



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
09.08.2006 Patentblatt 2006/32

(51) Int Cl.:  
F02M 51/06<sup>(2006.01)</sup> F02M 63/00<sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: 05112500.3

(22) Anmeldetag: 20.12.2005

(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)

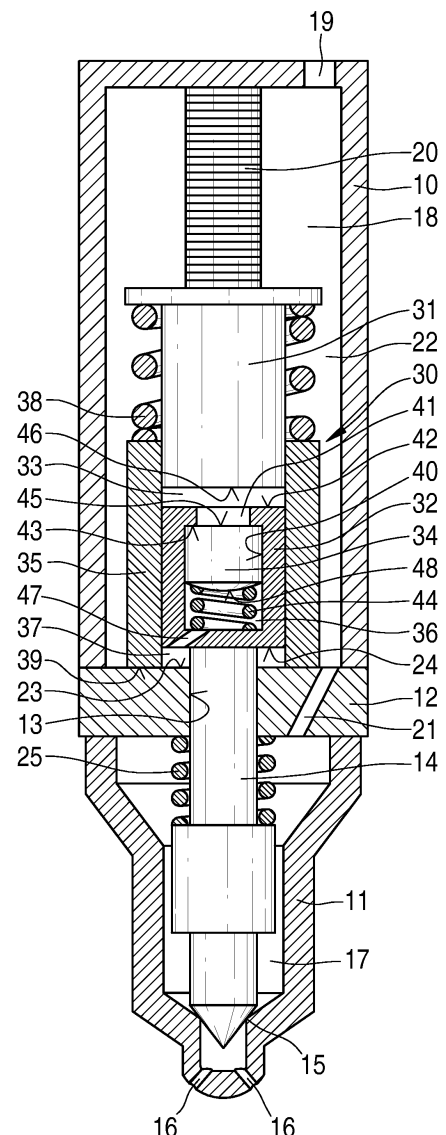
(72) Erfinder: Pauer, Thomas  
71691, Freiberg (DE)

(30) Priorität: 02.02.2005 DE 102005004738

(54) **Kraftstoffinjektor mit direkter Nadelsteuerung für eine Brennkraftmaschine**

(57) Es wird ein Kraftstoffinjektor mit direkter Nadelsteuerung für eine Brennkraftmaschine mit einer in einem Düsenkörper (11) geführten Düsennadel (14) vorgeschlagen. Der Kraftstoffinjektor weist einen Aktor (20) und eine hydraulische Druckübersetzungseinrichtung (30) mit einem mit dem Aktor (20) in Verbindung stehenden aktorseitigen Druckübersetzerkolben (31) und einem mit der Düsennadel (14) in Verbindung stehenden düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) auf. Der aktorseitige Druckübersetzerkolben (31) und der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben (32) wirken auf einen Kopplerraum (33) ein. Am düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) ist ein Zylinderraum (40) ausgebildet, in dem ein Steuerkolben (34) axial geführt ist, der mit einer kopplerraumseitigen Druckfläche (45) dem Kopplerraum (33) und mit einer rückraumseitigen Druckfläche (48) einem im Zylinderraum (40) ausgebildeten inneren Rückraum (36) ausgesetzt ist. An der dem Kopplerraum (33) entgegengesetzten Seite ist dem düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) ein äußerer Rückraum (37) zugeordnet, der über eine hydraulische Verbindung (47) mit dem inneren Rückraum (36) verbunden ist.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor mit direkter Nadelsteuerung für eine Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### Stand der Technik

