

(19)



(11)

**EP 1 947 322 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**23.07.2008 Patentblatt 2008/30**

(51) Int Cl.:  
**F02M 47/02 (2006.01) F02M 63/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07122721.9**

(22) Anmeldetag: **10.12.2007**

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK RS**

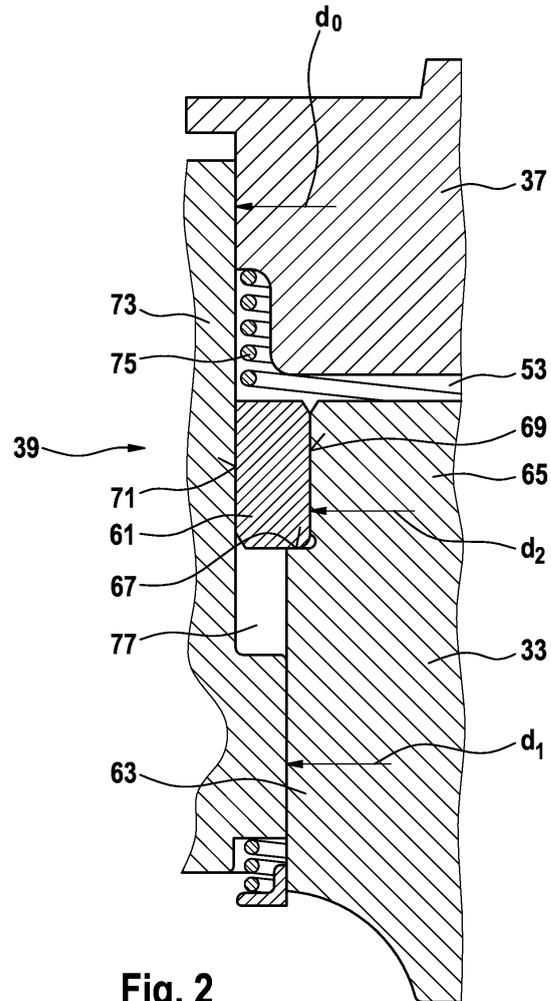
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Rapp, Holger**  
**71254, Ditzingen (DE)**  
• **Stoeklein, Wolfgang**  
**71322, Waiblingen (DE)**

(30) Priorität: **16.01.2007 DE 102007002278**

**(54) Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff**

(57) Die Erfindung betrifft einen Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei der Injektor einen hydraulischen Koppler (39) umfasst, der Hub und Kraft eines Aktors (35) auf ein Steuerventil (23) überträgt, wobei die auf das Steuerventil (23) wirkende Kraft mindestens genauso groß ist wie die vom Aktor (35) abgegebene Kraft. Der hydraulische Koppler (39) umfasst einen Übersetzerkolben (37), der in einer ersten Führung in einem Kopplergehäuse (73) geführt ist und mit einer Stirnfläche einen Koplerrraum (53) begrenzt. Der Koplerrraum (53) ist auf einer zweiten Seite von einem Ventilkolben (33), der auf das Steuerventil (23) wirkt, begrenzt. Der Ventilkolben (33) ist in einem ersten Bereich (63) mit einem ersten Durchmesser ( $d_1$ ) und in einem zweiten Bereich (65) in einem zweiten Durchmesser ( $d_2$ ) ausgebildet, wobei der zweite Durchmesser ( $d_2$ ) kleiner ist als der erste Durchmesser ( $d_1$ ) und der Ventilkolben (33) im zweiten Bereich (65) von einem Ringelement (61) umschlossen ist, welches relativ zum Ventilkolben (33) bewegbar ist.



**Fig. 2**

**EP 1 947 322 A2**

## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Das Öffnen und Schließen eines Kraftstoffinjektors wird durch ein in den Injektor integriertes Steuerventil gesteuert. Das Steuerventil wird üblicherweise mit Hilfe eines Aktors betätigt. Als Aktor eignen sich zum Beispiel Piezoaktoren. Zur Übertragung der Kraft und des Hubes des Aktors auf das Steuerventil wird zum Beispiel ein hydraulischer Koppler eingesetzt. Hierbei handelt es sich um eine Baugruppe, die ein Gehäuse umfasst, welches zwei konzentrische Bohrungen aufweist, wobei ein Kolben mit einem ersten Durchmesser in einer dieser Bohrungen geführt ist und ein Ventilkolben mit einem zweiten Durchmesser in der zweiten der konzentrischen Bohrungen. Das Volumen, das von diesen beiden Kolben begrenzt wird, ist mit Kraftstoff gefüllt. Durch den Aktor wird der erste Kolben bewegt. Aufgrund der durch den Aktor auf diesen Kolben ausgeübten Kraft wird im Kraftstoffvolumen zwischen den beiden Kolben ein Druck aufgebaut, der wiederum eine Kraft auf den zweiten Kolben bewirkt. Diese Kraft ergibt sich aus der vom Aktor ausgeübten Kraft entsprechend dem Verhältnis der Flächen der beiden Kolben.

**[0003]** Da das zwischen den Kolben eingeschlossene Kraftstoffvolumen im Wesentlichen konstant ist, bewirkt die Auslenkung des Ventilkolbens auch eine Auslenkung des Kolbens und damit des Aktors. Die Auslenkung des Aktors ergibt sich aus der Auslenkung des Ventilkolbens entsprechend dem Verhältnis der Flächen der beiden Kolben.

