



(11)

**EP 1 952 011 B1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**24.07.2013 Patentblatt 2013/30**

(21) Anmeldenummer: **06807052.3**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(51) Int Cl.:  
**F02M 47/02** (2006.01)      **F02M 61/20** (2006.01)  
**F02M 61/12** (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2006/067156**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2007/057252 (24.05.2007 Gazette 2007/21)**

---

(54) **KRAFTSTOFF-EINSPRITZVORRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE MIT KRAFTSTOFF-DIREKTEINSPRITZUNG**

FUEL INJECTION APPARATUS FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING DIRECT FUEL INJECTION

DISPOSITIF D'INJECTION DE CARBURANT POUR MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A INJECTION DIRECTE DE CARBURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT**

(30) Priorität: **15.11.2005 DE 102005054385**  
**16.03.2006 DE 102006012078**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.08.2008 Patentblatt 2008/32**

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **RETTICH, Andreas**  
**71083 Herrenberg (DE)**

• **PAUER, Thomas**  
**71691 Freiberg (DE)**  
• **BOECKING, Friedrich**  
**70499 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 0 971 118**      **EP-A2- 1 555 427**  
**DE-A1- 10 229 418**      **DE-A1- 10 348 925**  
**DE-A1- 10 348 925**      **DE-A1- 10 352 736**  
**DE-A1- 10 352 736**      **DE-A1-102004 002 309**  
**DE-C1- 10 100 392**

---

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung****Stand der Technik**

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

**[0002]** Die DE 100 24 702 A1 und DE 100 24 703 A1 zeigen jeweils eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, mit der der Kraftstoff direkt in einen ihr zugeordneten Brennraum einer Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann. Hierzu ist in einem Gehäuse ein Ventilelement angeordnet, welches im Bereich einer Kraftstoff-Austrittsöffnung eine insgesamt in Öffnungsrichtung des Ventilelements wirkende Druckfläche aufweist. Am entgegengesetzten Ende des Ventilelements ist eine in Schließrichtung wirkende Steuerfläche vorhanden, welche einen Steuerraum begrenzt.

**[0003]** Bei geschlossener Kraftstoff-Einspritzvorrichtung liegt an einem Bereich der in Öffnungsrichtung wirkenden Druckfläche und an der in Schließrichtung wirkenden Steuerfläche ein hoher Kraftstoffdruck an, wie er beispielsweise von einer Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail") bereitgestellt wird. Der in Schließrichtung wirkende Kraftüberschuss wird erreicht, indem die in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche zumindest bei geschlossenem Ventilelement kleiner ist als die in Schließrichtung wirkende Steuerfläche.

**[0004]** Zum Öffnen des Ventilelements wird der an der Steuerfläche anliegende Druck abgesenkt, bis die in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Kraftresultierende an der Druckfläche die in Schließrichtung wirkenden Kräfte übersteigt. Hierdurch wird ein Öffnen des Ventilelements bewirkt.

**[0005]** Bei beiden bekannten Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen "schwimmt" das Ventilelement im hohen Kraftstoffdruck. Bei dem in der DE 199 24 703 A1 gezeigten Ventilelement sind darüber hinaus die in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche und die in Schließrichtung wirkende Steuerfläche, auf eine Ebene orthogonal zur Längsachse des Ventilelements, gleich groß. Um dennoch ein sicheres Schließen des Ventilelements gewährleisten zu können, werden Maßnahmen vorgeschlagen, mit denen der Druck im Steuerraum nach einer Absenkung wieder besonders rasch angehoben werden kann.

**[0006]** In der EP 0971118 A wird eine weitere Einspritzvorrichtung offenbart.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass sie sehr schnell schließt. Eine weitere Aufgabe ist eine vereinfachte Herstellung der Vorrichtung.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des nebengeordneten Verfahrensan-

spruches gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen angegeben.

**Vorteile der Erfindung**

5

**[0009]** Erfindungsgemäß wird das Schließen des Ventilelements dadurch unterstützt, dass bei geöffnetem Ventilelement der an der in Öffnungsrichtung wirkenden Druckfläche (oder zumindest an einem Teil hiervon) anliegende Druck abgesenkt wird. Dies ist beispielsweise durch eine entsprechende Drosselung zwischen dem Ventilelement und einem gehäuseseitigen Ventilsitzbereich und/oder durch einen zusätzlichen Ventilschieberabschnitt möglich.

10

**[0010]** Mittels einer entsprechenden Ausformung einerseits des gehäuseseitigen Ventilsitzbereichs und andererseits eines entsprechenden Dichtbereichs am Ventilelement kann die Drosselung so eingestellt werden, dass mindestens bei etwas geöffnetem Ventilelement die in Öffnungsrichtung wirkende Kraft kleiner ist als bei geschlossenem Ventilelement. Hierdurch wird der Schließvorgang unterstützt und beschleunigt. Das Ventilelement wird zum Schließen quasi an den Ventilsitz "angesaugt".

15

**[0011]** Die Erfindung ermöglicht es in besonderer Weise, die in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche und die in Schließrichtung wirkende Steuerfläche, jeweils auf eine Ebene senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ventilelements projiziert, wenigstens in etwa gleich groß auszugestalten. Dies gestattet eine preiswerte Fertigung des Ventilelements.

20

**[0012]** Vorgeschlagen wird auch, in allen zwischen Steuerraum und Druckraum liegenden Räumen, die das Ventilelement umgeben, im Betrieb wenigstens zeitweise und wenigstens in etwa der am Hochdruckanschluss herrschende hohe Kraftstoffdruck herrscht. Dies kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Ausnehmung, in der das Ventilelement insgesamt aufgenommen ist, mit dem Hochdruckanschluss verbunden ist. Ein Niederdruckbereich ist demzufolge nicht mehr vorhanden ("druckausgeglichenes" Ventil). Somit kann keine Leckage zwischen dem Hoch- und einem solchen Niederdruckbereich auftreten, so dass auch die entsprechende Abdichtung und eine hierfür erforderliche Lekkageleitung entfallen können.