**[0002]** Kraftstoffinjektoren mit einer sogenannten direkten Nadelsteuerung sind bekannt. Derartige Kraftstoffinjektoren kommen ohne ein zwischengeschaltetes Steuerventil zwischen einem elektrisch angesteuerten Aktor und einer Düsenadel aus. Die Kraftübertragung zwischen dem Aktor und der Düsenadel wird dabei mittels einer Druckübersetzungseinrichtung realisiert. Als Aktoren eignen sich dabei insbesondere piezoelektrische Aktoren, die je nach Bestromung im geschlossenen Zustand eine direkte oder inverse Ansteuerung aufweisen. Bei einer direkten Ansteuerung wird der Piezo-Aktor zum Öffnen der Düsenadel bestromt, so dass eine Längenausdehnung des Piezo-Aktors durch eine drückende Bewegung ein Öffnen der Einspritzdüsen realisiert, die durch die Druckübersetzungseinrichtung verstärkt wird. Im geschlossenen Zustand weist dabei der Piezo-Aktor eine geringere Längenausdehnung auf. Bei einer inversen Ansteuerung ist der Piezo-Aktor im geschlossenen Zustand der Düsenadel bestromt, so dass der Piezo-Aktor im Zustand seiner Längenausdehnung die Düsenadel geschlossen hält. Beim Ansteuern des Piezo-Aktors wird zum Einleiten des Einspritzvorganges der Piezo-Aktor stromlos geschaltet, so dass durch eine ziehende Bewegung des Piezo-Aktors in einem Steuerraum der Druckübersetzungseinrichtung eine Druckentlastung stattfindet. Dadurch wird die Hubbewegung des Piezo-Aktors zum Öffnen der Düsenadel hydraulisch übersetzt.

**[0003]** Um bei Kraftstoffinjektoren mit direkter Nadelsteuerung die Einspritzdüsen mittels des Aktors direkt öffnen zu können, muss der Aktor eine hohe Öffnungskraft überwinden. Die erforderliche Öffnungskraft, die durch den Aktor aufzubringen ist, findet ihre Ursache darin, weil die Düsenadel mit Systemdruck (Druckniveau in Hochdruckspeicher) beaufschlagt in ihren Sitz gedrückt wird. Die zum Öffnen der Düsenadel aus ihrem Sitz erforderlichen Kräfte können bis zu 400 Newton betragen. Um für einen ausreichenden Kraftstofffluss bei vollständig geöffneten Einspritzdüsen eine Einspritzung in den Brennraum einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine zu sorgen, ist es außerdem erforderlich, dass die Düsenadel einen maximalen Hubweg von mehreren 100 µm ausführt. Zwar lässt sich durch Integration einer hydraulischen Übersetzung das Längen-/Durchmesserverhältnis des Piezo-Aktors variieren, jedoch ist die Baugröße des Aktors, auch als Aktorvolumen bezeichnet, im Wesentlichen proportional zur aufzubringenden Öffnungskraft und dem darzustellenden maximalen Hubweg der Düsenadel.

**[0004]** Aus DE 10326046 A1 sind verschiedene Aus-

führungsvarianten von Kraftstoffinjektoren mit einer direkten Nadelsteuerung bekannt. Der Kraftstoffinjektor hat dazu eine in einem Düsenkörper geführte Düsenadel, die auf einen Düsenadeldichtsitz einwirkt, sowie einen Piezo-Aktor und eine hydraulischen Druckübersetzungseinrichtung. Die Druckübersetzungseinrichtung weist einen hydraulischen Koppler- bzw. Steuerraum auf, der mit einem mit dem Aktor in Verbindung stehenden aktorseitigen Druckübersetzerkolben und mit einem mit der Düsenadel in Verbindung stehenden düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben in Wirkverbindung steht.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Kraftstoffinjektor mit direkter Nadelsteuerung und inverser Ansteuerung zu schaffen, der einfach aufgebaut ist und mit einer geringen Baugröße auskommt. Darüber hinaus soll der Kraftstoffinjektor eine zweistufige Übersetzung der Düsenadel realisieren.

### 20 Vorteile der Erfindung

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung wird mit einem Kraftstoffinjektor mit den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1 gelöst. Durch die Anordnung eines innerhalb des düsenadelseitigen Druckübersetzerkolbens axial geführten Steuerkolbens ist ein Kraftstoffinjektor mit kompakter und geringer Baugröße realisierbar, der mit wenig beweglichen Bauteilen zur Realisierung des erforderlichen Druckübersetzungsverhältnisses für eine zweistufige Übersetzung auskommt.