**[0004]** Da zukünftig Injektoren bei höheren Drücken als bisher betrieben werden sollen, wird auch die Kraft, die zum Öffnen des Steuerventils benötigt wird, zunehmen. Zudem ist es möglich, dass aus Gründen der Verschleißfestigkeit die Notwendigkeit besteht, bei diesen höheren Drücken auch den Sitzdurchmesser des Steuerventils zu erhöhen. Hierdurch wird der ventillseitige Kraftbedarf weiter erhöht. Bei Piezoaktoren kann dem entsprochen werden, indem entweder die Spannung, mit der der Aktor betrieben wird, erhöht wird oder es wird ein größerer Aktor mit erhöhter Blockierkraft oder erhöhtem Leerlaufhub verwendet. Dies hat jedoch den Nachteil, dass mit zunehmender Spannung die Belastung des Aktors wächst und somit seine Lebensdauer sinkt. Zudem würde ein größerer Aktor auch eine deutliche Kostensteigerung bedeuten.

**[0005]** Alternativ wäre es auch möglich, zur Steigerung der ventillseitigen Blockierkraft das Übersetzungsverhältnis zwischen den beiden Kolben zu verkleinern. Dies würde jedoch auch dazu führen, dass das ventillseitige Hubvermögen im gleichen Maße sinkt, wie das Kraftangebot steigt. Da jedoch im Allgemeinen einer Reduzie-

rung des Schaltventilhubes enge Grenzen gesetzt sind, ist dies auch kein gangbarer Weg.

### Offenbarung der Erfindung

#### Vorteile der Erfindung

**[0006]** Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine umfasst einen hydraulischen Koppler, der Hub und Kraft eines Aktors auf ein Steuerventil überträgt. Die auf das Steuerventil wirkende Kraft ist mindestens genauso groß wie die vom Aktor abgegebene Kraft. Der hydraulische Koppler umfasst einen ersten Kolben, der in einer ersten Führung in einem Kopplergehäuse geführt ist und mit einer Stirnfläche einen Koplerraum begrenzt. Der Koplerraum ist auf einer zweiten Seite von einem Ventilkolben des Steuerventils begrenzt. In einem ersten Bereich ist der Ventilkolben in einem ersten Durchmesser ausgebildet und in einem zweiten Bereich in einem zweiten Durchmesser. Der zweite Durchmesser ist dabei kleiner als der erste Durchmesser. Erfindungsgemäß ist der Ventilkolben im zweiten Bereich mit dem kleineren Durchmesser von einem Ringelement umschlossen, welches relativ zum Ventilkolben bewegbar ist.

**[0007]** Durch das Ringelement, welches den zweiten Bereich des Ventilkolbens umschließt und relativ zum Ventilkolben bewegbar ist, wird der Koppler mit einem variablen Übersetzungsverhältnis ausgeführt. Bei einem kleinen Hub wirkt zunächst ein kleines Übersetzungsverhältnis mit einer großen ventillseitigen Kraft. Bei einem mittleren Hub wird automatisch auf ein höheres Übersetzungsverhältnis umgeschaltet. Das ventillseitige Hubvermögen gegenüber einem Koppler, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist, bleibt somit unverändert.

**[0008]** Um das variable Übersetzungsverhältnis zu erzielen, ist das Ringelement üblicherweise mit seinem Außendurchmesser in der Führung im Kopplergehäuse geführt. Ein von einem unterschiedlichen Übersetzungsverhältnis wird dadurch erzielt, dass sich der Außendurchmesser des Ringes vom Durchmesser des ersten Bereiches des Ventilkolbens unterscheidet. Vorzugsweise ist der Außendurchmesser des Ringelementes größer als der Durchmesser des ersten Bereiches des Ventilkolbens. Hierdurch wird erreicht, dass der Hub des Ventilkolbens größer ist als der aktorseitige Hub.

**[0009]** Am Ventilkolben ist vorteilhafterweise zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich ein Absatz ausgebildet, welcher als Hubbegrenzung für das Ringelement wirkt. Dieser Absatz kann zum Beispiel als ebene Fläche, kegelförmig oder konisch ausgebildet sein. Weiterhin kann der Absatz auch jede weitere, dem Fachmann bekannte Geometrie aufweisen. Vorzugsweise wirkt auf das Ringelement ein Federelement derart, dass das Ringelement durch die Federkraft des Federelementes gegen den Absatz gedrückt wird.

**[0010]** Von dem Ringelement, dem Steuerkolben und

dem Kopplergehäuse wird ein Steuerraum umschlossen, in dem ein Kraftstoffvolumen eingeschlossen ist.

**[0011]** Der Außendurchmesser des Ringelementes und der Außendurchmesser des ersten Kolbens können gleich sein oder sich unterscheiden. Vorteil bei gleichen Durchmessern ist es, das im Kopplergehäuse eine Führung mit einem konstanten Durchmesser ausgebildet ist, in welcher der erste Kolben und das Ringelement geführt sind. Hierdurch wird die Fertigung des Kopplergehäuses vereinfacht. Wenn der Außendurchmesser des Ringelementes und des ersten Kolbens unterschiedlich sind, ist die Führung im Kopplergehäuse ebenfalls in unterschiedlichen Durchmessern auszuführen. Hierzu wird üblicherweise ein Absatz in der Führung vorgesehen. Bei unterschiedlichen Durchmessern des Ringelementes und des ersten Kolbens unterscheiden sich die Übersetzungsverhältnisse, mit denen zum einen die Blockierkraft des Aktors auf die Ventilseite und zum anderen der Leerlaufhub auf die Ventilseite übersetzt werden. Bevorzugt ist bei unterschiedlichen Außendurchmessern des Ringelementes und des ersten Kolbens der Außendurchmesser des ersten Kolbens größer als der Außendurchmesser des Ringelementes. In diesem Fall wird die Blockierkraft des Aktors mit einem kleineren Übersetzungsverhältnis auf die Ventilseite unteretzt und der Leerlaufhub mit einem größeren Übersetzungsverhältnis auf die Ventilseite übersetzt.

