



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 18 546 B4** 2005.03.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 18 546.8**  
 (22) Anmeldetag: **25.04.2002**  
 (43) Offenlegungstag: **21.11.2002**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **17.03.2005**

(51) Int Cl.7: **F02M 47/02**  
**F02M 45/08**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:  
**P 129201/01 26.04.2001 JP**

(71) Patentinhaber:  
**Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP; Denso Corp., Kariya, Aichi, JP; Nippon Soken, Inc., Nishio, Aichi, JP**

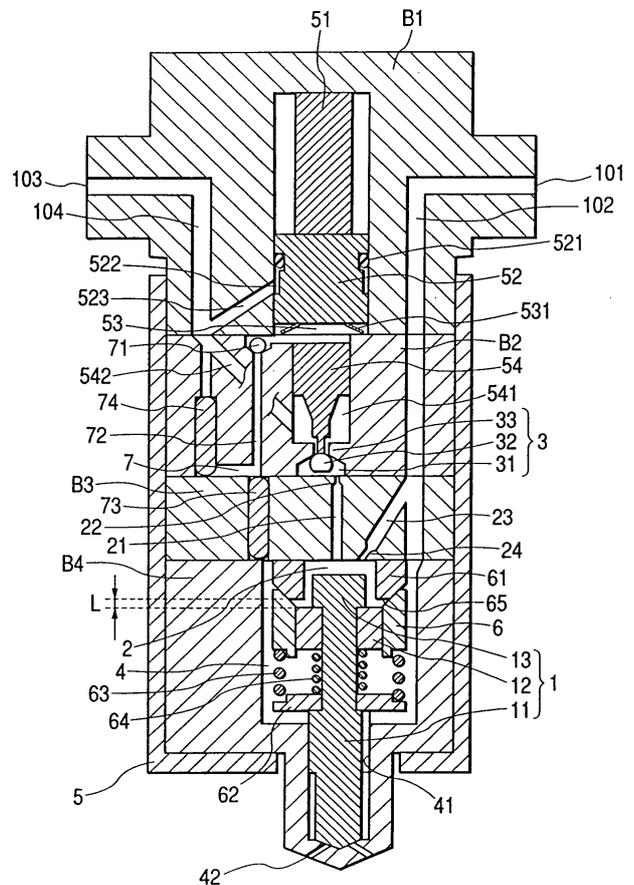
(74) Vertreter:  
**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Takaki, Niro, Nishio, Aichi, JP; Kato, Masaaki, Kariya, Aichi, JP; Oshima, Kenji, Nishio, Aichi, JP; Watanabe, Yoshimasa, Toyota, Aichi, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
**US 57 79 149 A**  
**US 51 56 132 A**  
**WO 01/23 754 A1**  
**JP 04036062 AA Patent Abstracts of Japan;**

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffeinspritzvorrichtung zum Anheben eines Nadelventils mit variabler Geschwindigkeit**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit:  
 einem Nadelventil (1) mit einem Ventilkörper (11);  
 einer Steuerkammer (2), in der ein erster Druck aufgebaut wird, der auf eine erste Druckwirkfläche des Nadelventils (1) in einer Ventilschließrichtung aufgebracht wird; und  
 einer Nadelventilkammer (4), die einen zweiten Druck auf eine zweite Druckwirkfläche des Nadelventils (1) in einer Ventilöffnungsrichtung aufbringt;  
 gekennzeichnet durch  
 einen Druckwirkflächenänderungsring (12), in dem der Ventilkörper (11) gleitbar angeordnet ist;  
 einem Stopper (65), an dem der Druckwirkflächenänderungsring (12) anschlägt, um einen ersten Flächeninhalt der ersten Druckwirkfläche des Nadelventils (1) zu einen zweiten Flächeninhalt zu ändern, der kleiner ist als der erste Flächeninhalt, um dadurch von einem ersten Hubgeschwindigkeitsbereich zu einem zweiten Hubgeschwindigkeitsbereich zu wechseln,  
 wobei in dem ersten Hubgeschwindigkeitsbereich der erste Druck in der Steuerkammer (2) auf den ersten Flächeninhalt der ersten Druckwirkfläche des Nadelventils (1) aufgebracht ist, um mittels einer Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, die bei einem Common-Rail-System für Dieselmotoren verwendbar ist.

**[0002]** Common-Rail-Systeme sind als ein Kraftstoffeinspritzsystem für Dieselmotoren bekannt, die eine Common-Rail zum Zuführen von mit hohem Druck beaufschlagten Kraftstoff zu jedem Zylinder der Kraftmaschine aufweist. Übliche Kraftstoffeinspritzvorrichtungen, die bei derartigen Common-Rail-Systemen verwendet werden, bestehen aus einem Nadelventil, das Zerstäubungslöcher öffnet oder schließt, einer Steuerkammer, die einen Staudruck auf das Nadelventil ausübt, und aus einem Steuerventil zum Einstellen des Drucks innerhalb der Steuerkammer. Die Steuerkammer ist mit dem Steuerventil in Verbindung, das zu einer Niederdruckleitung und einer Hochdruckleitung führt, die zu der Common-Rail durch jeweilige Öffnungen bzw. Drosseln führt. Das Öffnen des Steuerventils bewirkt einen Druckabfall in der Steuerkammer, wodurch das Nadelventil nach oben angehoben wird, um die Zerstäubungslöcher zu öffnen.