**[0007]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Maßnahmen der Unteransprüche möglich. Eine besonders einfache Bauform ist erzielbar, wenn der düsenadelseitige Übersetzerkolben und der Steuerkolben in einer Anschlagposition des Steuerkolbens eine in den Kopplerraum weisende gemeinsame kopplerraumseitige Druckfläche ausbildet, die mit einer am aktorseitigen Druckübersetzerkolben ausgebildeten dritten kopplerraumseitigen Druckfläche ein erstes Druckübersetzungsverhältnis für eine erste Übersetzungsstufe bildet. Zweckmäßigerweise ist dabei, zur Realisierung der Anschlagposition des Steuerkolbens im Zylinderraum eine Anschlagfläche auszubilden, wobei der Steuerkolben gegen die Anschlagfläche mit einer Druckfeder vorgespannt ist. Die Einleitung einer zweiten Übersetzerstufe wird dadurch realisiert, dass ein vom äußeren Rückraum über den inneren Rückraum auf den Steuerkolben übertragener Druckausgleich stattfindet, durch den der Steuerkolben eine von der Anschlagfläche abgehobene Position einnimmt, so dass die vom düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben in den Kopplerraum weisende Ringfläche als wirksame Druckfläche mit der vom aktorseitigen Druckübersetzerkolben ausgebildeten und in den Kopplerraum weisenden Druckfläche ein zweites Druckübersetzungsverhältnis bildet, das einen über den Hub des Aktors hinausgehenden Öffnungshub realisiert. Fertigungstechnisch zweckmäßig realisierbar ist der Kraftstoffinjektor, indem der aktorseitige Drucküberset-

zerkolben und der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben in einer Führungshülse geführt sind. Zweckmäßig ist außerdem, wenn der aktorseitige Druckübersetzerkolben mittels einer Kolbenfeder entgegengesetzt zur Schließrichtung der Düsenadel vorgespannt ist und wenn sich die Kolbenfeder an der Führungshülse abstützt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0008]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Figur 1 zeigt eine Prinzipsdarstellung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors im Längsschnitt.

**[0009]** Der dargestellte Kraftstoffinjektor weist ein Injektorgehäuse 10 mit einem Düsenkörper 11 auf, der mit seinem unteren Ende in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine ragt. Zwischen Injektorgehäuse 10 und Düsenkörper 11 ist eine Düsenadelführung 12 mit einer Führungsbohrung 13 angeordnet. In der Führungsbohrung 13 ist eine Düsenadel 14 axial verschiebbar geführt. Zwischen der Spitze der Düsenadel 14 und dem Düsenkörper 11 ist ein Dichtsitz 15 ausgebildet, dem im Düsenkörper 11 ausgebildete und in den Brennraum hineinragende Einspritzdüsen 16 nachgeschaltet sind.

**[0010]** Im Düsenkörper 11 ist dem Dichtsitz 15 vorgelegt ein Hochdruckraum 17 ausgebildet. Das Injektorgehäuse 10 weist in einem oberen Bereich einen Aktoraufnahmeraum 18 auf, an den ein Kraftstoffzulauf 19 angeschlossen ist. Im Aktoraufnahmeraum 18 ist ein Piezo-Aktor 20 angeordnet. Der Kraftstoffzulauf 19 ist an ein Hochdrucksystem, bspw. an ein Common-Rail-System einer Dieseleinspritzeinrichtung angeschlossen. Durch die Düsenadelführung 12 führt eine Verbindungsbohrung 21, so dass der über die Kraftstoffzuführung 19 in den Aktoraufnahmeraum 18 eingeleitete Kraftstoff unter Hochdruck in den der Düsenadel 14 zugeordneten Hochdruckraum 17 geleitet wird.

