätigt werden können. Eine solche Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist beispielsweise aus der EP 1 069 308 A2 bekannt.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bereitzustellen, bei der sehr unterschiedliche Kraftstoffmengen zuverlässig eingespritzt werden können.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

### Vorteile der Erfindung

**[0006]** Die Verwendung eines Verzögerungsgliedes gestattet es auch bei einem langsam schaltenden Schaltventil, beispielsweise einem Magnetventil, eine nur kurze Öffnungszeit des Ventilelements zu realisieren. Der Zeitraum, während dessen das Ventilelement vom Ventilsitz abgehoben hat, ist also kürzer als der Zeitraum, während dessen das Schaltventil in der entsprechenden Schaltposition ist.

**[0007]** Die Ausgestaltung des Verzögerungsgliedes als hydraulisches Verzögerungsglied erhöht in erheblichem Umfang die Freiheitsgrade bei der Auslegung des Schaltverhaltens des damit gesteuerten Ventilelements. Auch die Freiheitsgrade in bautechnischer Hinsicht werden durch die hydraulische Ausgestaltung des Verzögerungsgliedes erhöht, da durch das hydraulische Verzögerungsglied auch "krumme" Strecken überbrückt werden

können. Dies ist besonders günstig für die Ansteuerung des axial außen liegenden Ventilelements.

**[0008]** Bei der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist eine unabhängige Steuerung der beiden Ventilelemente bei gleichzeitiger Berücksichtigung der hydraulischen und der mechanischen Erfordernisse und des zur Verfügung stehenden Bauraums möglich. Ferner können dank des hydraulischen Verzögerungsgliedes die elektrischen, hydraulischen und mechanischen Steuerglieder, die für eine Betätigung der Ventilelemente erforderlich sind, in einem kompakten Gehäuse untergebracht werden. Dadurch kann die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bei bisherigen Brennkraftmaschinen ohne zusätzliche Bauräumenanpassungen eingesetzt werden. Somit könnte die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung gegen bekannte druckgesteuerte bzw. hubgesteuerte Einspritzsysteme, wie Common-Rail, Pumpe-Leitung-Düse oder druckverstärkten Common-Rail-Systemen, einfach ausgetauscht werden.

**[0009]** Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des hydraulischen Verzögerungsgliedes besteht darin, dass es einen Vorsteuerraum umfasst, dessen Länge ein Mehrfaches seines Durchmessers beträgt, wobei der Vorsteuerraum an einem Endbereich mit dem Schaltventil und an einem anderen Endbereich mit einem Steuerraum und einem Hochdruckanschluss verbunden ist. Ein solcher Vorsteuerraum wirkt ähnlich wie eine hydraulische Feder und stellt so die gewünschte Verzögerungsfunktion bereit. Der Vorteil eines solchen Vorsteuerraums liegt vor allem in seiner einfachen Realisierbarkeit. Ferner kann durch einen solchen Vorsteuerraum eine große Entfernung zwischen Steuerraum und Schaltventil überbrückt werden, bei gleichzeitig kleinem und daher präzise wirkendem Steuerraum.

**[0010]** Dabei bietet die Verwendung eines Vorsteuerraums die Möglichkeit, das hydraulische Verzögerungsglied so auszubilden, dass es in Öffnungsrichtung des zugehörigen Ventilelements stärker als in Schließrichtung verzögert. Damit kann ein spätes Öffnen, jedoch ein frühes Schließen des zugehörigen Ventilelements realisiert werden, was für das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine, bei welcher die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung eingesetzt wird, nochmals verbessert.

**[0011]** Eine Richtungsabhängigkeit des Füllens und Entleerens des Steuerraums kann dadurch realisiert werden, dass das hydraulische Verzögerungsglied ein Drossel-Rückschlagventil umfasst, welches zwischen Vorsteuerraum und Steuerraum angeordnet ist und zum Steuerraum hin öffnet. Ein solches Drossel-Rückschlagventil umfasst beispielsweise ein Ventilelement, in das eine Strömungsdrossel integriert ist.

**[0012]** Eine weiter bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sieht vor, dass das hydraulische Verzögerungsglied eine erste Strömungsdrossel zwischen Vorsteuerraum und Steuerraum, eine zweite Strömungsdrossel zwischen Vorsteu-

erraum und einem Hochdruckanschluss, und eine dritte Strömungsdrossel zwischen Vorsteuerraum und dem Schaltventil umfasst. Auf diese Weise kann das Öffnungs- und Schließverhalten des Ventilelements eingestellt werden, was eine optimale Anpassung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung an die Erfordernisse der Brennkraftmaschine und somit letztlich eine Optimierung des Emissionsverhaltens ermöglicht.

**[0013]** Eine Richtungsabhängigkeit der Verzögerungswirkung wird erreicht, indem die erste und die zweite Strömungsdrossel nahe beieinander sind.

**[0014]** Dabei dürfte in den meisten Fällen ein besonders günstiges Ergebnis erzielt werden, wenn die Drosselwirkung der ersten Strömungsdrossel am stärksten ist, und wenn die Drosselwirkung der zweiten Strömungsdrossel in etwa gleich jener der dritten Strömungsdrossel ist.