**[0012]** Der Aktor, mit welchem das Steuerventil betätigt wird ist vorzugsweise ein Piezoaktor. Alternativ zum Piezoaktor lässt sich jedoch auch jeder weitere dem Fachmann bekannte Aktor einsetzen, der eine vergleichbare Funktion aufweist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0013]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0014]** Es zeigen

- Figur 1 einen erfindungsgemäß ausgebildeten Kraftstoffinjektor,
- Figur 2 einen erfindungsgemäß ausgebildeten hydraulischen Koppler und
- Figur 3 Kraft/Hub-Kurven bei unterschiedlichen Volumina des Steuerraumes.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0015]** In Figur 1 ist ein erfindungsgemäß ausgebildeter Kraftstoffinjektor dargestellt.

**[0016]** Ein Kraftstoffinjektor 1 umfasst ein Einspritzventilglied 3, mit welchem mindestens eine Einspritzöffnung 5 freigegeben oder verschlossen werden kann. Über die Einspritzöffnung 5 wird Kraftstoff in einen hier nicht dargestellten Brennraum einer Verbrennungskraft-

maschine eingespritzt. Das Einspritzventilglied 3 ist in einem unteren Gehäuseteil 7 aufgenommen. An seiner Seite ist das Einspritzventilglied 3 von einem Federelement 9 und einem Ringelement 11 umschlossen. Das Ringelement 11 weist eine Beißkante auf, mit der dieses gegen eine Drosselplatte 13 gestellt ist. Hierzu wirkt das Federelement 9, welches vorzugsweise eine als Spiralfeder ausgebildete Druckfeder ist, mit einer Seite gegen einen Absatz 15 am Einspritzventilglied 3 und mit der anderen Seite gegen eine Stirnfläche 17 am Ringelement 11. Auf diese Weise wird das Ringelement 11 mit Hilfe des Federelementes 9 gegen die Drosselplatte 13 gedrückt. Das Ringelement 11, die Drosselplatte 13 und eine obere Stirnfläche 19 des Einspritzventilgliedes 3 umschließen einen Steuerraum 21, der mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff befüllt ist.

**[0017]** An die Drosselplatte 13 schließt sich ein Steuerventil 23 an. Mit dem Steuerventil 23 ist eine Ablaufdrossel 25, die den Steuerraum 21 mit einem Kraftstoffrücklauf 27 verbindet, verschließbar oder freigebbar. Zum Verschließen der Verbindung wird ein Schließelement 29 in seinen Sitz 31 gestellt. Hierzu wirkt auf das Schließelement 29 ein Ventilkolben 33. Die Betätigung des Ventilkolbens 33 erfolgt mit Hilfe eines Aktors 35, der in der hier dargestellten Ausführungsform als Piezoaktor ausgeführt ist. Der Aktor 35 wirkt zunächst auf einen Übersetzerkolben 37 eines hydraulischen Kopplers 39. Über den hydraulischen Koppler 39 werden der Hub und die Kraft des Aktors 35 auf den Ventilkolben 33 übersetzt. Der Hub des Ventilkolbens 33 wird so vergrößert gegenüber dem Hub des Übersetzerkolbens 37.

**[0018]** Über einen Hochdruckanschluss 41 ist der Kraftstoffinjektor 1 zum Beispiel mit einem Hochdruckspeicher eines Hochdruckspeichereinspritzsystems verbunden. Der vom Hochdruckspeicher bereitgestellte unter hohem Druck stehende Kraftstoff strömt über den Hochdruckanschluss 41 und einen Hochdruckkanal 43 in einen Düsenraum 45, der das Einspritzventilglied 3 umschließt.

**[0019]** Um den Kraftstoffinjektor 1 zu betätigen und Kraftstoff in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine einspritzen zu können, ist der Aktor 35 mit einer Spannungsquelle, die hier nicht dargestellt ist, verbunden.

**[0020]** Solange keine Spannung am Aktor 35 anliegt ist der Aktor in seiner Ausgangsposition und das Steuerventil 23 ist geschlossen. Zusätzlich zu der Druckkraft des unter Systemdruck stehenden Kraftstoffes wirkt auf das Schließelement 29 ein zweites Federelement 47, welches das Schließelement 29 in seinen Sitz 31 stellt. Der unter Systemdruck stehende Kraftstoff wirkt über den Hochdruckkanal 43, eine aus dem Hochdruckkanal 43 abzweigende Zulaufdrossel 49 in den Steuerraum 21, den Steuerraum 21 und die Ablaufdrossel 25 auf das Schließelement 29. Durch den im Steuerraum 21 herrschenden Systemdruck wirkt eine Druckkraft auf das Einspritzventilglied 3, wodurch dieses in seinen Sitz 51 ge-

stellt wird und so die mindestens eine Einspritzöffnung 5 verschließt.