25

**[0013]** Dies gestattet einen einfacheren Aufbau der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit insgesamt weniger Teilen, was zum einen die Montage erleichtert und zum anderen eine kleinere Bauweise ermöglicht. Darüber hinaus arbeitet die erfindungsgemäße Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einem hohen Wirkungsgrad, da die bei früheren Vorrichtungen vorhandene Leckage zwischen Ventilelement und Gehäuse nicht mehr vorhanden ist. Eine Rücklaufleitung kann in der Folge kleiner ausgelegt werden.

30

**[0014]** Dadurch, dass eine Abdichtung zwischen der in Öffnungsrichtung wirkenden Druckfläche und der in Schließrichtung wirkenden Steuerfläche nicht mehr im

bisherigen Sinne erforderlich ist, kann das Ventilelement insgesamt in einem mit dem Hochdruckanschluss verbundenen Hochdruckraum angeordnet sein. Um eine Druckabsenkung im Steuerraum dennoch erreichen zu können, kann dann einfach eine Dichthülse vorgesehen sein. Diese kann radial frei, also ohne Führung, sein, so dass Fertigungstoleranzen einfach ausgeglichen werden können. Die Ansteuerung des Steuerraums kann dann durch einen beispielsweise in der Hülse vorhandenen Steuerkanal erfolgen.

**[0015]** Um mit der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung auch Kleinstmengen im Bereich von 1 mm<sup>3</sup> einspritzen zu können, wird eine "Stauchung" des Ventilelements durch eine entsprechende Längenbeziehungsweise Materialauswahl des Ventilelements eingestellt. Alle vorangegangenen Maßnahmen ermöglichen einen Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung auch bei sehr hohen Drücken von bis zu 1800 bar.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist das Ventilelement mehrteilig und mindestens zwei Teile des Ventilelements über einen hydraulischen Koppler miteinander gekoppelt sind. Hierdurch wird die Freiheit bei der Auslegung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung erheblich erhöht. Auch die Herstellung der Vorrichtung wird vereinfacht.

**[0017]** In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass die beiden Teile des Ventilelements im hydraulischen Koppler dann, wenn das Ventilelement am Ventilsitz anliegt, voneinander beabstandet sind. Hierdurch wird eine direkte mechanische Kopplung der beiden Teile und somit ein mögliches Prellen verhindert.

**[0018]** Dabei kann der hydraulische Koppler eine Zwischenscheibe umfassen, die einen ersten Koppelraum von einem zweiten Koppelraum geometrisch trennt. Dies vereinfacht die Herstellung.

**[0019]** Möglich ist, dass der hydraulische Koppler einen die beiden Koppelräume hydraulisch miteinander verbindenden Verbindungskanal umfasst. Dies gestattet die Optimierung des Koplplers, beispielsweise durch Ausgestaltung des Verbindungskanals als Strömungsdrossel.

**[0020]** Mindestens eines der Teile des Ventilelements kann als elastische Druckstange derart ausgebildet sein, dass eine Öffnungsbewegung des den Steuerraum begrenzenden Teils des Ventilelements sich zeitverzögert auf den mit dem Ventilsitz zusammenarbeitenden Teil des Ventilelements überträgt. Auf diese Weise können trotz des Einsatzes einer preiswerten Magnetventils zur Steuerung des Drucks im Steuerraum auch sehr kurze Öffnungszeiten und damit die Fähigkeit, auch Kleinstmengen einspritzen zu können, realisiert werden.

#### Zeichnung

Nachfolgend werden besonders bevorzugte

**[0021]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 einen teilweisen Schnitt durch einen Bereich einer einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, die nicht Teil der Erfindung ist;

5 Figur 2 ein Diagramm, in dem ein Verlauf einer in Öffnungsrichtung wirkenden Kraft über dem Hub eines Ventilelements der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Figur 1 aufgetragen ist;

10 Figur 3 einen teilweisen Schnitt durch einen Bereich einer ersten Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung; und

15 Figur 4 eine Darstellung ähnlich zu Figur 1 einer zweiten Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

20 **[0022]** Eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung trägt in Figur insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst ein Gehäuse 12, welches wiederum einen Düsenkörper 12a, einen Injektorkörper 12b, und eine Düsenspannmutter 12c umfasst. In dem Gehäuse 12 ist in seiner Längsrichtung eine gestufte Ausnehmung 14 vorhanden, von deren in Figur 1 unterem Ende Kraftstoff-Austrittskanäle 16 ausgehen, die die Wand des Düsenkörpers 12a durchsetzen.

25 **[0023]** In der Ausnehmung 14 ist ein nadelartiges Ventilelement 18 angeordnet. Dieses weist einen insgesamt im Wesentlichen konstanten Durchmesser D auf. An seinem in Figur 1 unteren Ende weist das Ventilelement 18 eine konische Spitze auf, die durch eine erste konische Ringfläche 20 und eine zweite konische Endfläche 22 gebildet wird. Die Ringfläche 20 und die Endfläche 22 haben eine unterschiedliche Konizität, so dass zwischen ihnen eine Dichtkante 24 gebildet ist. Diese liegt bei geschlossenem Ventilelement 18 an einer gegenüberliegenden ebenfalls konischen Ventilsitzfläche 26 im in Figur 1 unteren Endbereich der Ausnehmung 14 im Düsenkörper 12a an. Auf diese Weise kann das Ventilelement 18 die Kraftstoff-Austrittskanäle 16 von einem stromaufwärts von der Dichtkante 24 zwischen dem Ventilelement 18 und dem Gehäuse 12 vorhandenen ringförmigen Hochdruckraum 28 trennen.