## Stand der Technik

**[0003]** Unlängst wurde ein piezoelektrischer Aktuator mit schnellem Ansprechverhalten als ein Mechanismus zum wahlweisen Öffnen und Schließen eines derartigen Steuerventils vorgeschlagen. Zum Beispiel lehrt US 5 779 149 A von Hayes Jr. eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit einem piezoelektrischen Aktuator ausgestattet ist. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung hat einen Kolben mit großem Durchmesser, der durch den piezoelektrischen Aktuator bewegt wird, und einen Kolben mit kleinem Durchmesser zum wahlweisen Öffnen und Schließen des Steuerventils. Der Hub des auf den Kolben mit großem Durchmesser wirkenden piezoelektrischen Aktuators wird hydraulisch verstärkt und zu dem Kolben mit kleinem Durchmesser übertragen.

**[0004]** Die vorstehend beschriebene Kraftstoffeinspritzvorrichtung ermöglicht in vorteilhafter Weise, dass das kleine Steuerventil durch einen kleinen Hydraulikdruck geöffnet wird, um das große Nadelventil anzuheben, aber sie hat jedoch den folgenden Nachteil. Die Hubgeschwindigkeit des Nadelventils hängt von der Kraftstoffdurchsatzrate in und aus der Steuerkammer ab, die durch die Größe der Öffnungen bzw. Drosseln bestimmt ist. Falls die Größe der Öffnungen bzw. Drosseln so bestimmt ist, dass jene Hubgeschwindigkeit des Nadelventils erzielt wird, die zum Einspritzen einer großen Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine erforderlich ist, dann wird das Nadelventil daher mit einer unerwünschten höheren Ge-

schwindigkeit angehoben, wenn es erforderlich ist, eine kleine Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen. Falls die Größe der Öffnungen bzw. Drosseln so bestimmt ist, dass sie mit jener übereinstimmt, die zum Einspritzen einer kleinen Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine erforderlich ist, dann wird das Nadelventil andererseits in einer unerwünschten geringeren Geschwindigkeit angehoben, wenn es erforderlich ist, eine große Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen.

**[0005]** WO 01/23754 A1 offenbart eine gattungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit einem Nadelventil mit einem Ventilkörper, einer Steuerkammer, in der ein erster Druck aufgebaut wird, der auf eine erste Druckwirkfläche des Nadelventils in einer Ventilschließrichtung aufgebracht wird, und einer Nadelventilkammer, die einen zweiten Druck auf eine zweite Druckwirkfläche des Nadelventils (1) in einer Ventilöffnungsrichtung aufbringt.

**[0006]** US 5 156 132 A offenbart eine ähnliche Kraftstoffeinspritzvorrichtung.

## Aufgabenstellung

**[0007]** Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, einen verbesserten Aufbau einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung vorzusehen, die zum Anheben eines Nadelventils mit variabler Geschwindigkeit gestaltet ist, die eine Funktion einer gewünschten in eine Kraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmenge ist.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung wird aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie eines nicht zur Erfindung gehörenden Vergleichsbeispiels ersichtlich, die jedoch die Erfindung nicht auf die spezifischen Ausführungsbeispiele beschränken sollen, sondern nur dem Verständnis dienen.

## Ausführungsbeispiel

**[0010]** Zu den Zeichnungen:

**[0011]** Fig. 1 zeigt eine Längsschnittansicht eines Innenaufbaus einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0012]** Fig. 2(a), 2(b) und 2(c) zeigen ausschnittartige Schnittansichten einer Bewegungsfolge eines Nadelventils der Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß der Fig. 1;

**[0013]** Fig. 2(d) zeigt eine Zeitkarte einer Beziehung zwischen einer Änderung eines Hydraulikdrucks in einer Steuerkammer und Hubbeträgen eines Druckwirkflächenänderungsrings und eines zylindrischen Körpers des Nadelventils, die in den Fig. 2(a) bis 2(c) gezeigt sind;

**[0014]** Fig. 3 zeigt eine Längsschnittansicht eines Innenaufbaus einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß einem Vergleichsbeispiel, das nicht zur Erfindung gehört;

**[0015]** Fig. 4(a), 4(b) und 4(c) zeigen ausschnittartige Schnittansichten einer Bewegungsfolge eines Kolbens mit kleinem Durchmesser der Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß der Fig. 3; und

**[0016]** Fig. 4(d) zeigt eine Zeitkarte einer Beziehung zwischen einer Änderung eines Hydraulikdrucks in einer zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer und Hubbeträgen eines Aktuatorhubverstärkungsänderungsrings und eines zylindrischen Körpers des Kolbens mit kleinem Durchmesser, die in den Fig. 4(a) bis 4(c) gezeigt sind.

