



(10) **DE 10 2005 041 996 B4** 2017.07.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 041 996.8**
(22) Anmeldetag: **05.09.2005**
(43) Offenlegungstag: **08.03.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.07.2017**

(51) Int Cl.: **F02M 51/06** (2006.01)
F02M 45/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

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

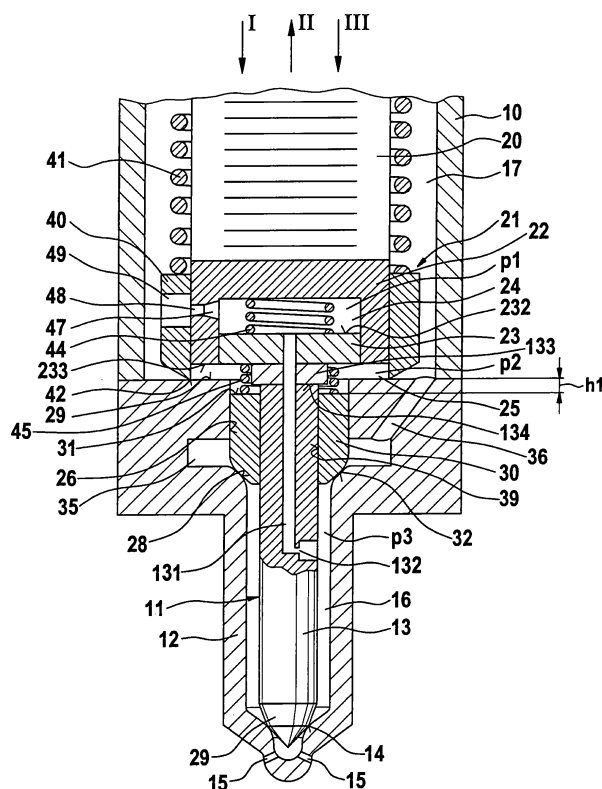
(72) Erfinder:
Pauer, Thomas, 71691 Freiberg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 53 045	A1
DE	10 2004 035 313	A1
EP	1 174 615	A3

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor mit direkt betätigbarem Einspritzventilglied und Verfahren zur Ansteuerung des Einspritzventilgliedes**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoffinjektor für eine Brennkraftmaschine mit einem direkt betätigbaren Einspritzventilglied (11), welches Einspritzventilglied (11) eine Düsennadel (13) aufweist, die auf einen Düsennadeldichtsitz (14) einwirkt, mit einem Düsennadeldruckraum (16), der dem Düsennadeldichtsitz (14) vorgelagert und mit einem mit Hochdruck beaufschlagten Hochdruckraum (17) verbindbar ist, mit einem Aktor (20), der auf eine Druckübersetzungseinrichtung (21) einwirkt, die einen mit dem Aktor (20) in Verbindung stehenden aktorseitigen Kopplerkolben (22), einen mit der Düsennadel (13) verbundenen düsenadelseitigen Kopplerkolben (23), einen ersten Kopplerraum (24) und einen zweiten Kopplerraum (25) aufweist, wobei der aktorseitige Kopplerkolben (22) auf den ersten Kopplerraum (24) und der düsenadelseitige Kopplerkolben (23) auf den zweiten Kopplerraum (25) einwirkt, und wobei in Abhängigkeit vom Druck im ersten Kopplerraum (24) und im zweiten Kopplerraum (25) die Düsennadel (13) vom Düsennadeldichtsitz (14) abgehoben wird und dadurch der im Düsennadeldruckraum (16) anliegende und mit Druck beaufschlagte Kraftstoff eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der düsenadelseitige Kopplerkolben (23) im aktorseitigen Kopplerkolben (22) geführt ist und mit einer weiteren Druckfläche (232) in den ersten Kopplerraum (22) weist, und dass der erste Kopplerraum (24) mittels eines Verbindungskanals (131) mit dem Düsennadeldruckraum (16) hydraulisch verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor für Brennkraftmaschinen mit direkt betätigbarem Einspritzventilglied und Verfahren zur Ansteuerung des Einspritzventilgliedes nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