30 **[0024]** Der Hochdruckraum 28 erstreckt sich über die gesamte Länge der Ausnehmung 14 bzw. des Ventilelements 18. Letzteres wird im Gehäuse 12 vor allem über einen eine nur geringe axiale Länge aufweisenden Führungsabschnitt 30 geführt, welcher mit einem komplementären Führungsabschnitt 32 am in Figur 1 oberen Ende des Düsenkörpers 12a zusammenarbeitet. Der Hochdruckraum 28 wird durch die beiden Führungsabschnitte 30 und 32 jedoch nicht unterbrochen: Im Bereich 35 des Führungsabschnitts 30 weist das Ventilelement 18 nämlich vier über seinen Umfang verteilt angeordnete Abflachungen 34 auf, durch die entsprechende den Führungsabschnitt 30 beziehungsweise 32 durchquerende

Strömungskanäle gebildet werden, welche ebenfalls Teil des Hochdruckraums 28 sind. Die Abflachungen 34 sind dabei so dimensioniert, dass eine Drosselung der Strömung, die durch die gebildeten Strömungskanäle hindurch strömt, im Wesentlichen Null ist.

**[0025]** Die Ausnehmung 14 wird in Figur 1 nach oben hin durch ein Ventilstück 36 verschlossen. Dieses ragt mit einem Hülsenabschnitt 38 ein Stück weit in die Ausnehmung 14 hinein, so dass in dem Hülsenabschnitt 38 ein von den Kraftstoff-Austrittskanälen 60 entgegengesetzter Endbereich 40 des Ventilelements 18 axial verschieblich, jedoch weitgehend fluiddicht aufgenommen ist. Das Ventilstück 36 ist auf nicht näher dargestellte Art und Weise am Injektorkörper 12b befestigt. Zwischen dem Hülsenabschnitt 38 und einem von diesem etwas beabstandeten Ringbund 42 am Ventilelement 18 ist eine Feder 44 verspannt, durch die das Ventilelement 18 ganz leicht in Schließrichtung beaufschlagt wird.

**[0026]** Am in Figur 1 oberen Ende des Ventilelements 18 ist eine Steuerfläche 46 vorhanden. Sie stellt einen Teil einer Begrenzung eines Steuerraums 48 dar, der zwischen dem Hülsenabschnitt 38 und dem Ventilelement 18 gebildet wird. Über eine Zulaufdrossel 50 ist der Steuerraum 48 mit dem Hochdruckraum 28 verbunden, der wiederum über einen Kanal 52 im Injektorkörper 12b mit einem Hochdruckanschluss 54 verbunden ist. Dieser wiederum ist im Betrieb der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 mit einer Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail") verbunden, die in Figur 1 jedoch nicht dargestellt ist. In einer solchen Kraftstoff-Sammelleitung kann Kraftstoff unter sehr hohem Druck gespeichert werden. An die Kraftstoff-Sammelleitung können mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen angeschlossen sein.

**[0027]** Eine Ablaufdrossel 56 verbindet den Steuerraum 48 ferner mit einem Schaltventil 58. Dieses verbindet den Steuerraum 48 in geöffnetem Zustand mit einem Niederdruckanschluss 60. Hierzu verfügt das Schaltventil 58 in diesem Beispiel über eine Ventilkugel 62, die wiederum von einem Ventilstößel 64 beaufschlagt wird, der wiederum entweder hydraulisch oder direkt über einen entsprechenden Aktor 66 betätigt wird.

**[0028]** Die in Figur 1 gezeigte Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 wird folgendermaßen betrieben: In einem Ausgangszustand ist das Schaltventil 58 geschlossen. Der am Hochdruckanschluss 54 anliegende hohe Kraftstoffdruck (bis zu 1800 bar) herrscht im Hochdruckraum 28 und wird durch die Zulaufdrossel 50 auch in den Steuerraum 48 übertragen. Der hohe Druck liegt auch an der konischen Ringfläche 20 am in Figur 1 unteren Ende des Ventilelements 18 an. Die in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische konische Ringfläche 20 ist jedoch insgesamt kleiner als die in Schließrichtung wirkende Steuerfläche 46. Aus diesem Grund wirkt insgesamt auf das Ventilelement 18 eine in Schließrichtung wirkende Kraftresultierende, welche dafür sorgt, dass die Dichtkante 24 des Ventilelements 18 gegen die gegenüberliegende Ventilsitzfläche 26 gedrückt wird. Somit ist die Verbindung des Hochdruckraums 28 zu den Kraftstoff-Austritts-

kanälen 16 unterbrochen.

**[0029]** Damit Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 abgegeben werden kann, wird das Schaltventil 58 geöffnet. Der Steuerraum 48 ist nun über die Ablaufdrossel 56 mit dem Niederdruckanschluss 60 verbunden. Da die Zulaufdrossel 50 stärker drosselt als die Ablaufdrossel 56, sinkt der Druck im Steuerraum 48 und in der Folge auch die an der Steuerfläche 46 angreifende und in Schließrichtung wirkende Kraft. Sobald diese unter die an der konischen Ringfläche 20 angreifende und in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Kraft (abzüglich der Kraft der Feder 44) absinkt, hebt das Ventilelement 18 mit der Dichtkante 24 von der Ventilsitzfläche 26 ab. Kraftstoff strömt nun vom Hochdruckraum 28 zu den Kraftstoff-Austrittskanälen 16.

**[0030]** Nun wirkt zusätzlich auch an der konischen Endfläche 22 ein hydraulischer Druck, der an dieser konischen Endfläche 22 eine zusätzliche in Öffnungsrichtung wirkende Kraft erzeugt (zum Verlauf der Kraft im Verhältnis zum Hub wird weiter unten im Zusammenhang mit Figur 2 noch ausführlich Stellung genommen). Hierdurch wird das Öffnen des Ventilelements 18 beschleunigt. Die konische Ringfläche 20 und die konische Endfläche 22 bilden also insgesamt eine in Öffnungsrichtung wirkende Druckfläche, deren hydraulisch wirksame Querschnittsfläche gleich der hydraulisch wirksamen Querschnittsfläche der Steuerfläche 46 ist.