**[0017]** Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen werden eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß der Erfindung sowie ein nicht zur Erfindung gehörendes Vergleichsbeispiel erläutert, die zum Beispiel in einem Common-Rail-Einspritzsystem für Fahrzeug-Dieselmotoren verwendbar sind, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche Bauteile in mehreren Ansichten beziehen.

**[0018]** Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung hat einen ersten Körper B1, in dem ein piezoelektrischer Aktuator **51** angeordnet ist, einen zweiten Körper B2, in dem ein Steuerventil **3** vorgesehen ist, einen dritten Körper B3 und einen vierten Körper B4, in dem ein Nadelventil **1** angeordnet ist. Der erste, der zweite, der dritte und der vierte Körper B1, B2, B3 beziehungsweise B4 sind in der dargestellten Art und Weise einander benachbart angeordnet.

**[0019]** Der erste Körper B1 hat in seiner Seitenwand einen Hochdruckkraftstoffeinlass **101**, der zu einer Common-Rail (nicht gezeigt) führt. Der Hochdruckkraftstoffeinlass **101** ist durch einen Hochdruckkraftstoffpfad **102** mit einer Nadelventilkammer **4** verbunden. Der Hochdruckkraftstoffpfad **102** erstreckt sich vertikal, wie dies in der Zeichnung dargestellt ist, durch den ersten, den zweiten und den dritten Körper B1, B2 und B3. Die Nadelventilkammer **4** ist innerhalb des vierten Körpers B4 ausgebildet. Ein Niederdruckkraftstoffpfad **104** ist in dem ersten Körper B1 ausgebildet, der zu einem Kraftstoffbehälter (nicht gezeigt) durch einen Niederdruckkraftstoffauslass **103** führt, der in der Seitenwand des ersten Körpers B1 ausgebildet ist. Der erste, der zweite, der dritte und der vierte Körper B1, B2, B3 und B4 sind inner-

halb einer hohlen zylindrischen Halterung **5** angeordnet und flüssigdicht aneinander gefügt.

**[0020]** In dem ersten Körper B1 ist eine zylindrische Kammer ausgebildet, in der der piezoelektrische Aktuator **51** und ein Kolben **52** mit großem Durchmesser angeordnet sind. Der Kolben **52** mit großem Durchmesser ist gemäß der Zeichnung an ein unteres Ende des piezoelektrischen Aktuators **51** gefügt und wird durch eine Scheibenfeder **531** in einen bleibenden Eingriff mit dem piezoelektrischen Aktuator **51** elastisch gedrückt, so dass der Kolben **52** mit großem Durchmesser durch eine Ausdehnung oder durch ein Zusammenziehen (das heißt ein Hub) des piezoelektrischen Aktuators **51** bewegt wird, der durch Aufbringen einer elektrischen Spannung erregt wird. Die Scheibenfeder **531** ist innerhalb einer Aktuatorhubverstärkungskammer **53** angeordnet, die unterhalb des Kolbens **52** mit großem Durchmesser definiert ist. Die Aktuatorhubverstärkungskammer **53** ist an einer Fügestelle des ersten und des zweiten Körpers B1 und B2 ausgebildet und dient zum Umwandeln des Hubs des Kolbens **52** mit großem Durchmesser zu einem Hydraulikdruck, und sie bringt diesen auf den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser auf, der innerhalb des zweiten Körpers B2 angeordnet ist, um den Hub des Kolbens **52** mit großem Durchmesser durch den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser zu verstärken und abzugeben. Der Verstärkungsgrad des Hubs des Kolbens **52** mit großem Durchmesser (das heißt ein Verstärkungsfaktor, der das Verhältnis des Hubs des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zu dem Hub des Kolbens **52** mit großem Durchmesser ist) ist eine Funktion einer Differenz zwischen Druckwirkflächen (mit Druck beaufschlagten Flächen) des Kolbens **52** mit großem Durchmesser und des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser, an denen der Kraftstoffdruck in der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** wirkt. An einer Außenumfangswand des Kolbens **52** mit großem Durchmesser ist ein ringartiger Auslasspfad **522** ausgebildet, durch den der aus der Aktuatorhubverstärkungskammer **531** austretende Kraftstoff zu dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** ausgelassen wird. Ein O-Ring **521** ist in der in der Außenumfangswand des Kolbens **52** mit großem Durchmesser ausgebildeten ringartigen Nut angeordnet, um so eine flüssigdichte Abdichtung einzurichten.