Stand der Technik

[0002] Kraftstoffinjektoren mit direkter betätigbarem Einspritzventilglied bzw. mit so genannter direkter Nadelsteuerung, bei denen die Düsennadel von einem Piezo-Aktor oder einem elektromagnetischen Aktor ohne Zwischenschaltung eines Servo-Ventils direkt angesteuert wird, sind bekannt. Ein derartiger Kraftstoffinjektor mit einer zweistufigen Übersetzung des Aktorhubs wird in EP 1174615 A1 beschrieben. Dabei greift ein hülsenförmiger aktorseitiger Kopplerkolben mit einem mechanischen Mitnehmer an der Düsennadel an, wodurch eine erste Öffnungsphase der Düsennadel eingeleitet wird. Mittels zweier hydraulisch verbundener Kopplerräumen, die eine hydraulische Übersetzung zwischen dem aktorseitigen Kopplerkolben und einem mit der Düsennadel verbundenen düsennadelseitigen Kopplerkolben bewirken, wird die zweite Öffnungsphase der Düsennadel realisiert.

[0003] Aus DE 103 53 045 A1 und DE 10 2004 035 313 A1 sind ebenfalls Kraftstoffinjektoren bekannt, bei denen die Düsennadel direkt mittels eines elektrischen Aktors angesteuert wird.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Kraftstoffinjektor mit direkt betätigbarem Einspritzventilglied sowie ein Verfahren zur Ansteuerung des Einspritzventilgliedes zu schaffen, wobei der Kraftstoffinjektor eine einfache Konstruktion aufweisen und eine zweistufige Übersetzung ermöglichen soll.

Vorteile der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der Erfindung wird mit den kennzeichnenden Maßnahmen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Der erfindungsgemäße Kraftstoffinjektor hat den Vorteil, dass durch den Verbindungskanal mit der Drossel eine Drucküberhöhung vom ersten Kopplerraum auf den Düsennadeldruckraum übertragen wird, wodurch auf die Druckschulter der Düsennadel in einer ersten Öffnungsphase eine Öffnungskraft wirkt. Der Druckausgleich zwischen dem ersten Kopplerraum und dem Düsennadeldruckraum bewirkt weiterhin, dass die Düsennadel in der ersten Öffnungsphase im abgehobenen Zustand schweben bleibt bis in der zweiten Öffnungsphase ein Druckentlastung der beiden Kopplerräumen einsetzt, die wiederum den düsennadelseitigen Kopplerkolben weiter ziehend bewegt und damit die Düsennadel noch weiter öffnet. Im schwebenden Zustand ist die Düsennadel

kraftausgeglichen und kann dadurch mit geringem Kraftaufwand weiter bewegt werden. Dabei wird der Aktor derart angesteuert, dass der aktorseitige Kopplerkolben in der ersten Öffnungsphase der Düsennadel einen drückenden Hub und in der zweiten Öffnungsphase der Düsennadel einen ziehenden Hub vollzieht.

[0006] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Maßnahmen der Unteransprüche möglich.

[0007] Eine kompakte Ausführung des Kraftstoffinjektors wird erzielt, wenn der hydraulische Verbindungskanal eine Drossel aufweist und mit der Drossel durch den düsennadelseitigen Kopplerkolben geführt ist. Eine zweckmäßige Ausführung des Kraftstoffinjektors liegt vor, indem am düsennadelseitigen Kopplerkolben eine Druckfläche ausgebildet ist, die zusammen mit einer am aktorseitigen Kopplerkolben ausgebildeten aktorseitigen Druckfläche in den zweiten Kopplerraum weist. Um in der zweiten Öffnungsphase eine weitere Öffnung der Düsennadel zu erzielen, ist es zweckmäßig, wenn die in den zweiten Kopplerraum weisende Druckfläche des düsennadelseitigen Kopplerkolbens kleiner ist als die in den ersten Kopplerraum weisende Druckfläche des düsennadelseitigen Kopplerkolbens. Zur Realisierung eines Druckausgleiches zwischen dem ersten Kopplerraum und dem Düsennadeldruckraum ist es von Vorteil, wenn der erste Kopplerraum zusätzlich über eine weitere hydraulische Verbindung mit einer weiteren Drossel mit dem Hochdruckraum verbunden ist. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die weitere Drossel der weiteren hydraulischen Verbindung eine größere hydraulische Drosselwirkung aufweist als die Drossel des hydraulischen Verbindungskanals. Ein druckmodulierter Einspritzverlauf wird durch den Schiebereffekt einer Schieberhülse realisiert, die am düsennadelseitigen Kopplerkolben axial verschiebbar geführt ist und die mittels eines Dichtsitzes den mit Hochdruck beaufschlagten Hochdruckraum vom Düsennadeldruckraum trennt. Der druckmodulierte Einspritzverlauf wirkt sich vorteilhaft auf die Abgasemission des Brennkraftmaschine, insbesondere in Teillast aus. Die Schieberhülse besitzt an der dem Dichtsitz abgewandten Stirnseite eine Druckfläche, die in den zweiten Kopplerraum weist. Dadurch wird die Schieberhülse in Abhängigkeit vom Druck im zweiten Kopplerraum im Dichtsitz gehalten. Zur Unterstützung der Schließfunktion der Schieberhülse wirkt auf die Schieberhülse eine Druckfeder. Die axiale Bewegung der Schieberhülse wird durch die Düsennadel oder den düsennadelseitigen Kopplerkolben eingeleitet. Dazu weist die Düsennadel oder der düsennadelseitige Kopplerkolben einen mechanischen Mitnehmer für die Schieberhülse auf. Der mechanische Mitnehmer ist durch einen an der Düsennadel oder dem düsennadelseitigen Kopplerkolben ausgebildeten Bund mit einer Anschlagfläche ausgeführt, wo-