**[0015]** Bei zwei Ventilelementen kann eines mit dem oben erwähnten hydraulischen Verzögerungsglied, ein anderes aber mit einem mechanischen Verzögerungsglied ausgestattet sein. Hierdurch wird es möglich, die Steuerräume der einzelnen Ventilelemente relativ weit voneinander weg zu platzieren, was das Risiko einer gegenseitigen Beeinflussung aufgrund von Leckagen reduziert. Außerdem kann durch ein solches Verzögerungsglied, welches beispielsweise als Steuerstange ausgebildet ist, ein ganz bestimmtes Verzögerungsverhalten realisiert werden.

**[0016]** Vorteilhaft ist ferner, wenn das mechanische Verzögerungsglied eine Steuerstange umfasst, die beispielsweise einen Steuerraum begrenzt, der über mindestens eine Strömungsdrossel mit dem Schaltventil verbunden ist. Eine solche klassische Hubsteuerung ermöglicht dank der Strömungsdrossel ein gewünschtes Öffnungs- und Schließverhalten.

**[0017]** Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn ein Hochdruckanschluss mit einem zwischen der mindestens einen Strömungsdrossel und dem Schaltventil liegenden Bereich über eine Zuströmdrossel verbunden ist. In dem zwischen Strömungsdrossel und Schaltventil liegenden Bereich kann bei geöffnetem Schaltventil ein sehr niedriger Druck realisiert werden, welcher ein sicheres Öffnen des Ventilelements gestattet, wobei durch die Zuströmdrossel allzu große Strömungsverluste vom Hochdruckanschluss her vermieden werden.

**[0018]** Besonders vorteilhaft ist jene Ausgestaltung, bei welcher zwischen Schaltventil und Steuerraum ein Drossel-Rückschlagventil und vorzugsweise hierzu seriell eine zusätzliche Strömungsdrossel angeordnet sind. Durch ein solches Rückschlagdrosselventil kann eine unterschiedliche Charakteristik beim Entleeren und Füllen des Steuerraums des Ventilelements realisiert werden, was letztlich zu einem unterschiedlichen Öffnungs- und Schließverhalten führen kann. Durch eine zusätzliche serielle Strömungsdrossel kann dabei das Füllen des Steuerraums etwas verzögert werden, um ein zu hartes Schließen des Ventilelements zu vermeiden. Außerdem wird hierdurch das notwendige Steuerraumvolumen und

damit die Ventilöffnungsgeschwindigkeit bzw. eine Ventil- oder Steuerraumdruckschwankung minimiert.

**[0019]** Am einfachsten können zwei unabhängige Schaltventile für die unabhängige Betätigung der Ventilelemente dann untergebracht werden, wenn ein Schaltventil für das innere Ventilelement an einem axialen Endbereich eines Gehäuses und ein Schaltventil für das äußere Ventilelement seitlich an dem Gehäuse angeordnet sind. Alternativ hierzu ist auch denkbar, dass beide Schaltventile nebeneinander an einem axialen Endbereich des Gehäuses angeordnet und vorzugsweise dort gekapselt sind. Dies erlaubt ein besonders schlankes Design der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

## 15 Zeichnungen

**[0020]** Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Dabei sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen genannte Merkmale in ganz unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wesentlich sein können, ohne dass dies gesondert erwähnt wird. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung;

Figur 2 eine teilweise geschnittene und zum Teil schematisierte Darstellung von Bereichen der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 1; und

Figur 3 eine perspektivische Darstellung einer alternativen Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

## 40 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0021]** In Figur 1 trägt eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung insgesamt das Bezugszeichen 10. Über einen Hochdruckanschluss 12 kann sie beispielsweise an einen Hochdruck-Kraftstoffspeicher 14 ("Rail") oder einen externen Druckverstärker angeschlossen werden. Ein Rücklaufanschluss 16 verbindet die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 mit einem Niederdruckbereich 17, beispielsweise einem Kraftstoffbehälter.

**[0022]** Das in Figur 1 untere Ende der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist mit zwei axial voneinander beabstandeten Reihen von Kraftstoff-Austrittsöffnungen 18 bzw. 20 versehen. Diese können unabhängig voneinander freigegeben werden, so dass durch sie Kraftstoff in einen Brennraum 22 eingespritzt wird. Hierfür sind an dem in Figur 1 oberen axialen Ende zwei Magnetventile 24 und 26 vorgesehen, welche auf in Figur 1 nicht sichtbare Ventilelemente einwirken. Die Magnetventile 24

und 26 sind an dem oberen Ende der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 gekapselt.

**[0023]** Weitere im Inneren der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 angeordnete Funktionselemente werden nun unter Bezugnahme auf Figur 2 erläutert: Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 umfasst ein Gehäuse 28 mit einem Zentralkörper 30 und einem Düsenkörper 32. Im Gehäuse 28 sind ein äußeres Ventilelement 34 und ein in diesem zumindest bereichsweise koaxial aufgenommenes inneres Ventilelement 36 angeordnet. Das äußere Ventilelement 34 umfasst eine hülsenartige Düsennadel 38, die im Düsenkörper 32 angeordnet ist und mit einer Dichtfläche 40 mit einem gehäuseseitigen Ventil-  
sitz (ohne Bezugszeichen) im Bereich der oberen Kraftstoff-Austrittsöffnungen 18 zusammenarbeitet.