**[0011]** Im einem unteren Bereich des Injektorgehäuses 10 geht der Aktoraufnahmeraum 18 in einen Aufnahmeraum 22 ist für eine Druckübersetzungseinrichtung 30 über. Die Druckübersetzungseinrichtung 30 weist einen aktorseitigen Druckübersetzerkolben 31, einen düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben 32, einen Kopplerraum 33, einen Steuerkolben 34, eine Führungshülse 35, einen inneren Rückraum 36 und einen äußeren Rückraum 37 auf. Der aktorseitige Druckübersetzerkolben 31 und der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben 32 sind in der Führungshülse 35 geführt. Zwischen Führungshülse 35 und aktorseitigem Druckübersetzerkolben 31 ist eine Kolbenfeder 38 angeordnet, die eine an der Führungshülse 35 ausgebildete Dichtfläche 39 gegen eine an der Düsenadelführung 12 ausgebildete Stirnfläche 23 drückt. Die Kolbenfeder 38 spannt außerdem den aktorseitigen Druckübersetzerkolben 31 gegen den Piezo-Aktor 20 vor. Weiterhin greift an der Düsenadel 14 eine Schließfeder 25 an, die die Düsenadel

14 in Schließrichtung drückt.

**[0012]** Der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben 32 ist mit einem inneren Zylinderraum 40 ausgeführt, in dem der Steuerkolben 34 axial beweglich geführt ist. Zum Kopplerraum 33 hin ist der innere Zylinderraum 40 mit einer kreisförmigen Öffnung 41 versehen, sodass sich zum Kopplerraum 33 hin eine erste, ringförmige kopplerraumseitige Druckfläche 42 am düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben 32 ausbildet. Der Durchmesser des Zylinderraums 40 ist größer als der Durchmesser der Öffnung 41, so dass an der Öffnung 41 eine in den Zylinderraum 40 weisende ringförmige Anschlagfläche 43 für den Steuerkolben 34 entsteht. Der Zylinderraum 40 und der Steuerkolben 34 sind so ausgeführt, dass der Steuerkolben 34 im Zylinderraum 40 an der dem Kopplerraum 33 abgewandten Seite mit einer rückraumseitigen Druckfläche 48 in den inneren Rückraum 36 weist. Im inneren Rückraum 36 ist eine weitere Druckfeder 44 angeordnet, die den Steuerkolben 34 gegen die Anschlagfläche 43 drückt. In dieser Anschlagposition weist der Steuerkolben 34 eine in den Kopplerraum 40 weisende zweite, kreisförmige kopplerraumseitige Druckfläche 45 auf, die dem Querschnitt der Öffnung 41 entspricht. Der aktorseitige Druckübersetzerkolben 31 weist mit einer dritten kopplerraumseitigen Druckfläche 46 in den Kopplerraum 33.

**[0013]** Zur Spitze der Düsenadel 14 hin ist der düsennadelseitige Übersetzerkolben 32 als Stufenkolben mit einer Ringfläche 24 ausgeführt, die innerhalb der Führungshülse 35 dem äußeren Rückraum 37 zugeordnet ist. Der äußere Rückraum 37 und der innere Rückraum 36 sind über eine hydraulisch Verbindung 47, beispielsweise eine Bohrung, verbunden.

**[0014]** Im geschlossenen Zustand der Einspritzdüsen 16 ist der Dichtsitz 15 der Düsenadel 16 geschlossen. Der über die Kraftstoffzuführung 19 in den Aktoraufnahmeraum 18 und in den Druckraum 17 gelangte Systemdruck liegt in allen Druckräumen gleichermaßen an. Dabei sind Leckagespalte an der Führungshülse 35 vorhanden, so dass der Systemdruck sowohl in den Kopplerraum 33 als auch in den äußeren Rückraum 37 und über die Verbindung 47 in den inneren Rückraum 36 gelangen kann. In diesem Zustand ist die Druckübersetzungseinrichtung 30 druckausgeglichen. Außerdem ist in diesem Zustand der Aktor 20 mit einer Spannung versorgt und dadurch in seinem bestromten Zustand in seiner vertikalen Richtung gelangt. Der im Kopplerraum 33 anliegende Systemdruck wirkt in Schließrichtung auf den düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben 32, so dass in diesem Zustand des Piezo-Aktors 20 der Dichtsitz 15 der Düsenadel 14 geschlossen ist.