**[0021]** Um den Einspritzvorgang zu starten wird der Aktor 35 bestromt. Hierdurch dehnt sich der Aktor 35 aus. Die Aktorkraft wirkt auf den Übersetzerkolben 37. Der Übersetzerkolben 37 wird in Richtung des Ventilkolbens 33 bewegt. Zwischen den Übersetzerkolben 37 und dem Ventilkolben 33 ist ein Koplerraum 53 ausgebildet, der mit Kraftstoff befüllt ist. Durch Bewegung des Übersetzerkolbens 37 verringert sich das Volumen des Koplerraums 53 und der Druck nimmt zu. Die hierdurch vergrößerte Druckkraft wirkt auf den Ventilkolben 33, welcher in Richtung des Schließelementes 29 bewegt wird. Hierdurch drückt der Ventilkolben 33 das Schließelement 29 aus seinem Sitz 31. Die Verbindung aus dem Steuerraum 21 über die Ablaufdrossel 25 in den Kraftstoffrücklauf 27 ist freigegeben. Der Druck im Steuerraum 21 sinkt. Aufgrund des abnehmenden Druckes im Steuerraum 21 und die damit abnehmende Kraft, die auf das Einspritzventilglied 3 wirkt, hebt sich das Einspritzventilglied 3 aus seinem Sitz 51 und gibt die mindestens eine Einspritzöffnung 5 frei. Die erforderliche Kraft, die benötigt wird, um das Einspritzventilglied 3 aus seinem Sitz 51 zu heben wird durch die Druckkraft des Kraftstoffes im Düsenraum 45 bereitgestellt. Der im Düsenraum 45 enthaltene Kraftstoff, der Systemdruck aufweist, wirkt auf eine Druckfläche 55 am Einspritzventilglied 3. Die Druckfläche 55 ist so ausgerichtet, dass die auf die Druckfläche 55 wirkende Kraft der Druckkraft, die auf die obere Stirnfläche 19 des Einspritzventilgliedes 3 wirkt entgegengerichtet ist.

**[0022]** Um den Einspritzvorgang wieder zu beenden wird die Bestromung des Aktors 35 beendet. Der Aktor 35 zieht sich wieder zusammen. Durch die Bewegung des Aktors 35 wird der Übersetzerkolben 37 in Richtung des Aktors 35 bewegt. Das Volumen im Koplerraum 53 nimmt zu, wodurch der Druck im Koplerraum 53 sinkt. Der Ventilkolben 33 bewegt sich ebenfalls in Richtung des Aktors 35 und das Schließelement 29 wird wieder in seinen Sitz 31 gestellt. Die Verbindung aus dem Steuerraum 21 über die Ablaufdrossel 25 in den Kraftstoffrücklauf 27 ist verschlossen. Über die Zulaufdrossel 49 strömt wieder unter Systemdruck stehender Kraftstoff in den Steuerraum 21, wodurch sich im Steuerraum 21 Systemdruck aufbaut. Durch die zunehmende Druckkraft auf die obere Stirnfläche 19 des Einspritzventilgliedes 3 wird dieses wieder in seinen Sitz 51 gestellt und die mindestens eine Einspritzöffnung 5 verschlossen. Der Einspritzvorgang ist beendet.

**[0023]** Figur 2 zeigt einen erfindungsgemäß ausgebildeten hydraulischen Koppler in vergrößerter Darstellung.

**[0024]** Der hydraulische Koppler ist so mit einem variablen Übersetzungsverhältnis ausgeführt, dass bei einem kleinen Hub des Aktors 35 zunächst ein kleines Übersetzungsverhältnis wirkt und die ventillseitige Kraft große Werte annimmt. Bei einem mittleren Hub wird dann automatisch auf ein höheres Übersetzungsverhältnis umgeschaltet, so dass das ventillseitige Hubvermögen gegenüber einem hydraulischen Koppler gemäß dem

Stand der Technik unverändert bleibt.

**[0025]** Hierzu ist der Ventilkolben 33 von einem Ringelement 61 umschlossen. Der Ventilkolben 33 umfasst einen ersten Bereich 63, der dem Steuerventil 23 zugewandt ist und einen Durchmesser  $d_1$  aufweist. In einem zweiten Bereich 65 ist der Ventilkolben 33 in einem zweiten Durchmesser  $d_2$  ausgeführt. Der zweite Durchmesser  $d_2$  ist kleiner als der erste Durchmesser  $d_1$ . Am Übergang vom ersten Durchmesser  $d_1$  zum zweiten Durchmesser  $d_2$  ist ein Absatz 67 ausgebildet. Der Absatz 67 dient als Hubbegrenzung für das Ringelement 61. Das Ringelement 61 ist mit seiner Innenfläche 69 auf den zweiten Bereich 65 des Ventilkolbens 33 geführt. Mit seiner Außenfläche 71 ist das Ringelement 61 in einem Kopplergehäuse 73 geführt. Im Kopplergehäuse 73 ist ebenfalls der Übersetzerkolben 37 geführt.

**[0026]** Auf das Ringelement 61 wirkt ein Federelement 75, welches sich mit einer Seite gegen das Ringelement 61 und mit der anderen Seite gegen den Übersetzerkolben 37 abstützt. Das Federelement 75 ist vorzugsweise eine als Druckfeder ausgebildete Spiralfeder. Es ist aber auch jede andere, dem Fachmann bekannte Druckfeder einsetzbar. Auf der dem Übersetzerkolben 37 abgewandten Seite umschließen das Ringelement 61, der Ventilkolben 33 und das Kopplergehäuse 73 einen Steuerraum 77. Der Steuerraum 77 ist mit Kraftstoff befüllt.

**[0027]** Bei geschlossenem Steuerventil 23 wird das Ringelement 61 mit Hilfe des Federelementes 75 gegen den Absatz 67 gestellt. Hierbei übt das Federelement 75 eine definierte Vorspannkraft auf das Ringelement 61 aus.