**[0021]** Die Aktuatorhubverstärkungskammer **53** ist durch ein Rückschlagventil **71** und einen Zwischendruckpfad **72** mit einer Zwischendruckkammer **7** in Verbindung, die an einem unteren Ende des zweiten Körpers B2 definiert ist. Die Zwischendruckkammer **7** führt zu der Nadeldruckkammer **4** durch einen Zwischenraum um einen Zwischendruckeinlassstift **73** und außerdem zu dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** durch einen Zwischenraum um einen Zwischendruckauslassstift **74**. Der Hydraulikdruck innerhalb der Zwischendruckkammer **7** ist auf ein gewünschtes

Niveau zwischen den Drücken in dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** und der Nadelventilkammer **4** einstellbar, indem die Zwischenräume um den Zwischendruckeinlassstift **73** und den Zwischendruckauslassstift **74** abgewandelt werden. Wenn der Hydraulikdruck in der Aktuatorhubverstärkungskammer **43** aufgrund des Kraftstofflecks abfällt, dann wird das Rückschlagventil **71** geöffnet, so dass der Kraftstoff in der Zwischendruckkammer **7** in die Aktuatorhubverstärkungskammer **53** strömt, wodurch der Druck in der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** konstant gehalten wird.

**[0022]** Das Steuerventil **3** besteht aus einer Ventilkammer **31**, einer Ventilkugel **32** und einem Niederdruckanschluss **33**. Die Ventilkammer **31** ist in dem unteren Ende des zweiten Körpers B2 ausgebildet. Die Ventilkugel **32** wird durch den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser bewegt oder angehoben, um den Niederdruckanschluss **33** wahlweise zu öffnen und zu schließen. Der Niederdruckanschluss **33** führt zu einer Auslassdruckkammer **541**, die um einen abgechrägten Kopf des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser definiert ist. Der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser hat eine Spitze, die sich in den Niederdruckanschluss **33** erstreckt und an der Ventilkugel **32** anliegt, wie dies klar aus der Zeichnung ersichtlich ist. Wenn die Ventilkugel **32** den Niederdruckanschluss **33** öffnet, dann strömt der Hydraulikdruck in der Ventilkammer **31** in den Niederdruckkraftstoffpfad **104** durch die Auslassdruckkammer **541** und einen Auslasspfad **542**.

**[0023]** Die Ventilkammer **31** ist jederzeit mit einer in einem oberen Ende des vierten Körpers B4 ausgebildeten Steuerkammer **2** durch eine Auslassdrossel **22** und einen Drosselpfad **21** in Verbindung, die in dem dritten Körper B3 ausgebildet sind. Die Auslassdrossel **22** mündet in die Ventilkammer **31**. Die Steuerkammer **2** ist innerhalb der Nadelventilkammer **4** des vierten Körpers B4 definiert und dient zum Aufbringen des Hydraulikdrucks auf das Nadelventil **1** in nach unten gerichteter Richtung gemäß der Zeichnung (das heißt in eine Ventilschließrichtung). Das Nadelventil **1** ist mit seiner oberen Hälfte innerhalb der Nadelventilkammer **4** und mit seiner unteren Hälfte innerhalb einer Gleitkammer **41** angeordnet, die zu der Nadelventilkammer **4** führt. Die Gleitkammer **41** ist mit einer Vielzahl Zerstäubungslöcher **42** in Verbindung, die in einem Einspritzkopf ausgebildet sind.

**[0024]** Das Nadelventil **1** hat einen oberen Endabschnitt, der gleitbar innerhalb einer hohlen zylindrischen Nadelventilführung **6** flüssigdicht angeordnet ist. Zwischen der oberen Fläche der Nadelventilführung **6** und der unteren Fläche des dritten Körpers B3 ist ein selbstausrichtender Ring **61** gehalten. Eine erste Schraubenfeder **63** ist zwischen einem Federsitz **62**, der an einem mittleren Abschnitt des Nadelventils **1** gesichert ist, und dem unteren Ende der Na-

delventilführung **6** angeordnet, um die Nadelventilführung **6** und das Nadelventil **1** in entgegengesetzten Richtungen zu drücken. Der selbstausrichtende Ring **61** hat eine ebene Endwand, die in direktem Kontakt mit dem unteren Ende des dritten Körpers B3 ist, und eine sphärische Wand, die in direktem Kontakt mit einer konischen oberen Wand der Nadelventilführung **6** ist. Die lotrechte Stellung des Nadelventils **1** zu dem unteren Ende des dritten Körpers B3 ist somit durch eine horizontale Bewegung des selbstausrichtenden Rings **61** und eine Drehbewegung der Nadelventilführung **6** gehalten. Die erste Schraubenfeder **63** dient außerdem zum Einrichten von flüssigdichten Abdichtungen zwischen dem selbstausrichtenden Ring **61** und der Nadelventilführung **6** sowie zwischen dem selbstausrichtenden Ring **61** und dem dritten Körper B3.