**[0015]** Wird die Spannung am Piezo-Aktor 20 reduziert bzw. der Piezo-Aktor 20 stromlos geschaltet, wird ebenso die Länge des Piezo-Aktors 20 in vertikaler Richtung reduziert. Durch den mittels der Kolbenfeder 38 in Richtung des Piezo-Aktors 20 vorgespannten aktorseitigen Druckübersetzerkolbens 31 wird dieser aufgrund der reduzierten vertikalen Länge des Piezo-Aktors 20 ebenfalls

in vertikaler Richtung bewegt. Durch diese nach außen gerichtete ziehende Bewegung des aktorseitigen Druckübersetzerkolbens 31 in der Führungshülse 35 vergrößert sich das Volumen im Kopplerraum 33, wodurch dort eine Druckreduzierung stattfindet, die einen Öffnungsdruck  $p_{01}$  für einer erste Stufe zum Öffnen der Düsenadel 14 liefert. Die Druckübersetzung für die erste Öffnungsstufe wird durch das Verhältnis der aktorseitigen Druckübersetzerkolben 31 ausgebildeten dritten kopplerraumseitigen Druckfläche 46 zur gemeinsamen kopplerraumseitigen Druckfläche gebildet, wobei die gemeinsame kopplerraumseitige Druckfläche sich aus der ersten, ringförmigen kopplerraumseitigen Druckfläche 42 des düsenadelseitigen Druckübersetzerkolbens 32 und der zweiten, kreisförmigen kopplerraumseitigen Druckfläche 45 des Steuerkolbens 34 zusammensetzt. Durch den Hub des düsenadelseitigen Druckübersetzerkolbens 32 innerhalb des Führungshülse 35 wird gleichzeitig der Druck im äußeren Rückraum 37 reduziert. Diese Druckreduzierung wird über die Verbindung 47 auf den inneren Rückraum 36 übertragen, so dass die auf den Steuerkolben 34 wirkende Federkraft der Druckfeder 44 überwunden wird und dadurch sich der Steuerkolben 34 von der Anschlagfläche 43 löst. In dieser von der Anschlagfläche 43 abgehobenen Position des Steuerkolbens 34 steht der düsenadelseitige Druckübersetzerkolben 32 nur noch mit der ersten, ringförmigen kopplerraumseitigen Druckfläche 42, die von der stirnseitigen Ringfläche gebildet wird, als wirksame Druckfläche mit dem Kopplerraum 33 in Verbindung. Aufgrund der reduzierten wirksamen Druckfläche am düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben 32 wird eine zweite Druckübersetzungsstufe eingeleitet, die im Vergleich zum Hub des Piezo-Aktors 20 bzw. des aktorseitigen Druckübersetzerkolbens 32 einen zusätzlichen Hub realisiert.

**[0016]** Durch Bestromen des Piezo-Aktors 20 wird wieder eine Verlängerung des Piezo-Aktors 20 eingeleitet, die vom aktorseitigen Druckübersetzerkolben 31 übertragen einen Druckanstieg im Kopplerraum 33 erzeugt, der zum Schließen der Düsenadel 14 führt. Die auf die Düsenadel 14 wirkende Schließfeder 25 hält die Einspritzdüsen 16 im betriebslosen Zustand geschlossen.

Bezugszeichenliste

**[0017]**

10	Injektorgehäuse
11	Düsenkörper
12	Düsenadelführung
13	Führungsbohrung
14	Düsenadel
15	Dichtsitz
16	Einspritzdüsen
17	Hochdruckraum
18	Aktoraufnahmeraum
19	Kraftstoffzulauf