**[0028]** Wenn nun der Einspritzvorgang gestartet wird und die Aktorkraft auf den Übersetzerkolben 37 wirkt, wird der Übersetzerkolben 37 in Richtung des Koplerraumes 53 bewegt. Das Volumen im Koplerraum 53 nimmt ab und der Druck nimmt hierdurch zu. Aufgrund des zunehmenden Druckes wirkt eine Druckkraft auf den Ventilkolben 33 auf das Ringelement 61. Das Ringelement 61 und der Ventilkolben 33 werden in Richtung des Steuerventiles 23 bewegt. Aufgrund des gleichen Außendurchmessers des Übersetzerkolbens 37 und des Ringelementes 61 bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform liegt das Übersetzungsverhältnis somit zunächst bei 1 : 1. Durch die Bewegung des Ringelementes 61 in Richtung des Steuerventils 23 wird jedoch das Volumen im Steuerraum 77 verringert. Hierdurch baut sich ein Druck im Steuerraum 77 auf. Diese Druckkraft wirkt auf das Ringelement 61. Gleichzeitig nimmt aufgrund der durch die Längenausdehnung des Aktors 35 zurückgehenden Aktorkraft der Druck im Koplerraum 53 ab.

**[0029]** Durch die Druckkraft, die im Steuerraum 77 auf das Ringelement 61 wirkt, wird jedoch die vom Ventilkolben 33 ausgeübte Kraft gegenüber der Kraft eines Kopplers, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist, mit einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 reduziert. Die Steigung der ventilkolbenseitigen Kraft/Hub-Kurve ergibt sich nun nicht allein aus der Aktorstetigkeit sondern als Summe aus der Aktorstetigkeit und der Steifigkeit des

Steuervolumens im Steuerraum 77. Der Betrag der Steigung ist somit in jedem Falle größer als dies bei einem einteiligen Koppler mit der Übersetzung 1 : 1, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist, der Fall wäre. Sobald der Druck im Steuerraum 77 den Druck des Koplerräumes 53 erreicht hat, hebt das Ringelement 61 vom Absatz 67 ab. Der Ventilkolben 33 bewegt sich jedoch weiter in Richtung des Steuerventils 23. Aufgrund dieser Bewegung nimmt nun sowohl im Koplerraum 53 als auch im Steuerraum 77 der Druck ab. Der Kraftstoff im Steuerraum 77 dehnt sich aufgrund seiner Elastizität wieder aus und das Ringelement 61 bewegt sich in Richtung des Übersetzerkolbens 37. Die Kraft, die vom Ventilkolben 33 an das Schließelement 29 des Steuerventils 23 übertragen wird, geht zurück, bis sie bei einem Hub  $x = \ddot{u} \cdot x_0$  den Wert Null erreicht. Hierbei ist  $x_0$  der Hub des Aktors 35.  $\ddot{u}$  ist das Übersetzungsverhältnis von Übersetzerkolben 37 zu Ventilkolben 33.

**[0030]** Vorteil des erfindungsgemäß ausgebildeten hydraulischen Kopplers 39 ist, dass zunächst die volle Kraft des Aktors 35 übertragen wird, gleichzeitig aber auch der erhöhte Leerlaufhub eines Kopplers mit einem Übersetzungsverhältnis  $> 1$  genutzt werden kann, ohne dass hierzu die Aktorspannung erhöht oder ein größerer Aktor eingesetzt werden muss.

**[0031]** Sobald die Bestromung des Aktors 35 beendet wird und sich der Aktor 35 wieder auf seine Ausgangslänge zusammenzieht wird der Übersetzerkolben 37 aus dem Koplerraum 53 bewegt. Auch der Ventilkolben 33 und das Ringelement 61 bewegen sich wieder in ihre Ursprungsposition.

**[0032]** In Figur 3 sind ventilkolbenseitige Kraft/Hub-Kurven für unterschiedliche Volumina des Steuerraumes 77 dargestellt.

**[0033]** Auf der x-Achse ist der Hub des Ventilkolbens aufgetragen und auf der y-Achse die Kraft, die der Ventilkolben 33 auf das Schließelement 29 ausübt. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 nimmt die Kraft des Ventilkolbens 33 auf das Schließelement 29 entsprechend der Linie 81 ab. In seiner Ausgangsposition wirkt die volle Kraft des Aktors 35 auf den Ventilkolben 33. Mit zunehmendem Hub  $x$  nimmt die Kraft, die vom Ventilkolben 33 auf das Schließelement 29 wirkt ab, bis bei einem Hub, der dem Leerlaufhub des Aktors  $x_0$  entspricht, die vom Ventilkolben 33 auf das Schließelement 29 wirkende Kraft gleich Null ist.  $F_0$  bezeichnet die Blockierkraft des Aktors, das heißt jene Kraft, die der Aktor 35 bei beidseitig fester Anspannung auf seine Umgebung ausüben würde. Die Kraft nimmt mit zunehmender Auslenkung  $x$  infolge der von Null verschiedenen AktorstEIFigkeit ab. Die Kraft Null wird erreicht, wenn die Auslenkung des Ventilkolbens 33 den mit dem Übersetzungsverhältnis multiplizierten Leerlaufhub des Aktors erreicht. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 ist die Auslenkung des Ventilkolbens 33 gleich dem Leerlaufhub des Aktors.