**[0031]** Um die Einspritzung von Kraftstoff durch die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 zu beenden, wird das Schaltventil 58 geschlossen. Die Verbindung des Steuerraums 48 zum Niederdruckanschluss 60 ist daher unterbrochen. Kraftstoff kann nun durch die Zulaufdrossel 50 wieder in den Steuerraum 48 nachströmen, so dass sich dort der am Hochdruckanschluss 54 und im Hochdruckraum 28 herrschende Druck einstellt. Dass das Ventilelement 18 nun eine Schließbewegung ausführt, obwohl die in Schließrichtung wirkende hydraulische Querschnittsfläche der Steuerfläche 46 und die in Öffnungsrichtung wirkende hydraulische Querschnittsfläche der Druckflächen 20 und 22 gleich groß sind, hängt mit Folgendem zusammen: Im Bereich der Dichtkante 24 wird die Strömung zwischen den beiden Ringflächen 20 und 22 einerseits und der gegenüberliegenden Ventilsitzfläche 26 andererseits ganz leicht gedrosselt.

**[0032]** Damit liegt zumindest an einem Bereich der konischen Endfläche 22 ein Druck an, der kleiner ist als der Druck im Hochdruckraum 28. Dies hängt auch mit dem Abströmen des Kraftstoffs durch die Kraftstoff-Austrittskanäle 16 zusammen.

**[0033]** Trotz eines insgesamt im Hochdruckraum 28 und im Steuerraum 48 gleichen Drucks und trotz gleicher in Schließrichtung und in Öffnungsrichtung wirkender hydraulisch wirksamer Querschnittsflächen ist also die in der Summe an der konischen Ringfläche 20 und der konischen Endfläche 22 in Öffnungsrichtung wirkende Kraft kleiner als die an der Steuerfläche 46 in Schließrichtung wirkende Kraft. Die am Ventilelement 18 insgesamt angreifende Kraftresultierende wirkt also in Schließrich-

tung, was zu einer Schließbewegung des Ventilelements 18 führt.

**[0034]** Die Geometrie der konischen Ringfläche 20 und der konischen Endfläche 22, insbesondere die Konizität dieser beiden Flächen 20 und 22, relativ zur Ventilsitzfläche 26 ist so gewählt, dass über einen Hub H ein Verlauf der in Öffnungsrichtung wirkenden Kraft F erzielt wird, wie er in Figur 2 dargestellt ist. Aus dieser erkennt man, dass die in Öffnungsrichtung wirkende Kraft beim Hub H = 0 (also bei mit der Dichtkante 24 an der Ventilsitzfläche 26 anliegendem Ventilelement 18) einen Wert F<sub>0</sub> hat. Bei etwas geöffnetem Ventilelement 18, also ungefähr bei einem Hub H<sub>1</sub>, ist auf Grund von Drosselleffekten die in Öffnungsrichtung wirkende Kraft F<sub>1</sub> kleiner als die bei geschlossenem Ventilelement 18 in Öffnungsrichtung wirkende Kraft F<sub>0</sub>. Erst bei einem nochmals vergrößerten Hub H wirkt in Öffnungsrichtung eine Kraft F<sub>2</sub>, die deutlich größer ist als die Kraft F<sub>0</sub>.

**[0035]** Dies bedeutet im Umkehrschluss während des gerade beschriebenen Schließvorgangs, dass das Ventilelement 18 gegen Ende des Schließvorgangs quasi "angesaugt" wird und entsprechend schnell schließt. Ein Kraftverlauf, wie er in Figur 2 dargestellt ist, kann zusätzlich oder verstärkt auch durch die Ausbildung eines Ventschieberabschnitts (in Figur 1 nicht gezeigt) herbeigeführt werden, der mit einem entsprechenden gehäuseseitigen Abschnitt zusammenarbeitet.

**[0036]** Es versteht sich, dass für ein sicheres Öffnen der Druck im Steuerraum 48 so weit abgesenkt werden muss, dass die an der Steuerfläche 46 in Schließrichtung wirkende Kraft zuzüglich der Kraft der Feder 44 kleiner ist als die Kraft F<sub>1</sub>.

**[0037]** Man erkennt aus Figur 1, dass das Ventilelement 18 insgesamt einstückig ist. Durch eine entsprechende Material- und Geometriewahl wird zwischen der Dichtkante 24 einerseits und dem Steuerraum 48 eine bestimmte Federelastizität eingestellt, die bei geschlossenem Ventilelement 18 eine gewisse Stauchung verursacht, welche dazu genutzt werden kann, auch kleinste Kraftstoffmengen im Bereich von 1 mm<sup>3</sup> gezielt und präzise einzuspritzen.

**[0038]** Eine erste Ausführungsform einer Kraftstoff-Eine Ausführungsform einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist in Figur 3 gezeigt. Dabei tragen hier und nachfolgend solche Elemente und Bereiche, die bereits im Zusammenhang mit Figur 4 erläutert wurden, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert. Bei der in Figur 3 gezeigten Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 10 ist der Hülsenabschnitt 38 als vom Ventilstück 36 separates Teil ausgebildet. Er ist auf den Endbereich 40 des Ventilelements 18 aufgeschoben und wird von der Feder 44 gegen das Ventilstück 36 beaufschlagt.

**[0039]** In radialer Richtung ist der Hülsenabschnitt 38 nicht gehalten. Die Führung des Ventilelements 18 erfolgt somit ausschließlich durch den Führungsabschnitt 30 am Ventilelement 18 und den Führungsabschnitt 32 am Düsenkörper 12a. Hierdurch wird eine leichtgängige Bewegung des Ventilelements 18 trotz gewisser Ferti-

gungstoleranzen gewährleistet. Auch die Abdichtung des Steuerraums 48 wird hierdurch verbessert.

**[0040]** Es versteht sich, dass unter dem Begriff der hydraulisch wirksamen Querschnittsfläche einerseits der Druckfläche 20, 22 und andererseits der Steuerfläche 46 die Fläche der konischen Ringfläche 20, der konischen Endfläche 22, und der Steuerfläche 46 gemeint ist, die auf eine senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ventilelements 18 liegende Ebene projiziert ist. Da der Durchmesser des Ventilelements 18 konstant ist (Wert D), sind diese hydraulisch wirksamen Querschnittsflächen identisch.