**[0025]** Das Nadelventil **1** hat einen zylindrischen Körper **11** (das heißt einen Ventilkörper) und einen Druckwirkflächenänderungsring **12**, der gleitbar an einem oberen Abschnitt des Körpers **11** angeordnet ist, welcher gemäß der folgenden detaillierten Beschreibung als eine Nadelventilhubgeschwindigkeitsversetzungseinrichtung dient. Der Druckwirkflächenänderungsring **12** ist durch einen Kontakt seines Außenumfangs mit einem Innenumfang der Nadelventilführung **6** gleitbar. Der zylindrische Körper **11** hat einen Flansch **13**, gegen den der Druckwirkflächenänderungsring **12** durch eine zweite Schraubenfeder **64** gedrückt wird, die zwischen einem unteren Ende des Druckwirkflächenänderungsring **12** und dem Federsitz **62** angeordnet ist.

**[0026]** Die zweite Schraubenfeder **64** dient zum Aufrechterhalten eines direkten Eingriffs des Druckwirkflächenänderungsring **12** mit dem zylindrischen Körper **11**, um so einen Verlust der Hubbewegung des zylindrischen Körpers **11** zu reduzieren, sie kann jedoch bei diesen Ausführungsbeispiel weggelassen werden. Die Nadelventilführung **6** kann an ihrer unteren Kante mit einem Flansch ausgebildet sein, der nach innen vorsteht, um so als ein Stopper zum Vermeiden einer Abwärtsbewegung des Druckwirkflächenänderungsring **12** zu dienen.

**[0027]** Die untere Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** ist in einem Abstand L von dem oberen Ende des Druckwirkflächenänderungsring **12** angeordnet und dient als ein Stopper zum Definieren eines zulässigen Bereiches einer Aufwärtsbewegung des Druckwirkflächenänderungsring **12**. Insbesondere wird der zylindrische Körper **11** des Nadelventils **1**, zusammen mit dem Druckwirkflächenänderungsring **12** innerhalb eines Bereiches des Abstands L angehoben. Nach einem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsring **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** wird nur der zylindrische Körper **11** des Nadelventils **1** angehoben. Die Hubgeschwindigkeit des Nadelventils **1** ändert

sich daher bei dem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61**. Dieser Vorgang wird später genauer beschrieben.

**[0028]** Die Steuerkammer **2** ist durch eine Endwand des Nadelventils **1** und durch Innenwände der Nadelventilführung **6** und den selbstausrichtenden Ring **61** definiert. In dem dritten Körper **B3** sind eine Einlassdrossel **24** und ein Hochdruckkraftstoffpfad **23** ausgebildet. Die Steuerkammer **2** ist mit dem Hochdruckkraftstoffpfad **102** durch die Einlassdrossel **24** und den Kraftstoffpfad **23** in Verbindung. Der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** ändert sein Niveau beim Öffnen oder Schließen des Steuerventils **3**. Insbesondere wenn der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** so abfällt, dass sich das Nadelventil **1** anhebt, dann sind die Zerstäubungslöcher **42** mit der Nadelventilkammer **4** durch einen Zwischenraum um das Nadelventil **1** in Verbindung, wodurch der Kraftstoff aus den Zerstäubungslöchern **42** zerstäubt wird.

**[0029]** Ein Betrieb der Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die **Fig. 2(a)** bis **2(d)** beschrieben. Die **Fig. 2(d)** zeigt eine Beziehung zwischen einer Änderung eines Hydraulikdrucks innerhalb der Steuerkammer **2**, der durch eine Betätigung des piezoelektrischen Aktuators **51** bewirkt wird, und Hubbeträgen des zylindrischen Körpers **11** und des Druckwirkflächenänderungsringes **12** des Nadelventils **1**. Die **Fig. 2(a)**, **2(b)** und **2(c)** zeigen eine Bewegungsfolge des zylindrischen Körpers **11** und des Druckwirkflächenänderungsringes **12** in Zeiträumen **ta**, **tb** und **tc**.

**[0030]** Wenn der piezoelektrische Aktuator **51** im AUS-Zustand ist, dann schließt die Ventilkugel **32** des Steuerventils den Niederdruckanschluss **33** weiter, so dass die Ventilkammer **31** und die Steuerkammer **2** auf einen angehobenen Druck des von dem Hochdruckkraftstoffpfad **102** zugeführten Kraftstoffes gehalten werden, der nachfolgend auch als ein Zuführungsdruck bezeichnet wird. Die Summe des Hydraulikdrucks in der Steuerkammer **2** und des Federdrucks der Feder **63**, die größer ist als der Hydraulikdruck in der Nadelventilkammer **4** in nach oben gerichteter Richtung bei Betrachtung der **Fig. 1**, wirkt somit weiterhin auf das Nadelventil **1** in nach unten gerichteter Richtung, wodurch die Zerstäubungslöcher **42** geschlossen werden.