20	Piezo-Aktor
21	Verbindungsbohrung
22	Aufnahmeraum
23	Stirnfläche
5 24	Ringfläche
25	Schließfeder
30	Druckübersetzungseinrichtung
31	aktorseitiger Druckübersetzerkolben
32	düsenadelseitiger Druckübersetzerkolben
10 33	Kopplerraum
34	Steuerkolben
35	Führungshülse
36	inneren Rückraum
37	äußeren Rückraum
15 38 8	Kolbenfeder
39	Dichtfläche
40	Zylinderraum
41 1	Öffnung
42	erste, ringförmige kopplerraumseitige Druckfläche
20 43	Anschlagfläche
44	Druckfeder
45	zweite, kreisförmige kopplerraumseitige Druckfläche
25 46	dritte kopplerraumseitige Druckfläche
47	Verbindung
48	rückraumseitige Druckfläche

### 30 Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor für eine Brennkraftmaschine mit einer in einem Düsenkörper (11) geführten Düsenadel (14), die auf einen Düsenadeldichtsitz (15) einwirkt, mit einem Aktor (20) und einer hydraulischen Druckübersetzungseinrichtung (30) mit einem mit dem Aktor (20) in Verbindung stehenden aktorseitigen Druckübersetzerkolben (31) und einem mit der Düsenadel (14) in Verbindung stehenden düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben (32), die jeweils auf einen Kopplerraum (33) einwirken, und wobei in Abhängigkeit vom Druck im Kopplerraum (33) die Düsenadel (14) vom Düsenadeldichtsitz (15) abgehoben wird und **dadurch** mit Hochdruck beaufschlagter Kraftstoff aus einem Hochdruckraum (17) in einen Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** am düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) ein Zylinderraum (40) ausgebildet ist, in dem ein Steuerkolben (34) axial geführt ist, der mit einer kopplerraumseitigen Druckfläche (45) dem Kopplerraum (25) und mit einer rückraumseitigen Druckfläche (48) einem im Zylinderraum (40) ausgebildeten inneren Rückraum (36) ausgesetzt ist, und dass dem düsenadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) ein äußerer Rückraum (37) zugeordnet ist, der über eine hydraulische Verbindung (47) mit dem auf den Steuerkolben (34) einwirkenden inneren Rückraum (36)

verbunden ist.

2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der äußerer Rückraum (37) an der dem Kopplerraums (33) entgegengesetzten Seite dem düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) zugeordnet ist. 5
  
3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben (32) mit dem Steuerkolben (34) in einer Anschlagposition des Steuerkolbens (34) eine in den Kopplerraum (33) weisende gemeinsame kopplerraumseitige Druckfläche ausbildet, die mit einer vom aktorseitigen Druckübersetzerkolben (31) ausgebildeten und in den Kopplerraum (25) weisenden dritten kopplerraumseitigen Druckfläche (46) ein erstes Druckübersetzungsverhältnis für eine erste Übersetzungsstufe bildet. 10  
15  
20
  
4. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ausbildung der Anschlagposition des Steuerkolbens (34) im Zylinderraum (40) eine Anschlagfläche (43) ausgebildet ist. 25
  
5. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerkolben (34) gegen die Anschlagfläche (43) mit einer Druckfeder (44) vorgespannt ist. 30
  
6. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer von der Anschlagfläche (43) abgehobene Position des Steuerkolbens (34) die vom düsennadelseitigen Druckübersetzerkolben (32) in den Kopplerraum (33) weisende erste ringförmige kopplerraumseitige Druckfläche (42) mit der vom aktorseitigen Druckübersetzerkolben (31) ausgebildeten und in den Kopplerraum (33) weisenden dritten kopplerraumseitigen Druckfläche (46) ein zweites Druckübersetzungsverhältnis bildet, das einen über den Hub des Aktors (20) hinausgehenden Öffnungshub für ein zweite Übersetzungsstufe realisiert. 35  
40
  
7. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktorseitige Druckübersetzerkolben (31) und der düsennadelseitige Druckübersetzerkolben (32) in einer Führungshülse (35) geführt sind. 45  
50
  
8. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktorseitige Druckübersetzerkolben (31) mittels einer Kolbenfeder (38) entgegengesetzt zur Schließrichtung der Düsennadel (14) vorgespannt ist und dass sich die Kolbenfeder (38) an der Führungshülse (35) abstützt. 55

Fig. 1