**[0024]** Das von den Kraftstoff-Austrittsöffnungen 18 abgewandte Ende der Düsennadel 38 arbeitet mit einem äußeren hülsenartigen Kopplerkolben 42 zusammen, der einen radial abragenden Ringbund 44 aufweist, an dem sich eine Feder 46 abstützt, die sich wiederum mit ihrem vom Ringbund 44 abgewandten Ende am Zentralkörper 30 abstützt. Auf diese Weise werden der Kopplerkolben 42 und über diesen wiederum die Düsennadel 38 in Schließrichtung beaufschlagt. Düsennadel 38 und Kopplerkolben 42 haben vorliegend den gleichen Durchmesser, grundsätzlich sind aber auch Ausführungen mit unterschiedlichen Durchmessern möglich. Das in Figur 1 obere Ende des Kopplerkolbens 42 bildet eine ringförmige Steuerfläche 48, welche einen ringscheibenförmigen Stellerraum 50 begrenzt.

**[0025]** Über einen Kanal 52 ist der Stellerraum 50 mit einem Ventilraum 54 eines Drossel-Rückschlagventils 56 verbunden.

**[0026]** Dieses umfasst einen Ventilkörper 58, der von einer Feder 60 gegen einen Ventilsitz (ohne Bezugszeichen) beaufschlagt wird. Der Ventilkörper 58 wird von einem Strömungskanal (ohne Bezugszeichen) durchsetzt, der eine Strömungsdrossel 62 aufweist.

**[0027]** Von dem Ventilsitz, mit dem der Ventilkörper 58 zusammenarbeitet, erstreckt sich ein langgezogener Vorstellerraum 64 bis in den in Figur 1 oberen Bereich des Zentralkörpers 30. Die Relation der Länge des Vorstellerraums 64 gegenüber der gesamten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 und sein Durchmesser/Längenverhältnis geht auch aus Figur 1 hervor, in der der Vorstellerraum 64 gestrichelt eingezeichnet ist. An seinem zum Drossel-Rückschlagventil 56 benachbarten Ende ist der Vorstellerraum 64 über eine Zuströmdrossel 66 mit einem Hochdruckkanal 68 verbunden, der wiederum mit dem Hochdruckanschluss 12 verbunden ist. Von dem vom Drossel-Rückschlagventil 56 abgewandten Ende des Vorstellerraums 64 führt ein Abströmkanal (ohne Bezugszeichen) mit einer Abströmdrossel 70 zu dem als 2/2-Wege ausgebildeten Magnetventil 26. Für die Querschnitte der Strömungsdrosseln 62, 66 und 70 gilt:  $62 < 66 \approx 70$ .

**[0028]** Das zentrale oder innere Ventilelement 36 umfasst eine innere Düsennadel 72, die mit einer Dichtflä-

che 74 im Bereich der Kraftstoff-Austrittsöffnungen 20 mit einem gehäuseseitigen Dichtsitz (ohne Bezugszeichen) zusammenarbeitet. An ihrem von den Kraftstoff-Austrittsöffnungen 20 abgewandten Ende arbeitet die innere Düsennadel 72 mit einem inneren Führungskolben 76 zusammen, der im äußeren Kopplerkolben 42 geführt ist. Dessen in Figur 2 oberes Ende kooperiert wiederum mit einem inneren Kopplerkolben 78, der einen sich radial erstreckenden Ringbund 80 aufweist, an dem sich eine Feder 82 abstützt.

**[0029]** Deren vom Ringbund 80 abgewandtes Ende stützt sich wiederum am Zentralkörper 30 ab, wodurch der innere Kopplerkolben 78, der innere Führungskolben 76, und letztlich die innere Düsennadel 72 in Schließrichtung beaufschlagt werden.

**[0030]** Die in Figur 2 obere Stirnfläche des inneren Kopplerkolbens 78 bildet eine Steuerfläche 84, die einen Stellerraum 86 begrenzt. Dieser ist über einen Kanal (ohne Bezugszeichen) und eine Abströmdrossel 88 mit einem Ventilraum 90 eines Drossel-Rückschlagventils 92 verbunden. Dieses umfasst, analog zum Drossel-Rückschlagventil 56, einen Ventilkörper 94, der von einer Feder 96 gegen einen vom Stellerraum 86 abgewandten Ventilsitz (ohne Bezugszeichen) beaufschlagt wird. Im Ventilkörper 94 ist ein Kanal (ohne Bezugszeichen) mit einer Strömungsdrossel 97 vorhanden. Vom Ventilsitz erstreckt sich ein Vorstellerraum 98, der jedoch um eine Größenordnung kleiner ist als der Vorstellerraum 64. Der Vorstellerraum 98 ist über eine Zustromdrossel 100 mit dem Hochdruckkanal 68 und somit mit dem Hochdruckanschluss 12 verbunden. Außerdem ist eine Verbindung vom Vorstellerraum 98 zum Magnetventil 24 vorhanden, welches ebenfalls als 2/2-Ventil ausgeführt ist.