**[0031]** Bei Aufbringung eines gegebenen Niveaus einer elektrischen Antriebsspannung auf den piezoelektrischen Aktuator **51** zum Zeitpunkt **1** gemäß der **Fig. 2(d)** dehnt sich der piezoelektrische Aktuator **51** aus, so dass sich der Kolben **52** mit großem Durchmesser nach unten bewegt, wodurch der Hydraulikdruck in der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** ansteigt. Dies bewirkt eine Bewegung des Kolbens **54**

mit kleinem Durchmesser und der Ventilkugel **32** nach unten, so dass der Niederdruckanschluss **33** geöffnet wird, wodurch die Fluidverbindung zwischen der Ventilkammer **31** und der Auslassdruckkammer **541** eingerichtet wird, die zu dem Niederdruckpfad **104** führt. Dies führt zu einem Abfall des Hydraulikdrucks in der Steuerkammer **2**. Wenn der Druck, der das Nadelventil **1** nach oben drückt, jenen Druck übersteigt, der das Nadelventil **1** nach unten drückt, wird der zylindrische Körper **11** des Nadelventils **1** zusammen mit dem Druckwirkflächenänderungsring **12** zum Zeitpunkt **t2** gemäß der **Fig. 2(d)** angehoben.

**[0032]** Das Anheben des Nadelventils **1** bewirkt einen erneuten Anstieg des Hydraulikdrucks in der Steuerkammer **2**. Wenn die Geschwindigkeit des Hubs des Nadelventils **1** zu dem Zeitpunkt **t3** konstant wird, und zwar wenn die Durchsatzrate des in die Steuerkammer **2** eintretenden Kraftstoffes mit der Durchsatzrate des aus der Steuerkammer **2** austretenden Kraftstoffes im Gleichgewicht ist, dann wird der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** bis zu dem Zeitpunkt **t4** auf ein konstantes Niveau gehalten, das niedriger ist als der Zuführungsdruck. Insbesondere in dem Zeitraum **ta** zwischen **t3** und **t4** bewegen sich der zylindrische Körper **11** und der Druckwirkflächenänderungsring **12** des Nadelventils **1** zusammen nach oben, wie dies in der **Fig. 2(a)** gezeigt ist. Das Nadelventil **1** wird somit mit einer kleineren Geschwindigkeit in der Ventilöffnungsrichtung angehoben, in der das Nadelventil **1** die Zerstäubungslöcher **42** öffnet.

**[0033]** Wenn sich das Nadelventil **1** um den Abstand **L** nach oben bewegt und, wie dies in der **Fig. 2(b)** gezeigt ist, der Druckwirkflächenänderungsring **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** zum Zeitpunkt **t4** zusammenstößt, dann stoppt das Nadelventil **1**. Das Nadelventil **1** wird daraufhin für eine Weile davon abgehalten, dass es sich anhebt. Dies ist dadurch begründet, dass nach dem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** die gesamte Druckwirkfläche des Nadelventils **1**, an dem der in der Nadelventilkammer **4** erzeugte Druck wirkt, durch die Fläche des unteren Endes des Druckwirkflächenänderungsringes **12** verringert ist, woraus eine Verringerung der Kraft resultiert, die das Nadelventil **1** nach oben drückt. Der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** beginnt sich somit erneut zu verringern. Bei dem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** wird die Fläche des oberen Endes des Druckwirkflächenänderungsringes **12**, an dem der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** wirkt, durch eine Kontaktfläche der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** verringert, so dass die gesamte Fläche des Nadelventils **1**, an der der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** wirkt, ver-

ringert ist.

**[0034]** Wenn sich der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** weiter verringert und ein vorgegebenes unteres Niveau in dem Zeitpunkt  $t_5$  erreicht, dann ist der nach unten gerichtete Druck, der auf den zylindrischen Körper **11** des Nadelventils **11** wirkt, kleiner als der nach oben gerichtete Druck, und nur der zylindrische Körper **11** des Nadelventils beginnt sich anzuheben. Insbesondere ist die gesamte Fläche des zylindrischen Körpers **11** und des Druckwirkflächenänderungsringes **12**, an der der Hydraulikdruck innerhalb der Steuerkammer **2** nach dem Zeitpunkt  $t_4$  ausgeübt wird, kleiner als jener vor dem Zeitpunkt  $t_4$ . Die Durchsatzrate des aus der Steuerkammer **2** ausgelassenen Kraftstoffes ist gemäß der Beschreibung konstant. Daher wird das Nadelventil **1** in dem Zeitraum  $t_c$  gemäß der Fig. 2(c) mit einer Geschwindigkeit angehoben, die größer ist als vor dem Zeitpunkt  $t_4$ . Der Hydraulikdruck innerhalb der Steuerkammer **2** wird auf ein Niveau gehalten, das niedriger ist als in dem Zeitraum  $t_a$ . Wenn der zylindrische Körper **11** des Nadelventils **1** an dem unteren Ende des dritten Körpers **B3** anliegt, dann wird das Anheben des Nadelventils **1** gestoppt, so dass der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** eine erneute Verringerung nach dem Zeitpunkt  $t_6$  beginnt.