bei der Anschlagfläche in Schließrichtung der Düsen-
nadel weist. Die Anschlagfläche wirkt gegen eine an
der Schieberhülse ausgebildete Ringfläche, die bei-
spielsweise durch die Druckfläche gebildet wird. Die
Anschlagfläche und die Druckfläche weisen in einer
in den Dichtsitz gestellten Stellung der Schieberhül-
se einen Abstand auf, der einen Öffnungshub für die
Düsen- und Nadel ausbildet.

Ausführungsbeispiele

[0008] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in
der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden
Beschreibung näher erläutert.

[0009] Es zeigen:

[0010] Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch einen er-
findungsgemäßen Kraftstoffinjektor und

[0011] Fig. 2 einen Verlauf einer Ansteuerung eines
Piezo-Aktors.

[0012] Der in der Fig. 1 dargestellte Kraftstoffinjektor
weist ein Injektorgehäuse 10 mit einem Einspritzven-
tilglied 11 auf, das mit einem Düsenkörper 12 in ei-
nem Brennraum einer Brennkraftmaschine ragt. Das
Einspritzventilglied 11 weist eine Düsen- und Nadel 13 auf,
die im Düsenkörper 12 axial verschiebbar geführt ist.
Zwischen der Spitze der Düsen- und Nadel 13 und dem Dü-
senkörper 12 ist ein Dichtsitz 14 ausgebildet, dem
in Einspritzrichtung im Düsenkörper 12 ausgebildete
und in den Brennraum hineinragende Einspritzdüsen
15 nachgeordnet sind. Dem Dichtsitz 14 ist im Ein-
spritzventilglied 11 in Einspritzrichtung ein Düsen-
nadel- und Druckraum 16 vorgelagert, dem eine an der Dü-
sen- und Nadel 13 ausgebildete düsen- und nadel-
seitige Druck-
schulter 29 ausgesetzt ist.

[0013] Das Injektorgehäuse 10 weist einen Hoch-
druckraum 17 auf, der mit einem nicht dargestellten
Kraftstoffzulauf verbunden ist, der wiederum an ein
ebenfalls nicht dargestelltes Hochdrucksystem, bei-
spielsweise an ein Common-Rail-System einer Die-
seleinspritzeinrichtung angeschlossen ist. Im Hoch-
druckraum 17 ist ein Piezo-Aktor 20 angeordnet, der
auf eine Übersetzungseinrichtung 21 einwirkt.

[0014] Die Übersetzungseinrichtung 21 umfasst ei-
nen aktorseitigen Kopplerkolben 22, einen düsen-
nadel- und nadel-
seitigen Kopplerkolben 23, einen ersten Koppler-
raum 24, einen zweiten Koppler- und Druckraum 25 sowie ei-
ne am düsen- und nadel- und nadel-
seitigen Kopplerkolben 23 axial
verschiebbar geführte Schieberhülse 30. Der Piezo-
Aktor 20 steht in Verbindung mit dem aktorseitigen
Kopplerkolben 22. Der düsen- und nadel- und nadel-
seitige Kopplerkolben 23 und die Düsen- und Nadel 13 sind zu einem Bau-
teil verbunden.