**[0031]** Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 arbeitet folgendermaßen: Wenn kein Kraftstoff eingespritzt werden soll, sind beide Magnetventile 24 und 26 geschlossen. Am Hochdruckanschluss 12 liegt der hohe Druck des Rails 14 an. Damit herrscht auch im Vorstellerraum 64, dem Ventilraum 54 und dem Stellerraum 50 sowie dem Vorstellerraum 98, dem Ventilraum 90, und dem Stellerraum 86 dieser hohe Kraftstoffdruck. Dies führt dazu, dass die beiden Ventilelemente 34 und 36 mit ihren Dichtflächen 40 und 74 gegen die zugehörigen gehäuseseitigen Ventilsitze gedrückt werden und kein Kraftstoff aus den Kraftstoff-Austrittsöffnungen 18 und 20 austreten kann.

**[0032]** Wenn eine Einspritzung durch die Kraftstoff-Austrittsöffnungen 18 erfolgen soll, wird das Magnetventil 26 geöffnet. Somit sinkt der Druck im Vorstellerraum 64, da Kraftstoff über die Abströmdrossel 70 zum Niederdruckbereich 17 hin abströmen kann. Gleichzeitig strömt Kraftstoff über die Zuströmdrossel 66 in den Vorstellerraum 64 nach. Es stellt sich im Vorstellerraum 64 ein stationäres Druckniveau ein, welches durch den Druck am Hochdruckanschluss 12 und das Verhältnis der Durchflusswerte der Zuströmdrossel 66 und der Abströmdrossel 70 bestimmt wird.

**[0033]** Durch das große Längen-/Durchmesser-

hältnis des Vorsteuerraums 64 wird eine Verzögerung des Druckabbaus im Bereich des geschlossenen Drossel-Rückschlagventils 56 erreicht. Hierdurch reagiert der Druck im Steuerraum 50 verzögert gegenüber dem Druck im Vorsteuerraum 64. Wenn die in Öffnungsrichtung am äußeren Ventilelement 34 angreifenden Kräfte die an der Steuerfläche 48 wirkenden und durch die Feder 46 aufgebrachten und in Schließrichtung wirkenden Kräfte übersteigen, hebt die Düsennadel 38 mit der Dichtfläche 40 vom gehäuseseitigen Ventilsitz ab. Die Öffnungsgeschwindigkeit wird dabei durch die Strömungsdrossel 62 begrenzt. Hierdurch verringert sich das Volumen des Steuerraums 50. Das entsprechende Kraftstoffvolumen wird vom Kopplerkolben 42 über den Kanal 52, den Ventilraum 54 und die Strömungsdrossel 62 gedämpft in den Vorsteuerraum 64 geschoben, bis der Kopplerkolben 42 seinen Hubanschlag (die obere Begrenzung des Steuerraums 50) erreicht.

**[0034]** Zum Beenden einer Einspritzung wird das Magnetventil 26 geschlossen und so das Abströmen von Kraftstoff aus dem Vorsteuerraum 64 beendet. Aufgrund des über die Zuströmdrossel 66 nachströmenden Kraftstoffes steigt der Druck im Vorsteuerraum 64. Nun hebt der Ventilkörper 58 von seinem gehäuseseitigen Ventilsitz ab, so dass Kraftstoff im Wesentlichen ungedrosselt vom Vorsteuerraum 64 über den Ventilraum 54 und den Kanal 52 in den Steuerraum 50 nachströmen und dort zu einer entsprechenden Druckerhöhung führen kann.

**[0035]** Wenn die an der Steuerfläche 48 in Schließrichtung angreifenden Kräfte eine ausreichende Höhe erreichen, bewegt sich der Kopplerkolben 42 zusammen mit der Düsennadel 38 wieder in Richtung des gehäuseseitigen Ventilsitzes. Dabei wird die Schließgeschwindigkeit durch die Zuströmdrossel 66 und die Feder 46 bestimmt. Wenn die Dichtfläche 40 der Düsennadel 38 wieder am gehäuseseitigen Ventilsitz anliegt, stellt sich Druckgleichgewicht ein, d.h., dass im Steuerraum 50, im Ventilraum 54, und im Vorsteuerraum 64 der gleiche Druck, nämlich der am Hochdruckanschluss 12 herrschende hohe Kraftstoffdruck, herrscht.

**[0036]** Wie oben bereits erwähnt wurde, wird aufgrund der langgestreckten Form des Vorsteuerraum 64 und der spezifischen Anordnung der Zuströmdrossel 66 zur Abströmdrossel 70 eine Druckabsenkung im Vorsteuerraum 64 nur verzögert an den Ventilraum 54 und somit an den Steuerraum 50 weitergeleitet. Daher werden Vorsteuerraum 64 (zusammen mit der spezifischen Anordnung von Zuströmdrossel 66 und Abströmdrossel 70) und Drossel-Rückschlagventil 56 auch als Verzögerungsglied 71 bezeichnet. Dabei ist die Verzögerungswirkung richtungsabhängig, denn eine Druckerhöhung im Vorsteuerraum 64 wird durch das dann geöffnete Drossel-Rückschlagventil 56 sehr schnell bzw. unmittelbar an den Steuerraum 50 weitergeleitet.