**[0035]** Wie dies aus der vorstehenden Beschreibung offensichtlich ist, ist die gesamte Druckwirkfläche des Nadelventils **1**, an der der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** wirkt, die Summe der Flächeninhalte der oberen Enden des zylindrischen Körpers **11** und des Druckwirkflächenänderungsringes **12** des Nadelventils **1**, wenn es erforderlich ist, eine kleine Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen, und zwar während eines Zeitintervalls (das heißt der Zeitraum  $t_a$ ) zwischen einem Zeitpunkt, wenn der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** auf das erste untere Niveau nach der Erregung des piezoelektrischen Aktuators **51** abfällt, und dem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61**, so dass das Nadelventil **1** mit der niedrigeren Geschwindigkeit angehoben wird. Wenn es erforderlich ist, eine große Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen, und zwar während eines Zeitintervalls (das heißt der Zeitraum  $t_c$ ) zwischen einem Zeitpunkt, wenn der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** auf das zweite untere Niveau nach dem Zusammenstoß des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** abfällt, und dem Zusammenstoß des zylindrischen Körpers **11** mit dem unteren Ende des dritten Körpers **B3**, dann ist die gesamte Druckwirkfläche des Nadelventils **1**, an der der Hydraulikdruck in der Steuerkammer **2** wirkt, durch den Flächeninhalt der Kontaktfläche des Druckwirkflächenänderungsringes **12** mit der unteren Fläche **65** des selbstausrichtenden Rings **61** verringert, so dass das Nadelventil **1** mit der

höheren Geschwindigkeit angehoben wird. Insbesondere dient die Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel zum Bewegen des Nadelventils **1** mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, ohne dass eine Änderung der Größe der Öffnungen bzw. Drosseln **24** und **22** erforderlich ist.

**[0036]** Die Fig. 3 zeigt eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß einem nicht zur Erfindung gehörenden Vergleichsbeispiel als eine Bauart, bei der der Hydraulikdruck in der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** direkt zum Bewegen des Nadelventils **1** ohne Verwendung des Steuerventils **3** dient. Für dieselben Bauteile werden dieselben Bezugszeichen des Ausführungsbeispiels verwendet, und deren detaillierte Erläuterung wird hierbei weggelassen.

**[0037]** Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß diesem Vergleichsbeispiel hat einen Ausgleichskolben **8**, der innerhalb des zweiten Körpers **B2** angeordnet ist, wobei der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser innerhalb des dritten Körpers **B3** angeordnet ist und das Nadelventil **1** innerhalb des vierten und des fünften Körpers **B5** und **B4** angeordnet ist.

**[0038]** Das Nadelventil **1** ist innerhalb des fünften Körpers **B5** verschiebbar gehalten und hat ein oberes Ende, das sich in eine Federkammer **95** erstreckt, die in dem vierten Körper **B4** ausgebildet ist. Die Federkammer **95** ist mit dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** in Verbindung. Die Feder **63** ist zwischen dem Federsitz **62**, der an dem oberen Ende des Nadelventils **1** gesichert ist, und einer oberen Wand der Federkammer **95** (das heißt dem Boden des dritten Körpers **B3**) angeordnet, um das Nadelventil **1** nach unten zu drücken. Der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser hat eine Spitze oder ein unteres Ende, das sich in die Federkammer **95** erstreckt und an dem Federsitz **62** anliegt. Ein Kraftstoffschacht **43** ist um das Nadelventil **1** angeordnet, der zu dem Hochdruckkraftstoffpfad **102** führt.

**[0039]** Gemäß der vorstehenden Beschreibung ist der Ausgleichskolben **8** innerhalb des zweiten Körpers **B2** über dem Kolben **54** mit kleinem Durchmesser angeordnet. Der Ausgleichskolben **8** hat einen gewölbten Kopf, der mit dem oberen Ende des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser in Kontakt ist. Eine Ausgleichsdruckkammer **81** ist über einem oberen Ende des Ausgleichskolbens **8** definiert und mit dem Hochdruckkraftstoffpfad **102** durch einen Ausgleichsdruckeinlasspfad **82** in Verbindung. Der in den Hochdruckkraftstoffeinlass **101** zugeführte Kraftstoffdruck oder der Zuführungsdruck tritt in die Ausgleichsdruckkammer **81** durch den Ausgleichsdruckeinlasspfad **82** ein und wirkt auf den Ausgleichskolben **8**, um das Nadelventil **1** durch den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser nach unten zu drücken. Der Durchmesser des Ausgleichskolbens **8** ist vorzugsweise gleich wie oder geringfügig größer als ein Durchmes-

ser eines Abschnitts des Nadelventils **1**, der entlang einer Innenwand des fünften Körpers B5 gleitet, so dass der auf das obere Ende des Ausgleichskolbens nach unten wirkende Druck mit dem auf das Nadelventil **1** nach oben wirkenden Druck im Gleichgewicht sein kann, wenn die Zerstäubungslöcher **42** geöffnet sind.