**[0041]** Eine nochmals geänderte zweite Ausführungsform zeigt Figur 4. In dieser ist das Ventilelement 18 zweiteilt, mit einer Düsenadel 68 und einem Steuerkolben 70. Der Steuerkolben 34 ist vergleichsweise lang und so dimensioniert, dass er, wie weiter unten noch genauer erläutert ist, eine deutliche Elastizität besitzt. Düsenadel 68 und Steuerkolben 70 sind über einen hydraulischen Koppler 72 miteinander gekoppelt, der zwei hydraulische Koppelräume 74a und 74b umfasst. Die beiden Koppelräume 74a und 74b sind durch eine gehäuseseitige Zwischenscheibe 76 geometrisch voneinander getrennt, über einen Verbindungskanal 78 aber hydraulisch miteinander verbunden.

**[0042]** Der obere Koppelraum 74a wird radial von einer Hülse 80a, der untere von einer Hülse 80b begrenzt. Die Hülsen werden jeweils in einer Feder 81a und 81b, die sich gehäuseseitig (Feder 81a) bzw. an der Düsenadel 68 (Feder 81b) abstützt, gegen die Zwischenscheibe 76 gedrückt. Der Steuerkolben 70 begrenzt mit einer Endfläche 82 axial den oberen Koppelraum 74a, die Düsenadel mit einer Endfläche 84 den unteren Koppelraum 74b.

**[0043]** Wird der Druck im Steuerraum 60 durch eine Ansteuerung des Aktors 66 (hier ein Magnetaktor) gesenkt, bewegt sich der Steuerkolben 70 in Figur 4 nach oben. Hierdurch sinkt der Druck im oberen Koppelraum 74a, was sich über den Verbindungskanal 78 in den unteren Koppelraum 74b überträgt und auch dort zu einer Druckabsenkung führt. In der Folge wird die Düsenadel 68 quasi aufgezogen.

**[0044]** Aus Figur 4 erkennt man, dass der Steuerkolben 70 und die Düsenadel 68 im Hochdruck der oberhalb und unterhalb der Zwischenscheibe 76 liegenden Hochdruckräume 28a und 28b "schwimmen". Hierzu sind in der Zwischenscheibe 76 entsprechende Durchlässe (ohne Bezugszeichen) vorhanden. Hierdurch wird die Abdichtungsproblematik reduziert.

**[0045]** Durch die Elastizität und Länge L vor allem des Steuerkolbens 34 wird es ermöglicht, dass mit der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 18 auch sehr kleine Kraftstoffmengen eingespritzt werden können. Dies dadurch, dass der Steuerkolben zunächst, wenn die Düsenadel 68 am gehäuseseitigen Ventilsitz anliegt, durch den hohen Druck im Steuerraum 48 elastisch zusammengedrückt wird. Bei einer Druckabsenkung im Steuerraum 48 muss sich der Steuerkolben 70 erst längen, um die oben ge-

nannte Druckabsenkung in den Koppelräumen 74a und 74b herbeizuführen.

[0046] Bei der Ausführungsform nach Figur 4 können durch eine entsprechende Auswahl der Verhältnisse des Durchmesser D1 der Endfläche 84 der Düsenadel 68 zum Durchmesser D2 der Endfläche 82 des Steuerkolbens 70 (Übersetzung) und des Durchmessers D2 zum Durchmesser D3 der Steuerfläche 46 (Druckstufe) die Kraftverhältnisse auf einfache Weise und doch präzise eingestellt werden.

## Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) für eine Brennkraftmaschine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, mit einem Gehäuse (12), mit einem in dem Gehäuse (12) angeordneten Ventilelement (18) mit einer in Öffnungsrichtung wirkenden hydraulischen Druckfläche (20, 22), die einen Hochdruckraum (28a, 28b) begrenzt, der mit einem Hochdruckanschluss (54) verbunden ist, und mit einer in Schließrichtung wirkenden hydraulischen Steuerfläche (46), die einen Steuerraum (48) begrenzt, in dem im Betrieb ein variabler Steuerdruck herrscht, wobei das geschlossene Ventilelement (18) mit einer konischen Spitze an einer Ventilsitzfläche (26) anliegt und so Kraftstoff-Austrittskanäle (16) vom Hochdruckraum (28a, 28b) trennt, und wobei das Ventilelement (18) in einer geöffneten Stellung ( $H_1$ ) oder einem geöffneten Stellungsbereich mit einem Gehäusebereich (26) drosselnd derart zusammenarbeitet, dass mindestens an einem Teil der Druckfläche (20, 22) ein Druck anliegt, der kleiner als der Druck im Hochdruckraum (28a, 28b) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventilelement (18) mehrteilig ist (68, 70) und mindestens zwei Teile (68, 70) des Ventilelements (18) über einen hydraulischen Koppler (72) miteinander gekoppelt sind. 15
2. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei geöffnetem Ventilelement (18) die hydraulisch wirksame Druckfläche (20, 22) und die hydraulisch wirksame Steuerfläche (46), jeweils auf eine Ebene senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ventilelements (18) projiziert, wenigstens in etwa gleich groß sind. 20
3. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in zwischen Steuerraum (48) und Hochdruckraum (28a, 28b) liegenden Räumen (28a, 28b), die das Ventilelement (18) umgeben, im Betrieb wenigstens zeitweise und wenigstens in etwa der am Hochdruckanschluss (54) herrschende hohe Kraftstoffdruck herrscht. 25
4. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der

vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventilelement (18) einen Ventilschieberabschnitt aufweist, der wenigstens zeitweise, insbesondere beim Schließen, mit einem gehäuseseitigen Bereich (12) drosselnd derart zusammenarbeitet, dass der mindestens auf einen Teil der Druckfläche (20, 22) wirkende Druck unter den Druck im Hochdruckraum (28a, 28b) absinkt. 5