[0015] Die Schieberhülse 30 ist in einer Führungs-
bohrung 26 des Düsenkörpers 12 geführt und weist
eine in den zweiten Koppler- und Druckraum 25 weisende Druck-
fläche 31 und eine dazu gegenüber liegende, vor-
zugsweise konisch ausgebildete Dichtfläche 32 auf.
Die Dichtfläche 32 wirkt auf einen am Düsenkörper
12 ausgebildeten Dichtsitz 28. Dem Dichtsitz 28 ist
in Einspritzrichtung ein Ringraum 35 vorgelagert, der
über eine hydraulische Verbindung 36 mit dem Hoch-
druckraum 17 verbunden ist. Die Schieberhülse 30
weist ferner eine Führungsbohrung 39 auf, in der die
Düsen- und Nadel 13 mit axial verschiebbar geführt ist.

[0016] Der düsen- und nadel- und nadel-
seitige Kopplerkolben 23 ist
im aktorseitigen Kopplerkolben 22 geführt und mit ei-
ner in den zweiten Koppler- und Druckraum 25 weisenden Druck-
fläche 231 und mit einer in den ersten Koppler- und Druckraum
24 weisenden weiteren Druckfläche 232 ausgeführt.
Eine am aktorseitigen Kopplerkolben 22 ausgebilde-
te aktorseitige Druckfläche 233 weist ebenfalls in den
zweiten Koppler- und Druckraum 25. Die beiden Druckflächen
231 und 232 des düsen- und nadel- und nadel-
seitigen Kopplerkolbens
23 wirken in entgegen gesetzten Richtungen auf die
Düsen- und Nadel 13, wobei die Druckfläche 231 in Öff-
nungsrichtung und die weitere Druckfläche 232 in
Schließrichtung auf die Düsen- und Nadel 13 einwirkt. Da-
bei ist die in den zweiten Koppler- und Druckraum 25 weisende
Druckfläche 231 kleiner als die in den ersten Kopp-
ler- und Druckraum 24 weisende weitere Druckfläche 232, wobei
die Druckfläche 231 als Ringfläche ausgebildet ist.

[0017] Am düsen- und nadel- und nadel-
seitigen Kopplerkolben 23 ist
ferner als mechanischer Mitnehmer für die Schie-
berhülse 30 ein Bund 133 mit einer Anschlagfläche
134 ausgebildet, wobei die Anschlagfläche 134 in
Schließrichtung der Düsen- und Nadel 13 weist. Die An-
schlagfläche 134 wirkt gegen eine an der Schieber-
hülse 30 ausgebildete Ringfläche, die beispielsweise
durch die Druckfläche 31 gebildet wird. Die Anschlag-
fläche 134 und die Druckfläche 31 weisen in einer in
den Dichtsitz 28 gestellten Stellung der Schieberhül-
se 30 einen Abstand aufweist, der einen Öffnungshub
h1 für die Düsen- und Nadel 13, wie später noch beschrie-
ben wird, ausbildet.

[0018] Durch den düsen- und nadel- und nadel-
seitigen Kopplerkolben 23 führt ein Verbindungskanal 131 mit einer
Drossel 132. Über den Verbindungskanal 131 und die
Drossel 132 wird der erste Koppler- und Druckraum 24 mit dem
Düsen- und nadel- und nadel-
seitigen Druckraum 16 hydraulisch verbunden. Ei-
ne weitere hydraulische Verbindung 47 mit einer wei-
teren Drossel 48 führt vom ersten Koppler- und Druckraum 24
in den Hochdruckraum 17. Die Drosselwirkung der
weiteren Drossel 48 ist dabei stärker als die Drossel-
wirkung der Drossel 132. Auf die Drosselwirkung der
beiden Drosseln 48, 132 wird später eingegangen.

[0019] Am Außenumfang des aktorseitigen Koppler-
kolbens 22 ist ferner eine weitere Schieberhülse 40
geführt, die den zweiten Koppler- und Druckraum 25 gegenüber

dem Hochdruckraum **17** trennt. Die weitere Schieberhülse **40** ist dabei mittels einer Druckfeder **41** am aktorseitigen Kopplerkolbens **22** abgestützt und drückt mit einer Dichtkante **42** gegen eine am Düsenkörper **12** ausgebildete Stirnfläche **29**. An der weiteren Schieberhülse **40** ist an der Stelle der weiteren hydraulischen Verbindung **47** eine Öffnung **49** ausgebildet, so dass über die Öffnung **49** eine hydraulische Verbindung entsteht.