**[0037]** Durch die Realisierung des Verzögerungsglieds 71 können sehr kurze Öffnungs- bzw. Schließzeiten am Ventilelement 34 dargestellt werden, obwohl das Magnetventil 26 nur relativ langsam schaltet. Oder, mit

anderen Worten: die Öffnungszeit des Ventilelements 34 ist kürzer als die Öffnungszeit des Magnetventils 26. Durch die Richtungsabhängigkeit reagiert das Ventilelement 34 relativ früher auf das Schließen des Magnetventils 26 als auf dessen Öffnen. Dies ist für die Dosierbarkeit von sehr kleinen Einspritzmengen bzw. zur Darstellbarkeit bestimmter Betriebspunkte der Brennkraftmaschine, und somit zumindest indirekt für das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine günstig.

**[0038]** Wenn eine Kraftstoffeinspritzung durch die Kraftstoff-Austrittsöffnungen 20 erfolgen soll, wird folgendermaßen vorgegangen: auch hier ist im Ausgangszustand das Magnetventil 24 geschlossen, so dass im Vorsteuerraum 98, im Ventilraum 90 und im Steuerraum 86 der am Hochdruckanschluss 12 anliegende hohe Kraftstoffdruck herrscht. Durch die an der Steuerfläche 84 und aufgrund der Feder 82 in Schließrichtung wirkenden Kräfte wird die Düsennadel 72 mit der Dichtfläche 74 gegen den gehäuseseitigen Ventilsitz gedrückt, so dass Kraftstoff nicht austreten kann.

**[0039]** Für eine Einspritzung wird das Magnetventil 24 geöffnet. Da der Vorsteuerraum 98 mit dem Magnetventil 24 unmittelbar, also ohne Zwischenschaltung einer Drossel, verbunden ist, sinkt der Druck im Vorsteuerraum 98 bis annähernd auf das Niveau im Niederdruckbereich 16 ab (eine gewisse Kraftstoffmenge strömt über die Zuströmdrossel 100 in den Vorsteuerraum 98 nach). Da der Ventilkörper 94 des Drossel-Rückschlagventils 92 an seinem gehäuseseitigen Ventilsitz anliegt, strömt Kraftstoff aus dem Steuerraum 86 nur langsam über die Abströmdrossel 88 und die im Ventilkörper 94 vorhandene Strömungsdrossel 97 ab. Da die Drosselwirkung der Strömungsdrossel 97 stärker ist als die der Abströmdrossel 88, wird in diesem Fall die Abströmgeschwindigkeit durch die Strömungsdrossel 97 im Ventilkörper 94 bestimmt.

**[0040]** Der Druck im Steuerraum 86 sinkt also langsam, bis, analog zum äußeren Ventilelement 34, unter den Öffnungsdruck des Ventilelements 36. Der Kopplerkolben 78, der Führungskolben 76 und die Düsennadel 72 bewegen sich dann in Figur 2 nach oben, so dass die Dichtfläche 74 von dem zugehörigen Ventilsitz abhebt und Kraftstoff über die Kraftstoff-Austrittsöffnungen 20 austreten kann.

**[0041]** Zum Schließen des inneren Ventilelements 36 wird das Magnetventil 24 geschlossen. Damit füllt sich der Vorsteuerraum 98 über die Zuströmdrossel 100, was aufgrund des geringen Volumens des Vorsteuerraums 98 vergleichsweise schnell vonstatten geht. Aufgrund der Druckdifferenz zwischen Vorsteuerraum 98 und Ventilraum 90 hebt der Ventilkörper 94 des Drossel-Rückschlagventils 92 vom Ventilsitz ab, so dass auch der Druck im Ventilraum 90 und, über die Abströmdrossel 88 etwas gedämpft, auch der Druck im Steuerraum 86 wieder ansteigt.

**[0042]** Analog zum Ventilelement 34 schließt das Ventilelement 36, sobald der Druck im Steuerraum 86 und die hieraus resultierende in Schließrichtung wirkende

Kraft an der Steuerfläche 84 ein gewisses Maß übersteigt. Die Schließgeschwindigkeit wird durch die Zuströmdrossel 100 und die Abströmdrossel 88 bestimmt. Die Abströmdrossel 88 hat dabei vor allem die Wirkung, Druckschwingungen zwischen Steuerraum 86, Ventilraum 90 und Vorsteuerraum 98 zu verhindern und die Steuerbarkeit von Ventilelement 34 zu verbessern.

**[0043]** Auch für die Steuerung des Ventilelements 36 ist ein Verzögerungsglied vorgesehen, welches jedoch nicht, wie das Verzögerungsglied 71, hydraulisch wirkt, sondern mechanisch in Form einer Steuerstange 102 des Kopplerkolbens 78. Wie ebenfalls aus Figur 1 hervorgeht, ist auch diese Steuerstange 102 vergleichsweise lang. Durch deren Querschnitt, Länge und Material wird ein bestimmtes Elastizitätsverhalten dargestellt. Dieses führt dazu, dass dann, wenn sich die Steuerfläche 84 in Öffnungsrichtung bewegt, sich zunächst die Steuerstange 102 längt und somit die Dichtfläche 74 erst verzögert von dem zugehörigen gehäuseseitigen Ventilsitz abhebt.