- 10 5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerraum (48) von dem Hochdruckraum (28a, 28b) durch einen Hülsenabschnitt (38) fluidisch getrennt ist, der radial vom Gehäuse (12) nicht geführt ist. 15
6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventilelement (18) einen Führungsabschnitt (30) aufweist, an dem es in dem Gehäuse (12) fluidisch durchlässig geführt ist (32). 20
7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Teile (68, 70) des Ventilelements (18) im hydraulischen Koppler (72) dann, wenn das Ventilelement (18) am Ventilsitz (26) anliegt, voneinander beabstandet sind. 25
8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Koppler (72) eine Zwischenscheibe (76) umfasst, die einen ersten Koppelraum (74a) von einem zweiten Koppelraum (74b) geometrisch trennt. 30
9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der hydraulische Koppler (72) einen die beiden Koppelräume (74a, 74b) hydraulisch miteinander verbindenden Verbindungskanal (78) umfasst. 35
- 40

## Claims

- 45 1. Fuel injection device (10) for an internal combustion engine with direct fuel injection, having a housing (12), having a valve element (18) which is arranged in the housing (12) and which has a hydraulic pressure surface (20, 22) which acts in an opening direction, which hydraulic pressure surface delimits a high-pressure chamber (28a, 28b) which is connected to a high-pressure port (54), and having a hydraulic control surface (46) which acts in a closing direction and which delimits a control chamber (48) in which a variable control pressure prevails during operation, wherein the closed valve element (18) bears, by way of a conical tip, against a valve seat surface (26) and thus separates fuel outlet ducts (16) from
- 50
- 55

the high-pressure chamber (28a, 28b), and wherein the valve element (18), in an open position ( $H_1$ ) or an open position range, interacts in a throttling manner with a housing region (26) such that a pressure which is lower than the pressure in the high-pressure chamber (28a, 28b) acts at least on one part of the pressure surface (20, 22), **characterized in that** the valve element (18) is of multi-part form (68, 70) and at least two parts (68, 70) of the valve element (18) are coupled to one another via a hydraulic coupler (72).

2. Fuel injection device (10) according to Claim 1, **characterized in that**, when the valve element (18) is open, the hydraulically acting pressure surface (20, 22) and the hydraulically acting control surface (46) are, when projected in each case onto a plane perpendicular to the direction of movement of the valve element (18), of at least approximately the same size.
3. Fuel injection device (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that**, during operation, at least approximately the high fuel pressure prevailing at the high-pressure port (54) at least intermittently prevails in spaces (28a, 28b) which are situated between the control chamber (48) and high-pressure chamber (28a, 28b) and which surround the valve element (18).
4. Fuel injection device (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the valve element (18) has a valve slide portion which, at least intermittently, in particular during closing, interacts in a throttling manner with a housing-side region (12) in such a way that the pressure acting at least on one part of the pressure surface (20, 22) falls below the pressure in the high-pressure chamber (28a, 28b).
5. Fuel injection device (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the control chamber (48) is fluidically separated from the high-pressure chamber (28a, 28b) by a sleeve portion (38) which is not guided radially by the housing (12).
6. Fuel injection device (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the valve element (18) has a guide portion (30) on which it is guided (32) in the housing (12) so as to permit a passage of fluid.
7. Fuel injection device (10) according to Claim 1, **characterized in that** the two parts (68, 70) of the valve element (18) in the hydraulic coupler (72) are spaced apart from one another when the valve element (18) bears against the valve seat (26).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

8. Fuel injection device (10) according to Claim 7, **characterized in that** the hydraulic coupler (72) comprises an intermediate disc (76) which geometrically separates a first coupling chamber (74a) from a second coupling chamber (74b).
9. Fuel injection device (10) according to Claim 8, **characterized in that** the hydraulic coupler (72) comprises a connecting duct (78) which hydraulically connects the two coupling chambers (74a, 74b) to one another.

## Revendications

1. Dispositif d'injection de carburant (10) pour un moteur à combustion interne à injection directe de carburant, comprenant un boîtier (12), comprenant un élément de soupape (18) disposé dans le boîtier (12) et doté d'une surface de pression (20, 22) hydraulique agissant dans la direction d'ouverture, laquelle surface de pression délimite un espace haute pression (28a, 28b) qui est relié à un raccord haute pression (54), et comprenant une surface de commande (46) hydraulique agissant dans la direction de fermeture, laquelle surface de commande délimite un espace de commande (48) dans lequel règne lors du fonctionnement une pression de commande variable, l'élément de soupape fermé (18) s'appliquant par une pointe conique contre une surface de siège de soupape (26) et séparant ainsi des conduits de sortie de carburant (16) de l'espace haute pression (28a, 28b), et l'élément de soupape (18) coopérant, dans une position ouverte ( $H_1$ ) ou une plage de positions ouvertes, avec une région de boîtier (26) de manière à réaliser un étranglement de telle sorte qu'une pression s'applique au moins sur une partie de la surface de pression (20, 22), laquelle pression est inférieure à la pression dans l'espace haute pression (28a, 28b), **caractérisé en ce que** l'élément de soupape (18) comporte plusieurs parties (68, 70) et au moins deux parties (68, 70) de l'élément de soupape (18) sont accouplées l'une à l'autre par le biais d'un coupleur hydraulique (72).
2. Dispositif d'injection de carburant (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lorsque l'élément de soupape (18) est ouvert, la surface de pression (20, 22) à action hydraulique et la surface de commande (46) à action hydraulique, projetées respectivement sur un plan perpendiculaire à la direction de déplacement de l'élément de soupape (18), sont au moins approximativement de même taille.
3. Dispositif d'injection de carburant (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans des espaces (28a, 28b), situés entre l'espace de commande (48) et l'espace

haute pression (28a, 28b), qui entourent l'élément de soupape (18) règne lors du fonctionnement, au moins par intermittence et au moins approximativement, la pression de carburant élevée régnant au niveau du raccord haute pression (54). 5

4. Dispositif d'injection de carburant (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de soupape (18) comprend une section de tiroir de soupape qui, au moins par intermittence, en particulier lors de la fermeture, coopère avec une région (12) côté boîtier de manière à réaliser un étranglement de telle sorte que la pression agissant au moins sur une partie de la surface de pression (20, 22) devienne inférieure à la pression dans l'espace haute pression (28a, 28b). 10
  