**[0034]** Mit Bezugszeichen 83 ist die Kraft/Hub-Kurve bezeichnet, die sich bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1,4 ergibt. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, wirkt bei

einem derartigen Übersetzungsverhältnis mit einteiligem Übersetzerkolben 37 und einteiligem Ventilkolben 33 nicht die volle Blockierkraft des Aktors auf den Ventilkolben 33. Die Kraft, die maximal auf den Ventilkolben 33 wirken kann, ist gegenüber der Kraft, die bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 auf den Ventilkolben 33 wirken kann, verringert. Bei der erfindungsgemäßen Lösung, mit dem Ringelement 61, welches auf den zweiten Bereich 65 des Ventilkolbens 33 geführt ist ergeben sich in Abhängigkeit vom Volumen des Steuerraumes 77 die mit den Bezugszeichen 85, 87 und 89 bezeichneten Kraft/Hub-Kurven. Dabei ist das Volumen des Steuerraumes 77 bei der Kraft/Hub-Kurve 89 am kleinsten und bei der Kraft/Hub-Kurve 85 am größten.

**[0035]** Bei dem erfindungsgemäß ausgebildeten hydraulischen Koppler 39 nimmt die zunächst die Kraft mit zunehmendem Hub ausgehend von der Blockierkraft des Aktors  $F_0$  ab. Sobald der Umschaltpunkt 91 erreicht ist, bewegt sich der Ventilkolben 33 ohne das Ringelement 61 weiter in Richtung des Steuerventils 23. Die Kraft/Hub-Kurve nimmt einen flacheren Verlauf ein und endet bei einem maximalen Hub, der dem Hub entspricht, der bei einem entsprechenden Übersetzungsverhältnis, hier bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1,4, erreicht wird. Es ist selbstverständlich auch jedes andere Übersetzungsverhältnis möglich. Das Übersetzungsverhältnis ist dabei abhängig von den Querschnittsflächen des Übersetzerkolbens 37 und des Ventilkolbens 33, die den Koplerraum 53 begrenzen. Es gilt für das Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u} = d_0^2/d_1^2$ . Der Umschaltpunkt 91 wird jeweils dann erreicht, wenn die Kraft, die der Ventilkolben 33 auf das Schließelement 29 ausübt, um das Übersetzungsverhältnis unterhalb der Kraft/Hub-Kurve eines einstufigen hydraulischen Kopplers mit der Übersetzung 1 liegt. Dies ist mit der gestrichelten Hilfslinie 93 dargestellt.

**[0036]** Alternativ zu der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform ist es auch möglich, den Außendurchmesser des Ringelementes 61 und den des Übersetzerkolbens 37 unterschiedlich auszuführen. In diesem Fall wird im Kopplergehäuse 73 ein Absatz ausgebildet, so dass sowohl der Übersetzerkolben 37 als auch das Ringelement 61 mit seinem Außendurchmesser im Kopplergehäuse 73 geführt werden können. Das Ringelement weist dann einen Außendurchmesser  $d'_0$  auf, während der Durchmesser des Übersetzerkolbens 37 weiterhin  $d_0$  ist. In diesem Fall wird die Blockierkraft des Aktors 35 mit einem Übersetzerverhältnis  $\ddot{u}_1 = d'_0{}^2 : d_0^2$  auf die Ventiltseite untersetzt und der Leerlaufhub wird mit dem Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}_2 = d_0^2 : d_1^2$  auf die Ventiltseite übersetzt.

**[0037]** Das Federelement 75, welches das Ringelement 61 im Ruhezustand auf dem Absatz 67 des Ventilkolbens niederhält, sorgt auch dafür, dass die geringe Kraftstoffmenge, die über Führungsspalte des Ringelementes 61 bei aktivem Koppler in den Steuerraum 77 eindringt in den Betätigungspausen wieder aus dem Steuerraum 77 herausgepresst wird. Das Federelement

75 kann weiterhin die Aufgabe der aus dem Stand der Technik bekannten Ventilkolbenfeder übernehmen und für die Wiederbefüllung des Kopplerraumes 53 sorgen. Die aus dem Stand der Technik bekannte Ventilkolbenfeder kann dann entfallen.

**[0038]** Neben der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform, bei der der Absatz 67 als Planfläche ausgeführt ist, ist es zum Beispiel auch möglich, dass sich der Kolben 33 und das Ringelement 61 an beliebig gestalteten Flächen berühren. So kann zum Beispiel der Absatz 67 kegelförmig ausgeführt sein und die entsprechende Fläche am Ringelement 61 eben, kegelförmig oder als Doppelkegel. Auch ist es möglich, dass die Berührlinie oder die Berührfläche zwischen dem Ringelement 61 und dem zweiten Bereich 65 des Ventilkolbens 33 durchgängig oder unterbrochen ist.