[0020] Im ersten Kopplerraum **24** ist ferner eine Schließfeder **44** angeordnet, die auf den düsennadelseitigen Kopplerkolben **23** einwirkt und die Düsenadel **13** in Schließrichtung drückt. Eine weitere Druckfeder **45** drückt die Schieberhülse **30** in den Dichtsitz **28**, wobei sich die weitere Druckfeder **45** an der Druckfläche **231** des düsennadelseitigen Kopplerkolbens **23** abstützt.

[0021] Der Kraftstoffinjektor in **Fig. 1** weist gemäß **Fig. 2** eine erste Öffnungsphase I und eine zweite Öffnungsphase II zum Öffnen der Düsenadel **13** auf. Die erste Öffnungsphase I wird mit einem drückenden Piezo-Aktor **20** und die zweite Öffnungsphase II mit einem ziehenden Piezo-Aktor **20** realisiert. Das Schließen der Düsenadel **13** erfolgt wieder mit einem drückenden Piezo-Aktor **20** in einer Schließphase III.

[0022] Der Piezo-Aktor **20** arbeitet dabei nicht dauerhaft auf einem maximalen Spannungsniveau U_{max} von beispielsweise 200 V. Gemäß **Fig. 2** wird der Piezo-Aktor **20** für einen geschlossenen Zustand der Düsenadel **13** mit einer unterhalb der maximalen Aktorspannung U_{max} liegenden Aktorspannung U_{A0} von beispielsweise 100 V betrieben.

[0023] Zum Einleiten der ersten Öffnungsphase I wird die Aktorspannung U_A auf ein erstes Spannungsniveau U_{A1} von beispielsweise 150 V erhöht, wodurch der Piezo-Aktor **20** eine Längenausdehnung erfährt. Dadurch wirkt der Piezo-Aktor **20** mit einem drückenden aktorseitigen Kopplerkolben **22** auf den ersten Kopplerraum **24**, wodurch das Volumen des ersten Kopplerraums **24** reduziert wird und dort der Druck p_1 ansteigt. Gleichzeitig drückt der aktorseitige Kopplerkolben **22** mit der Druckfläche **233** in den zweiten Kopplerraum **25**, so dass auch dort der Druck p_2 ansteigt. Der erhöhte Druck p_1 im ersten Kopplerraum **24** wird über den hydraulischen Verbindungskanal **131** und die Drossel **132** in den Düsenadeldruckraum **16** übertragen, wodurch auch dort der Druck p_3 ansteigt. Damit die Druckübertragung vom ersten Kopplerraum **24** auf den Düsenadeldruckraum **16** erfolgt, ist die Drosselwirkung der in den Hochdruckraum **17** führenden weiteren Drossel **48** stärker ausgebildet als die Drosselwirkung der in den Düsenadeldruckraum **16** führenden Drossel **132**. Durch den Druckanstieg im Düsenadeldruckraum **16** wird der Druck auf die Druckschulter **29** der Düsenadel **13** er-

höht und die Druckunterwanderung der Druckschulter **29** führt zum Abheben der Düsenadel **13** vom Düsenadeldichtsitz **14**. Der ebenfalls ansteigenden Druck p_2 im zweiten Kopplerraum **25** unterstützt die Öffnungskraft der Düsenadel **13** durch Einwirkung auf die Druckfläche **131** in Öffnungsrichtung. Durch die über den Verbindungskanal **131** mit Drossel **132** hergestellte hydraulische Verbindung zwischen ersten Kopplerraum **24** und Düsenadeldruckraum **16** und die Abstimmung der Drosselwirkung der Drosseln **48** und **132** herrscht Druckausgleich zwischen p_1 und p_2 , so dass sich die Düsenadel **13** im hydraulischen Gleichgewicht befindet und im abgehobenen Zustand steht bzw. schwebt. Die Schieberhülse **30** bleibt in der ersten Öffnungsphase I mit der Dichtfläche **32** auf dem Dichtsitz **28** liegen.