5. Dispositif d'injection de carburant (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'espace de commande (48) est séparé de manière fluidique de l'espace haute pression (28a, 28b) par une section de douille (38) qui n'est pas guidée radialement à partir du boîtier (12). 20
  
6. Dispositif d'injection de carburant (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de soupape (18) comprend une section de guidage (30) au niveau de laquelle il est guidé dans le boîtier (12) de manière perméable aux fluides. 25
  
7. Dispositif d'injection de carburant (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les deux parties (68, 70) de l'élément de soupape (18) dans le coupleur hydraulique (72) sont espacées l'une de l'autre lorsque l'élément de soupape (18) s'applique contre le siège de soupape (26). 35
  
8. Dispositif d'injection de carburant (10) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le coupleur hydraulique (72) comporte un disque intermédiaire (76) qui sépare géométriquement un premier espace d'accouplement (74a) d'un deuxième espace d'accouplement (74b). 40
  
9. Dispositif d'injection de carburant (10) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le coupleur hydraulique (72) comporte un conduit de liaison (78) reliant l'un à l'autre de manière hydraulique les deux espaces d'accouplement (74a, 74b). 50

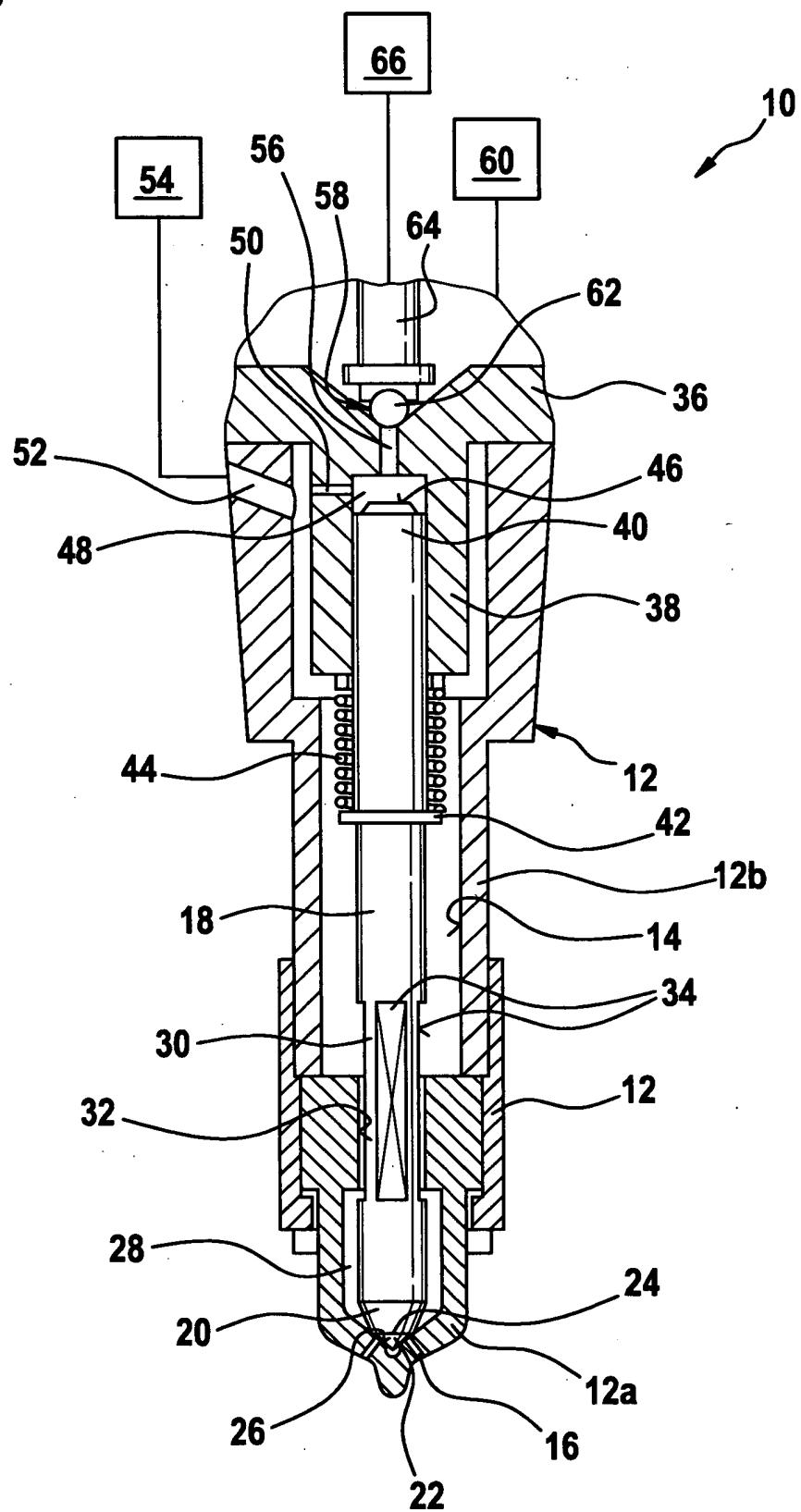
**Fig. 1**

Fig. 2

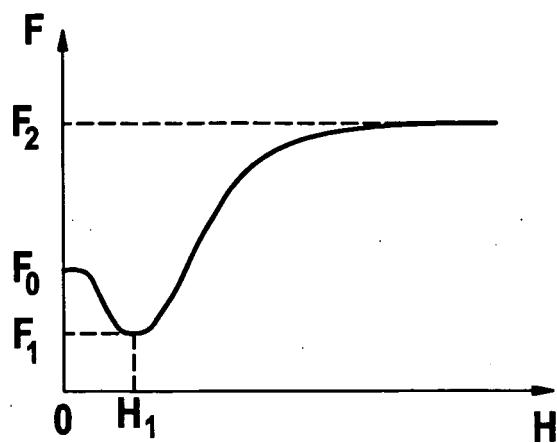
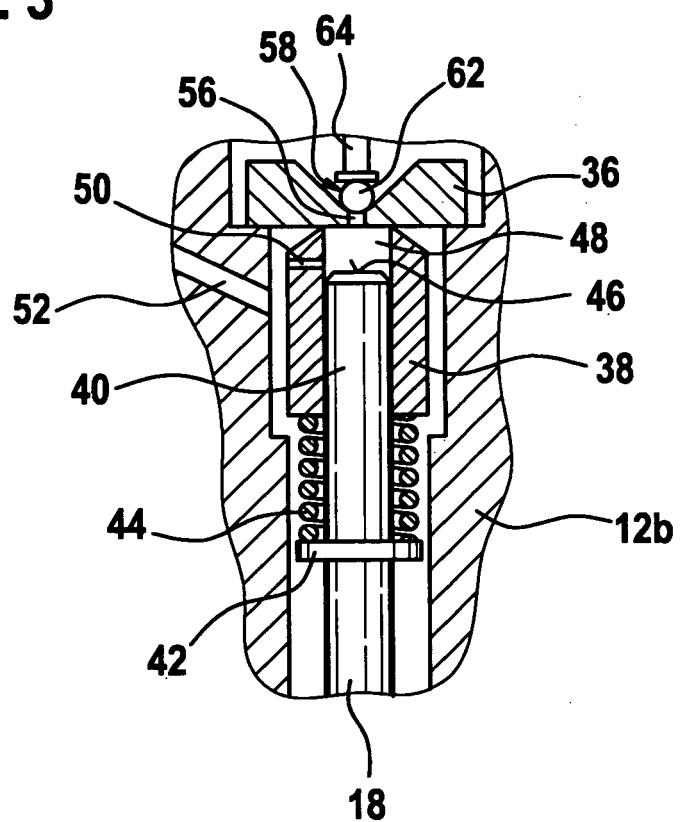


Fig. 3



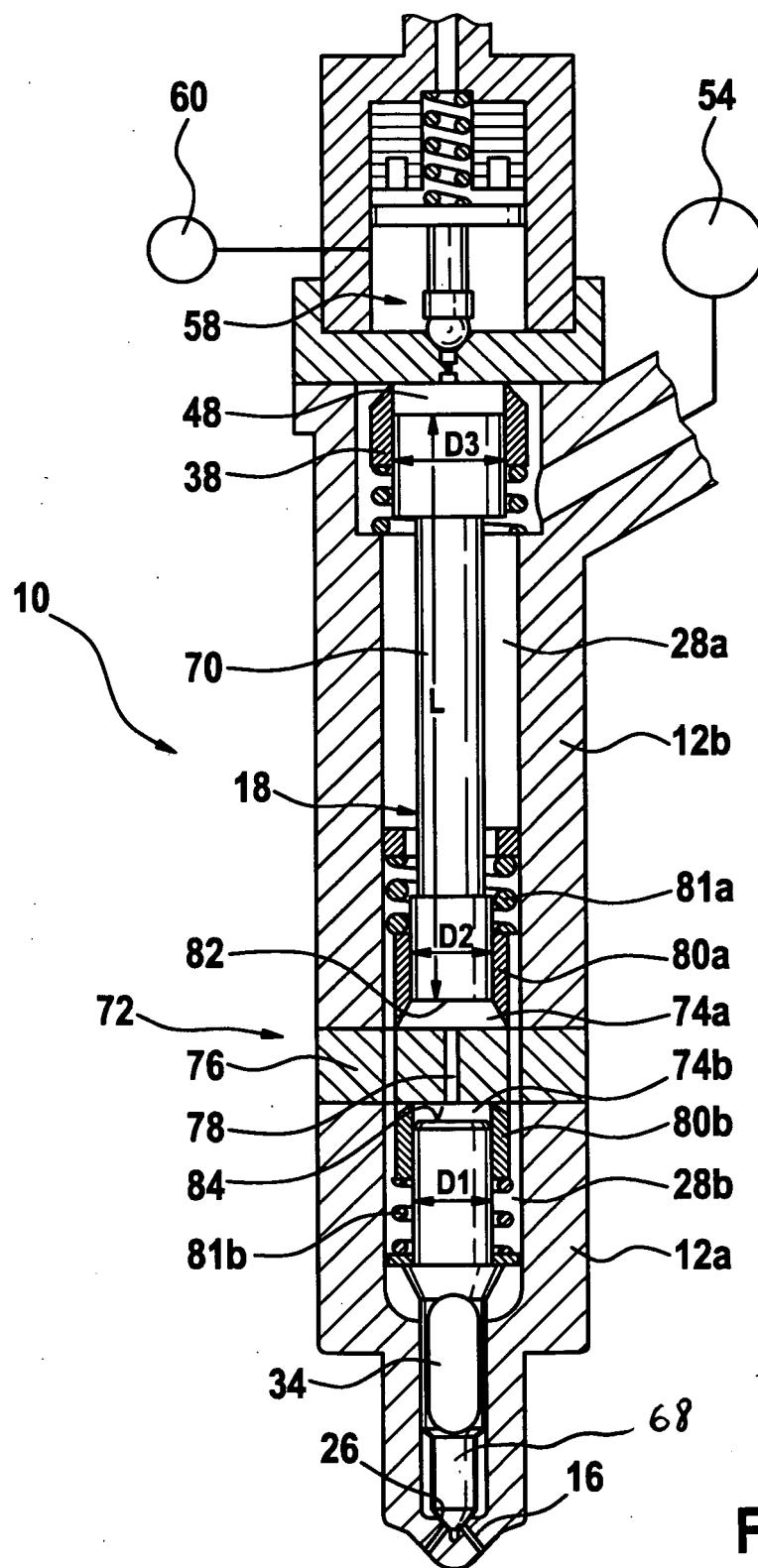


Fig. 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10024702 A1 [0002]
- DE 10024703 A1 [0002]
- DE 19924703 A1 [0005]
- EP 0971118 A [0006]