### Patentansprüche

1. Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Injektor einen hydraulischen Koppler (39) umfasst, der Hub und Kraft eines Aktors (35) auf ein Steuerventil (23) überträgt, wobei die auf das Steuerventil (23) wirkende Kraft mindestens genauso groß ist wie die vom Aktor (35) abgegebene Kraft, wobei der hydraulische Koppler (39) einen Übersetzerkolben (37) umfasst, der in einer ersten Führung in einem Kopplergehäuse (73) geführt ist und mit einer Stirnfläche einen Kopplerraum (53) begrenzt und der Kopplerraum (53) auf einer zweiten Seite von einem Ventilkolben (33), der auf das Steuerventil (23) wirkt, begrenzt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilkolben (33) in einem ersten Bereich (63) mit einem ersten Durchmesser ( $d_1$ ) und in einem zweiten Bereich (65) in einem zweiten Durchmesser ( $d_2$ ) ausgebildet ist, wobei der zweite Durchmesser ( $d_2$ ) kleiner ist als der erste Durchmesser ( $d_1$ ) und der Ventilkolben (33) im zweiten Bereich (65) von einem Ringelement (61) umschlossen ist, welches relativ zum Ventilkolben (33) bewegbar ist.
2. Injektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ringelement (61) mit seinem Außendurchmesser in der Führung im Kopplergehäuse (73) geführt ist.
3. Injektor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmesser des Ringelementes (61) größer ist als der erste Durchmesser ( $d_1$ ) des ersten Bereiches (63) des Ventilkolbens (33).
4. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Ventilkolben (33) zwischen dem ersten Bereich (63) und dem zweiten Bereich (65) ein Absatz (67) ausgebildet ist, welcher als Hubbegrenzung für das Ringelement (61) wirkt.
5. Injektor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf das Ringelement (61) ein Federelement (75) derart wirkt, dass das Ringelement (61) bei geschlossenem Steuerventil (23) durch die Federkraft des Federelementes (75) gegen den Absatz (67) gedrückt wird.
6. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Steuerraum (77), der von dem Ringelement (61), dem Ventilkolben (33) und dem Kopplergehäuse (73) umschlossen ist, ein Kraftstoffvolumen eingeschlossen ist.
7. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmesser des Ringelementes (61) und der Außendurchmesser ( $d_0$ ) des Übersetzerkolbens (37) gleich sind.
8. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmesser des Ringelementes (61) und der Außendurchmesser ( $d_0$ ) des Übersetzerkolbens (37) unterschiedlich sind.
9. Injektor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außendurchmesser ( $d_0$ ) des Übersetzerkolbens (37) größer ist als der Außendurchmesser des Ringelementes (61).
10. Injektor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktor (35) ein Piezoaktor ist.