[0024] Zur Einleitung der zweiten Öffnungsphase II wird die Bewegungsrichtung des Piezo-Aktors **20** umgekehrt. Dazu wird die Aktorspannung U_A gemäß **Fig. 2** auf die Aktorspannung U_{A2} von beispielsweise 50 V verringert, so dass der aktorseitige Kopplerkolben **22** eine ziehende Bewegung vollzieht, wodurch sich der Druck p_2 im zweiten Kopplerraum **25** reduziert. Gleichzeitig reduziert sich auch der Druck p_1 im ersten Kopplerraum **24**. Es ist aber auch denkbar, im bipolaren Betrieb mit einem deutlich geringen Wert zu arbeiten. Da die Druckfläche **232** größer ist als die Druckfläche **231** wirkt keine Schließkraft auf den düsennadelseitigen Kopplerkolben **23** und die Düsenadel **13** bleibt geöffnet. Aufgrund des geringeren Drucks p_2 im zweiten Kopplerraum **25** folgt die Schieberhülse **30** der Druckreduzierung und die Schieberhülse **30** hebt vom Dichtsitz **28** ab. Dadurch wird der Hochdruckzulauf über die hydraulische Verbindung **36** und den Ringraum **35** freigegeben und der Druck im Düsenadeldruckraum **16** wird auf Rail-Druckniveau erhöht. Durch die weitere ziehende Bewegung des aktorseitigen Kopplerkolbens **22** wird die Hubbewegung der Schieberhülse **30** über den Anfangshub h_1 hinaus ausgedehnt und die Schieberhülse **30** nimmt aufgrund des Anschlages der Druckfläche **31** an der Anschlagfläche **134** des Bundes **133** den düsennadelseitigen Kopplerkolben **23** mit einer größeren Übersetzung als der Aktor-Hub mit. Die Düsenadel **13** wird dadurch noch weiter vom Dichtsitz **14** abgehoben und die Einsspritzrate erreicht in der zweiten Öffnungsphase II ihr Maximum.

[0025] Zum Schließen der Düsenadel **13** wird die Aktorspannung U_A in der Schließphase III wieder bis auf die Ausgangsspannung U_{A0} von beispielsweise 100 V erhöht. Dadurch wird der aktorseitige Kopplerkolben **22** wieder in den zweiten Steuerraum **25** gedrückt, wodurch eine Schließkraft auf die Schieberhülse **30** wirkt, die die Schieberhülse **30** wieder auf den Dichtsitz **28** presst. Der Kraftstoffzulauf in den Düsenadeldruckraum **16** wird unterbrochen und der Druck im Düsenadeldruckraum **16** fällt ab, so dass die auf die Druckfläche **232** wirkende Schließkraft un-

terstützt durch die Schließfeder **44** die Düsenadel **13** wieder in den Dichtsitz **14** stellt. Die Einspritzung ist beendet.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor für eine Brennkraftmaschine mit einem direkt betätigbaren Einspritzventilglied (**11**), welches Einspritzventilglied (**11**) eine Düsenadel (**13**) aufweist, die auf einen Düsenadeldichtsitz (**14**) einwirkt, mit einem Düsenadeldruckraum (**16**), der dem Düsenadeldichtsitz (**14**) vorgelagert und mit einem mit Hochdruck beaufschlagten Hochdruckraum (**17**) verbindbar ist, mit einem Aktor (**20**), der auf eine Druckübersetzungseinrichtung (**21**) einwirkt, die einen mit dem Aktor (**20**) in Verbindung stehenden aktorseitigen Kopplerkolben (**22**), einen mit der Düsenadel (**13**) verbundenen düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**), einen ersten Kopplerraum (**24**) und einen zweiten Kopplerraum (**25**) aufweist, wobei der aktorseitige Kopplerkolben (**22**) auf den ersten Kopplerraum (**24**) und der düsenadelseitige Kopplerkolben (**23**) auf den zweiten Kopplerraum (**25**) einwirkt, und wobei in Abhängigkeit vom Druck im ersten Kopplerraum (**24**) und im zweiten Kopplerraum (**25**) die Düsenadel (**13**) vom Düsenadeldichtsitz (**14**) abgehoben wird und dadurch der im Düsenadeldruckraum (**16**) anliegende und mit Druck beaufschlagte Kraftstoff eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der düsenadelseitige Kopplerkolben (**23**) im aktorseitigen Kopplerkolben (**22**) geführt ist und mit einer weiteren Druckfläche (**232**) in den ersten Kopplerraum (**22**) weist, und dass der erste Kopplerraum (**24**) mittels eines Verbindungskanals (**131**) mit dem Düsenadeldruckraum (**16**) hydraulisch verbunden ist.