**[0044]** Wird zu diesem Zeitpunkt das Magnetventil 24 wieder geschlossen, wird die Düsennadel 72 mit der Dichtfläche 74 gegen den gehäuseseitigen Dichtsitz gedrückt, kaum dass sie abgehoben hat. Damit kann auch am Ventilelement 36 eine sehr kurze Öffnungszeit realisiert werden, trotz langsam schaltendem Magnetventil 24. Aufgrund des Drossel-Rückschlagventils 92 kann ferner, analog zum Ventilelement 34, ein richtungsabhängiges Öffnungs- bzw. Schließverhalten realisiert werden.

**[0045]** Um störende Querkkräfte zwischen dem Zentralkörper 30 und dem Kopplerkolben 42 und zwischen dem Kopplerkolben 42 und dem Führungskolben 76 zu verhindern, welche aufgrund eines geometrischen Versatzes zwischen den Achsen des Kopplerkolbens 78 zum Führungskolben 76 auftreten könnten, wird der Kopplerkolben 78 bzw. dessen Steuerstange 102 über einen Führungsbund 104 relativ zum Führungskolben 76 zentriert. Um dann noch ggf. zwischen Zentralkörper 30 und Kopplerkolben 78 im Bereich des Steuerraums 86 auftretende Querkkräfte abzufangen, ist der Kopplerkolben 78 entsprechend steif ausgelegt.

**[0046]** Eine alternative Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist in Figur 3 dargestellt. Dabei gilt für diese Figur, dass solche Elemente und Bereiche, die äquivalente Funktionen zu Elementen und Bereichen aufweisen, die bereits im Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 erläutert wurden, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert sind. Der wesentliche Unterschied der in Figur 3 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 zu jener der Figuren 1 und 2 besteht in der Anordnung der beiden Magnetventile 24 und 26: bei der in Figur 3 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist das Magnetventil 26, mit dem das äußere Ventilelement 34 betätigt wird, seitlich am Gehäuse 28 befestigt, wohingegen das Magnetventil 24, mit dem das innere Ventilelement 36 betätigt wird, am in Figur 3 oberen axialen Ende des Gehäuses 28 angebracht ist.

## Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) für eine Brennkraftmaschine, mit mindestens zwei coaxialen Ventilelementen (34, 36) und mit mindestens einem Schaltventil (24, 26) zur Hubsteuerung der Ventilelemente (34, 36), **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Schaltventil (26) und mindestens einem Ventilelement (34) ein hydraulisches Verzögerungsglied (71) angeordnet ist.
2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hydraulische Verzögerungsglied (71) einen Vorsteuerraum (64) umfasst, dessen Länge ein Mehrfaches seines Durchmessers beträgt, wobei der Vorsteuerraum (64) an einem Endbereich mit dem Schaltventil (26) und an einem anderen Endbereich mit einem Hochdruckanschluss (12) und einem Steuerraum (50) verbunden ist.
3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hydraulische Verzögerungsglied (71) so ausgebildet ist, dass es in Öffnungsrichtung des Ventilelements (34) stärker als in dessen Schließrichtung wirkt.
4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hydraulische Verzögerungsglied (71) ein Drossel-Rückschlagventil (56) umfasst, welches zwischen Vorsteuerraum (64) und Steuerraum (50) angeordnet ist und zum Steuerraum (50) hin öffnet.
5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hydraulische Verzögerungsglied (71) eine erste Strömungsdrossel (62) zwischen Vorsteuerraum (64) und Steuerraum (50), eine zweite Strömungsdrossel (66) zwischen Vorsteuerraum (64) und einem Hochdruckanschluss (12), und eine dritte Strömungsdrossel (70) zwischen Vorsteuerraum (64) und dem Schaltventil (26) umfasst.
6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Strömungsdrossel (62) und die zweite Strömungsdrossel (66) nahe beieinander angeordnet sind.
7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drosselwirkung der ersten Strömungsdrossel (62) am stärksten ist, und dass die Drosselwirkung der zweiten Strömungsdrossel (66) in etwa gleich jener der dritten Strömungsdrossel (70) ist.
8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

**zeichnet, dass** sie mindestens ein mechanisches Verzögerungsglied (102) umfasst.

9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Verzögerungsglied eine Steuerstange (102) umfasst. 5
  
10. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerstange (102) oder ein mit dieser gekoppeltes Teil einen Stellerraum (86) begrenzt, der über mindestens eine Strömungsdrossel (88, 97) mit dem Schaltventil (24) verbunden ist, und dass ein Hochdruckanschluss (12) mit einem zwischen der mindestens einen Strömungsdrossel (88, 97) und dem Schaltventil (24) liegenden Bereich (98) über eine Zuströmdrossel (100) verbunden ist. 10  
15
  
11. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Schaltventil (24) und Stellerraum (86) ein Drossel-Rückschlagventil (92) und vorzugsweise hierzu seriell eine zusätzliche Strömungsdrossel (88) angeordnet sind. 20  
25
  
12. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schaltventil (24) für das innere Ventilelement (36) an einem axialen Endbereich eines Gehäuses (28) und ein Schaltventil (26) für das äußere Ventilelement (34) seitlich an dem Gehäuse (28) angeordnet sind. 30
  
13. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schaltventil (24) für das innere Ventilelement (36) und ein Schaltventil (26) für das äußere Ventilelement (34) vorzugsweise nebeneinander an einem axialen Endbereich des Gehäuses (28) angeordnet sind. 35  
40

45

50

55

Fig. 1

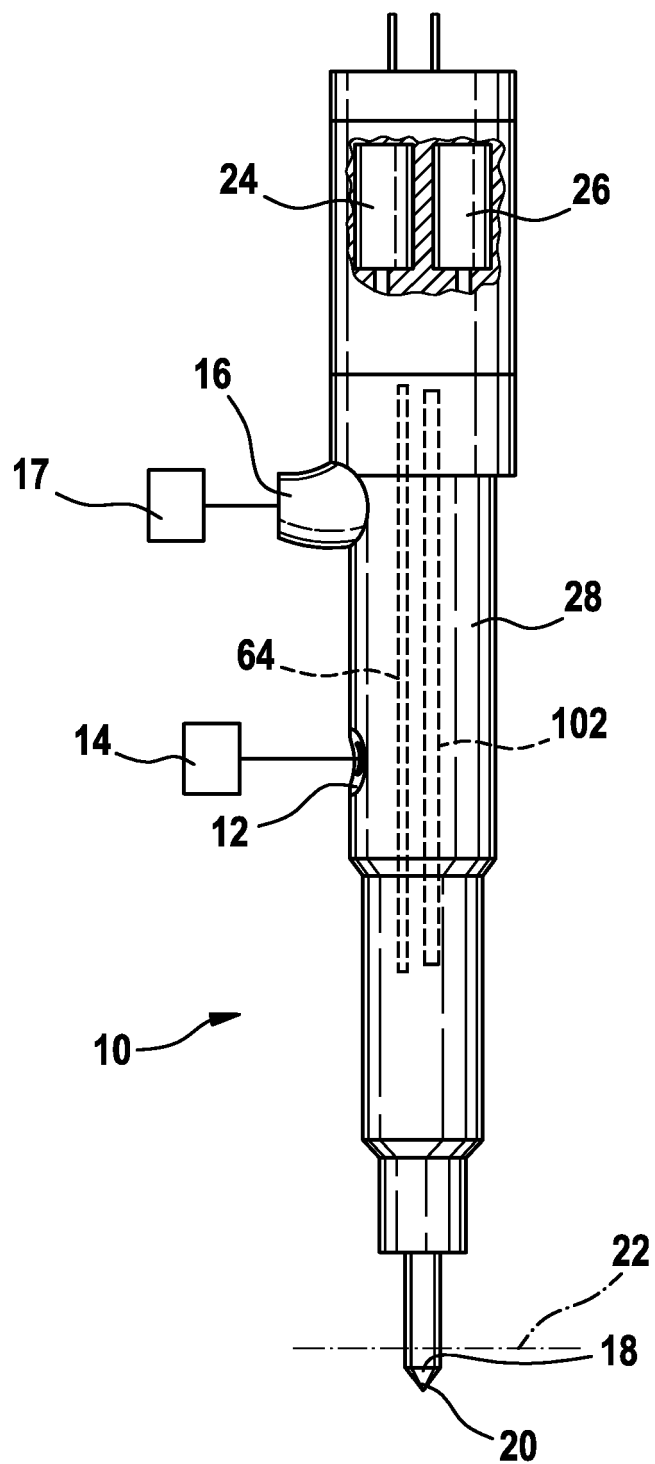




Fig. 2

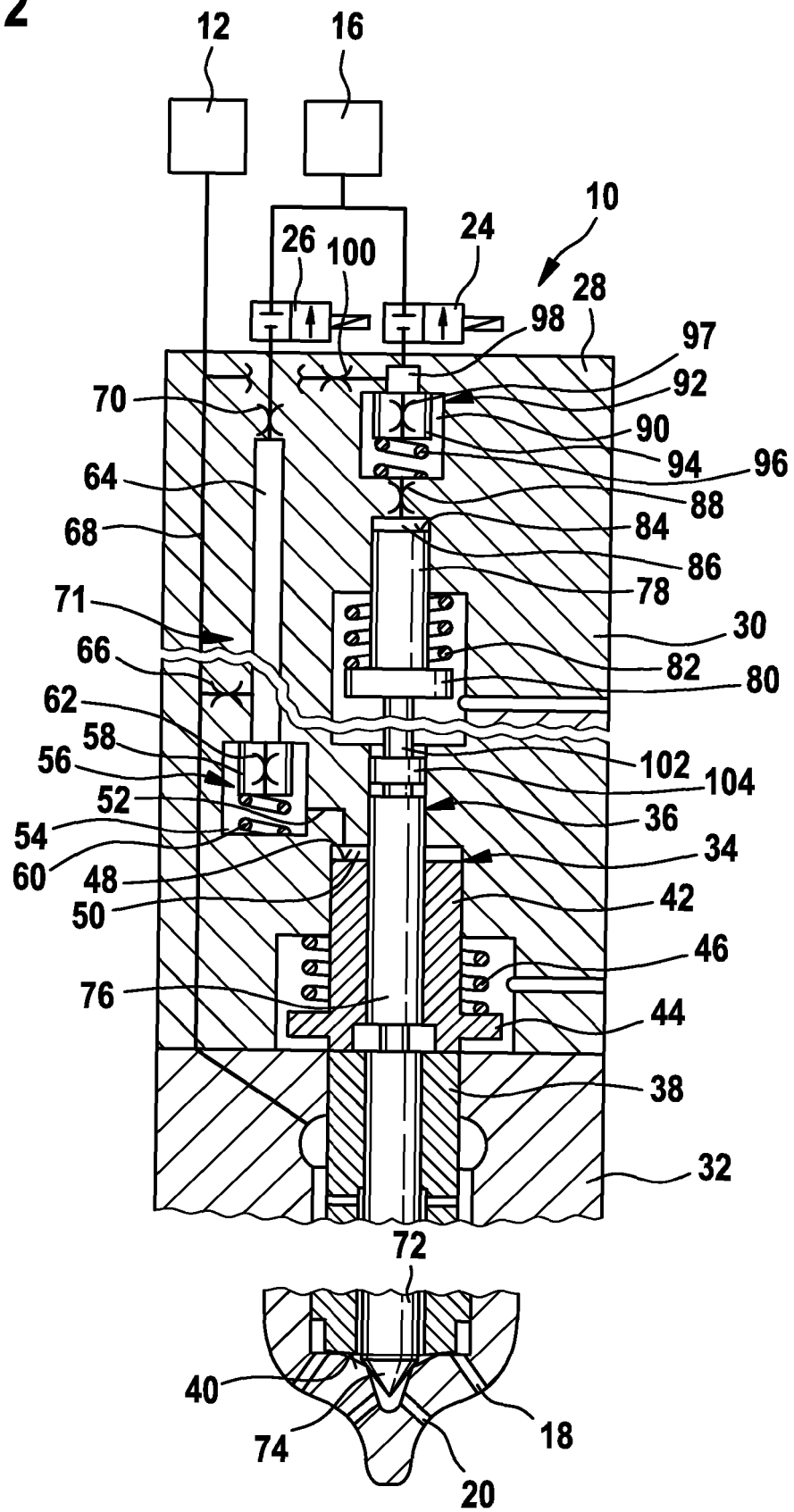
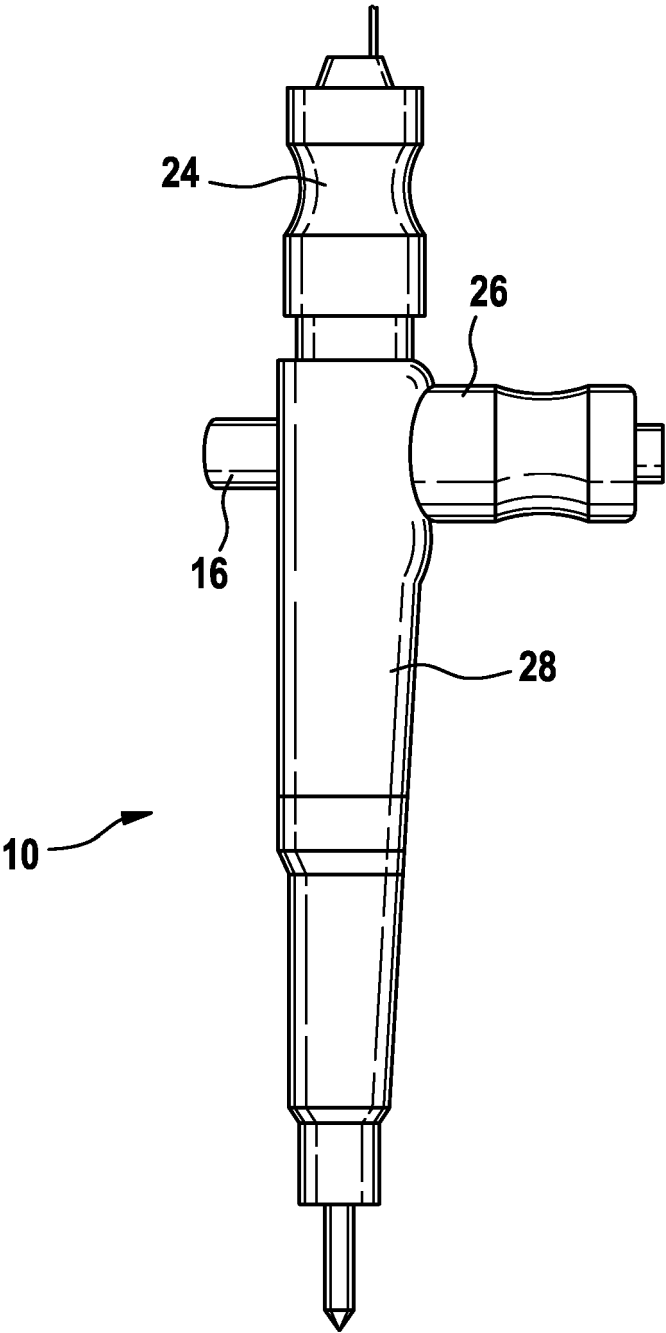


Fig. 3



**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**

- EP 1069308 A2 [0003]