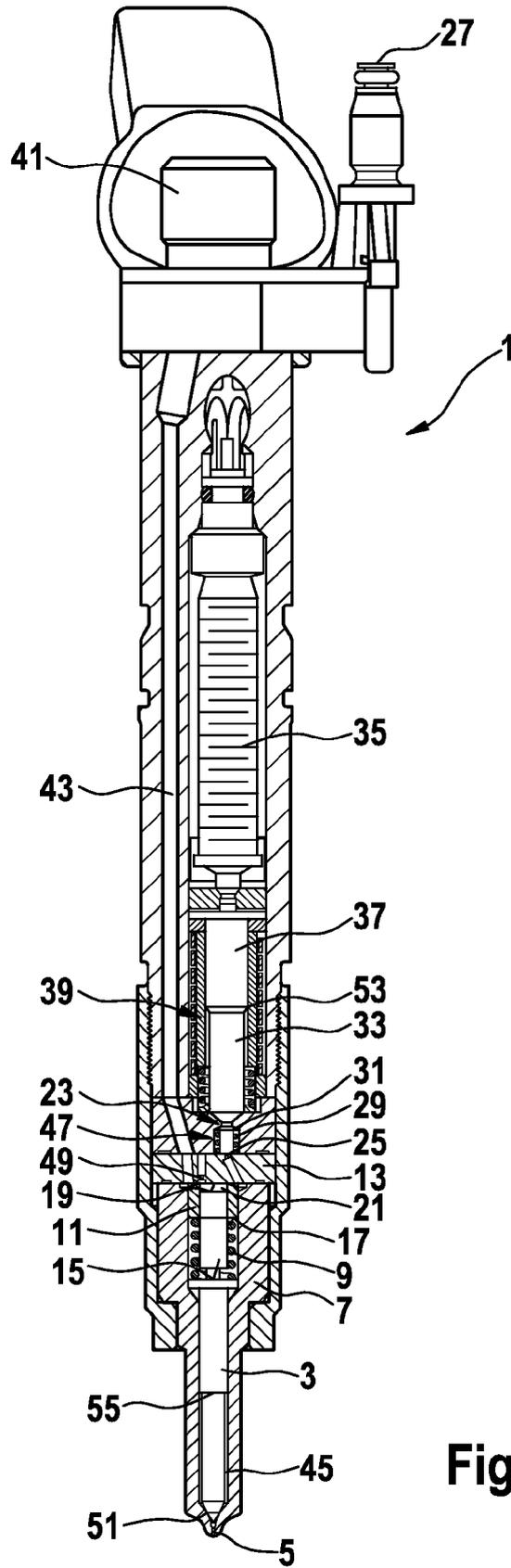


Fig. 1

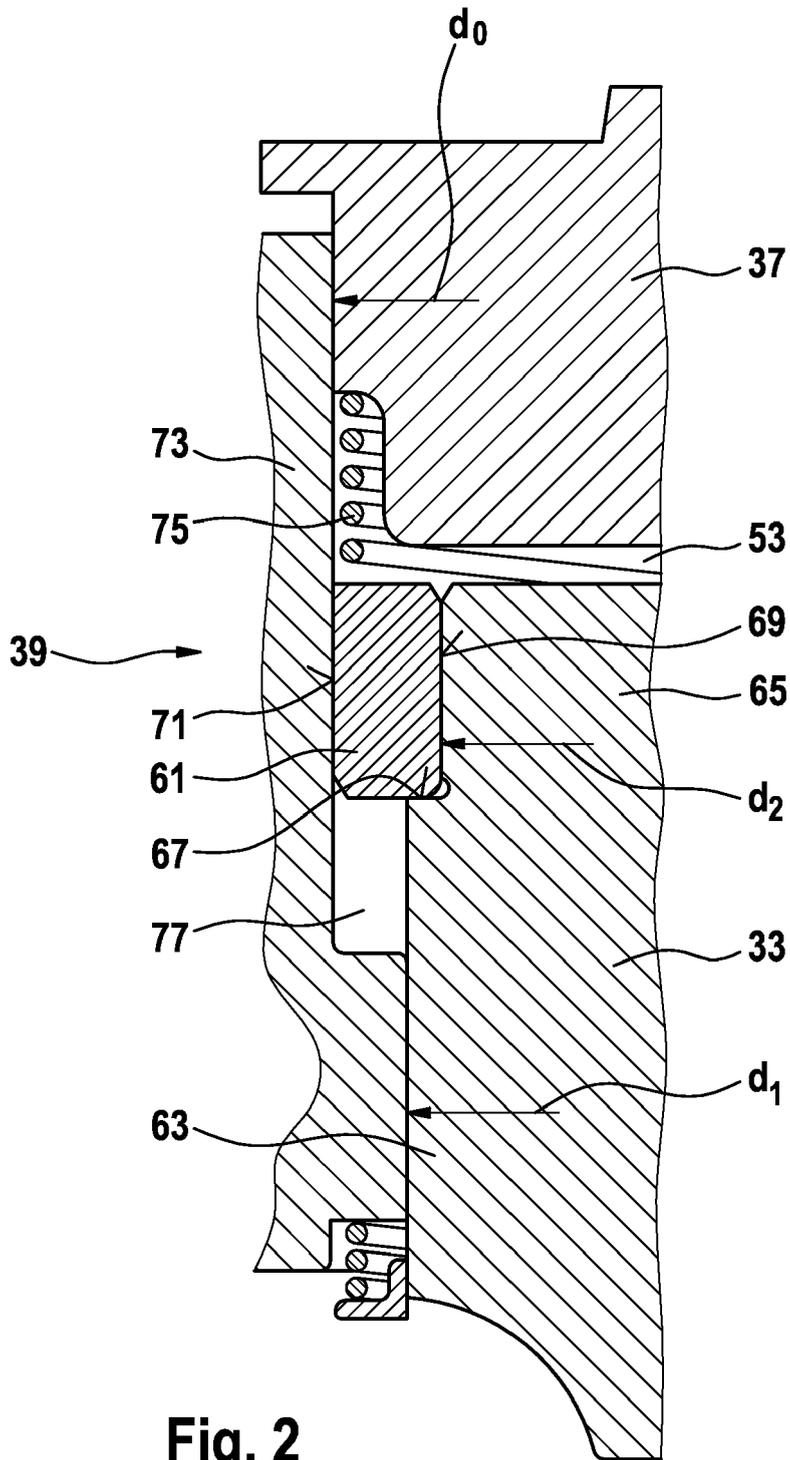


Fig. 2

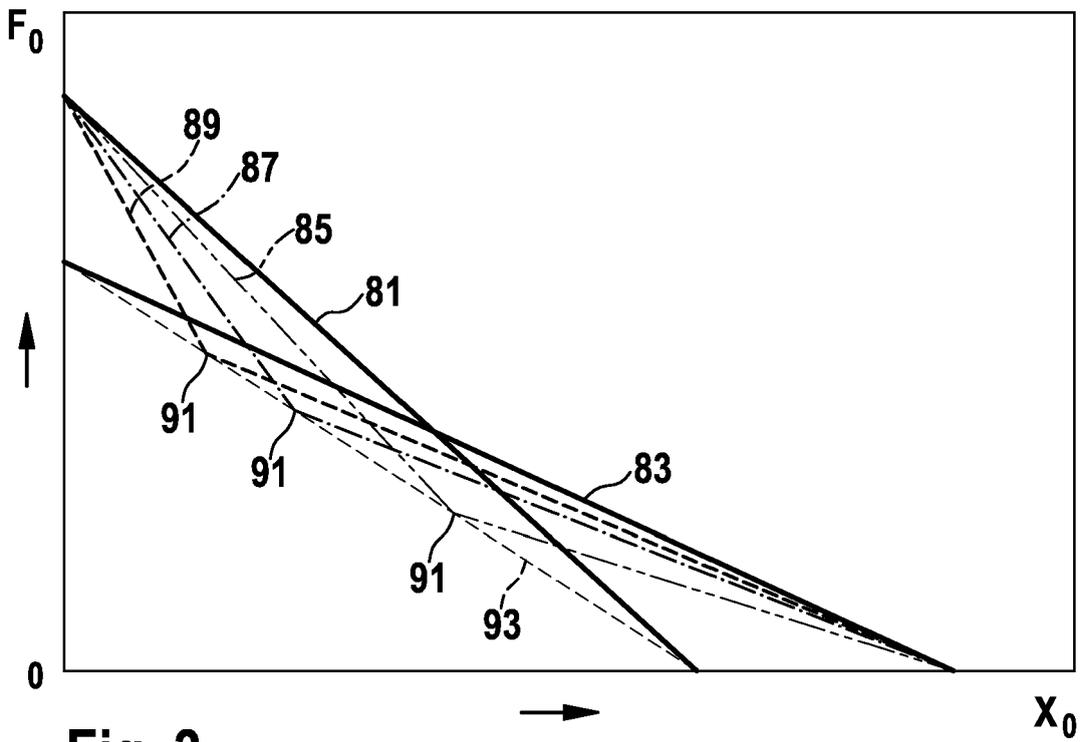


Fig. 3