2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungskanal (**131**) eine hydraulische Drossel (**132**) aufweist.

3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungskanal (**131**) durch den düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**) geführt ist.

4. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass am düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**) eine Druckfläche (**231**) ausgebildet ist, die zusammen mit einer am aktorseitigen Kopplerkolben (**22**) ausgebildeten aktorseitigen Druckfläche (**233**) in den zweiten Kopplerraum (**25**) weist.

5. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in den zweiten Kopplerraum (**25**) weisende Druckfläche (**231**) kleiner ist als die in den ersten Kopplerraum (**24**) weisende Druckfläche (**232**).

6. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Kopplerraum (**24**) über eine weitere hydraulische Verbindung (**47**) mit einer weiteren Drossel (**48**) mit dem Hochdruckraum (**17**) verbunden ist.

7. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Drossel (**48**) der weiteren hydraulischen Verbindung (**47**) eine größere hydraulische Drosselwirkung aufweist als die Drossel (**132**) des hydraulischen Verbindungskanals (**131**).

8. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Düsenadel (**13**) oder am düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**) eine Schieberhülse (**30**) axial verschiebbar geführt ist, die mittels eines Dichtsitzes (**28**) den mit Hochdruck beaufschlagten Hochdruckraum (**17**) vom Düsenadeldruckraum (**16**) trennt.

9. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Düsenadel (**13**) oder am düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**) ein mechanischer Mitnehmer für die Schieberhülse **30** ausgebildet ist.

10. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als mechanischer Mitnehmer an der Düsenadel (**13**) oder am düsenadelseitigen Kopplerkolben (**23**) eine Anschlagfläche (**134**) ausgebildet ist, welche Anschlagfläche (**134**) in Schließrichtung der Düsenadel (**13**) weist, und dass die Anschlagfläche (**134**) gegen eine an der Schieberhülse (**30**) ausgebildeten Ringfläche (**31**) wirkt.

11. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anschlagfläche (**134**) und die Ringfläche (**31**) in einer in den Dichtsitz (**28**) gestellten Stellung der Schieberhülse (**30**) einen Abstand aufweisen, der einen Öffnungshub h_1 für die Düsenadel (**13**) ausbildet.

12. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schieberhülse (**30**) an der dem Dichtsitz (**28**) abgewandten Stirnseite eine Druckfläche (**31**) aufweist, die in den zweiten Kopplerraum (**25**) weist.

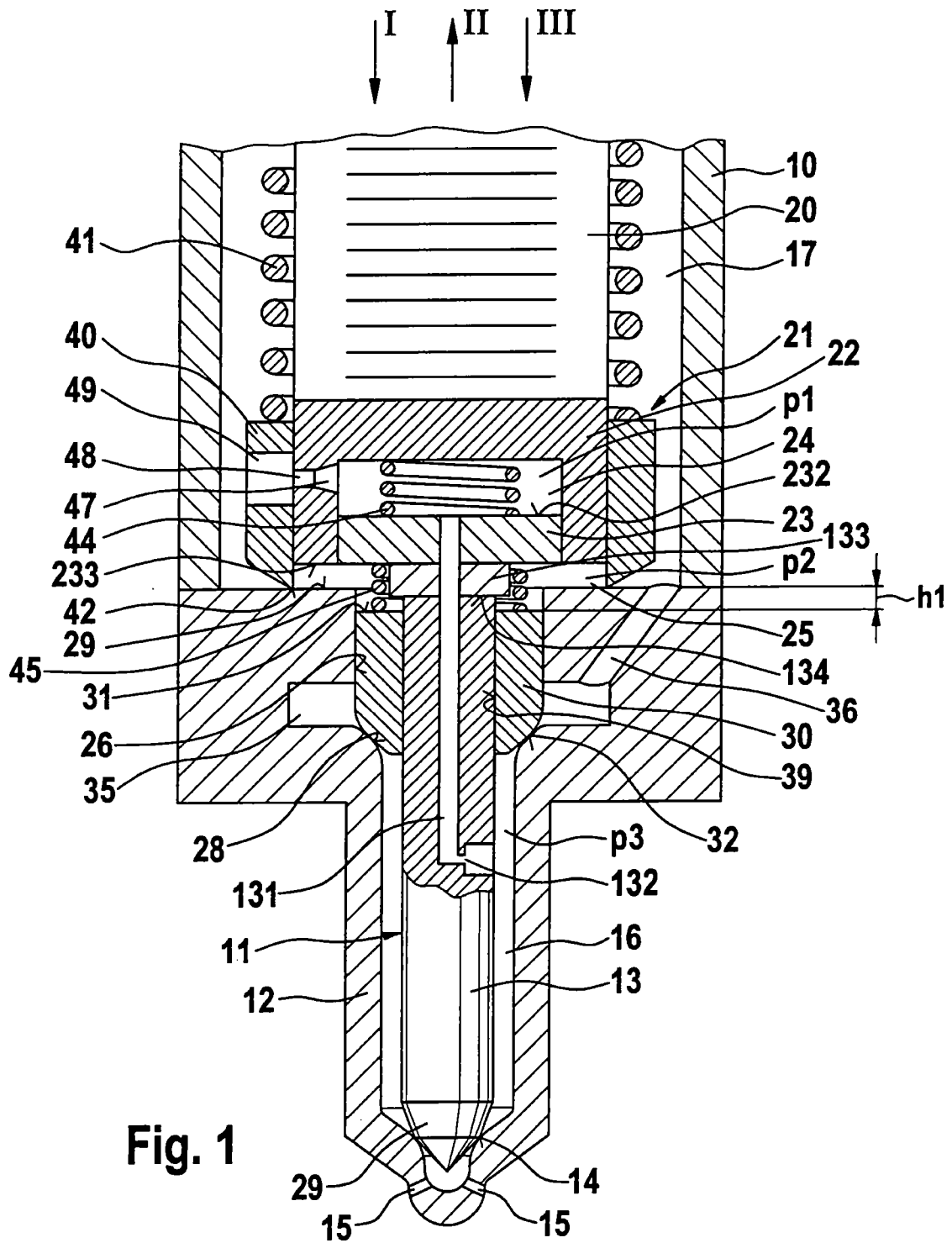
13. Verfahren zum Ansteuern des Einspritzventilgliedes nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktor (**20**) derart angesteuert wird, dass der aktorseitige Kopplerkolben (**22**) in einer ersten Öffnungsphase der Düsenadel (**13**) einen drückenden Hub und in einer zweiten Öffnungsphase der Düsenadel (**13**) einen ziehenden Hub vollzieht.

14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der zweiten Öffnungsphase der Düsenadel (**13**) durch den ziehenden Hub des

aktorseitigen Kopplerkolbens (**22**) sich die Drücke im ersten Kopplerraum (**24**) und im zweiten Kopplerraum (**25**) reduzieren, und dass in der zweiten Öffnungsphase der Düsennadel (**13**) die Schieberhülse (**30**) vom Dichtsitz (**28**) abhebt und dadurch der Düsennadeldruckraum (**16**) mit dem Hochdruckraum (**17**) verbunden wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



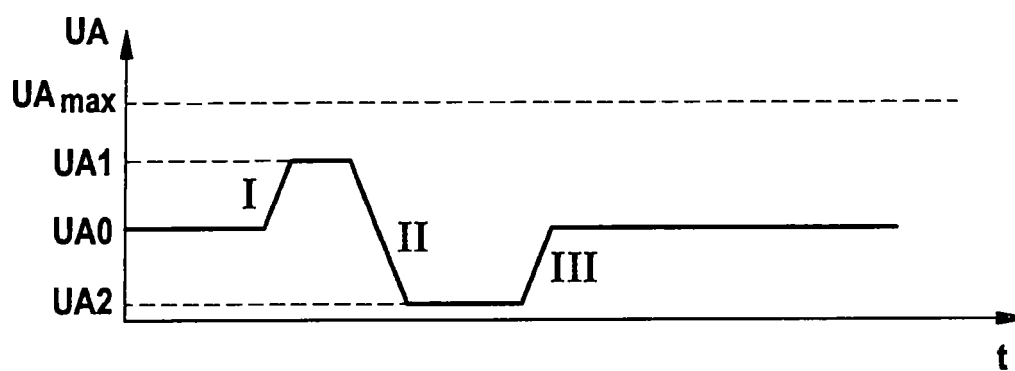


Fig. 2