**[0040]** Die Aktuatorhubverstärkungskammer **53** ist durch das Rückschlagventil **71** und den Zwischendruckpfad **72** mit der Zwischendruckkammer **7** in Verbindung, die zwischen einem unteren Ende des zweiten Körpers B2 und einem oberen Ende des dritten Körpers B3 definiert ist. Der Kraftstoff innerhalb der Ausgleichsdruckkammer **82** strömt in die Zwischendruckkammer **7** durch einen Zwischenraum um den Ausgleichskolben **8** und wandert zu dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** durch einen Zwischenraum um den Zwischendruckauslassstift **74**. Der Hydraulikdruck innerhalb der Zwischendruckkammer **7** ist auf ein gewünschtes Niveau zwischen den Drücken in der Ausgleichsdruckkammer **81** und dem Niederdruckkraftstoffpfad **104** einstellbar, indem die Zwischenräume um den Ausgleichskolben **8** und dem Zwischendruckauslassstift **74** abgewandelt werden.

**[0041]** Der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser besteht aus einem zylindrischen Körper **54a** (das heißt ein Kolbenkörper) und aus einem Hubverstärkungsänderungsring **54b**, der gleitbar an einem Abschnitt **54c** mit großem Durchmesser gepasst ist. Der Hubverstärkungsänderungsring **54b** dient ähnlich wie der Druckwirkflächenänderungsring **12** des Ausführungsbeispiels als eine Nadelventilhubgeschwindigkeitsänderungseinrichtung. Eine zweite Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ist unter dem Hubverstärkungsänderungsring **54b** definiert, die mit der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** durch einen Kraftstoffpfad **55** in Verbindung ist, der sich durch den zweiten und den dritten Körper B2 und B3 erstreckt. Der Kraftstoff, dessen Druck auf das vorgegebene Zwischenniveau in der Zwischendruckkammer **7** eingestellt ist, strömt somit in die zweite Aktuatorhubverstärkungskammer **56** durch das Rückschlagventil **71** und die Aktuatorhubverstärkungskammer **53**, um einen Hydraulikdruck zu erzeugen, der den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser nach oben drückt. Ein Flansch **54d** ist an einer unteren Kante des Hubverstärkungsänderungsring **54b** ausgebildet und erstreckt sich nach innen, um so mit einem unteren Absatz des Abschnitts **54c** mit großem Durchmesser in Eingriff zu gelangen. Eine Scheibenfeder **561** ist an dem Boden der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** angeordnet, um den Hubverstärkungsänderungsring **54b** nach oben zu drücken.

**[0042]** Eine Erhöhung des Drucks innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** bewirkt eine Anhebung des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser, um das Nadelventil **1** nach oben anzuheben.

Das obere Ende des Hubverstärkungsänderungsring **54b** ist in einem vorgegebenen Abstand L von einer ringartigen Fläche **83** beabstandet, die an dem unteren Ende des zweiten Körpers B2 definiert ist und als ein Stopper dient. Daher werden der zylindrische Körper **54a** und der Hubverstärkungsänderungsring **54b** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zusammen innerhalb des Abstands L angehoben. Nachdem der Hubverstärkungsänderungsring **54b** mit der Stopperfläche **83** zusammengestoßen ist, wird nur der zylindrische Körper **54a** angehoben, was zu einer Erhöhung des Verstärkungsfaktors führt, der das Verhältnis des Hubs des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zu dem Hub des Kolbens **52** mit großem Durchmesser des piezoelektrischen Aktuators **51** ist, um auf diese Weise ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel die Hubgeschwindigkeit des Nadelventils **1** zu erhöhen.

**[0043]** Ein Betrieb der Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß dem Vergleichsbeispiel wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 4(a) bis 4(d) beschrieben. Die Fig. 4(d) zeigt eine Beziehung zwischen einer Änderung des Hydraulikdrucks innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56**, der durch eine Betätigung des piezoelektrischen Aktuators **51** hervorgerufen wird, und Hubbeträgen des zylindrischen Körpers **54a** und des Hubverstärkungsänderungsring **54b** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser. Die Fig. 4(a), 4(b) und 4(d) zeigen eine Bewegungsfolge des zylindrischen Körpers **54a** und des Hubverstärkungsänderungsring **54b** des Kolbens mit kleinem Durchmesser in Zeiträumen  $t_a$ ,  $t_b$  und  $t_c$ .

**[0044]** Wenn der piezoelektrische Aktuator **51** im AUS-Zustand ist, dann wird der Druck der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** und der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** auf das vorgegebene Zwischenniveau gehalten, so dass die Summe der Hydraulikdrücke innerhalb der Zwischendruckkammer **7** und der Ausgleichsdruckkammer **81** sowie der Federdruck der Feder **63**, die das Nadelventil **1** nach unten drückt, größer als die Summe der Hydraulikdrücke innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** und dem Kraftstoffschacht **43**, die das Nadelventil **1** nach oben drückt, wodurch die Zerstäubungslöcher **11** geschlossen werden.

**[0045]** Bei Aufbringung eines vorgegebenen Niveaus einer elektrischen Antriebsspannung auf den piezoelektrischen Aktuator **51** zum Zeitpunkt **1** gemäß der Fig. 4(d) dehnt sich der piezoelektrische Aktuator **51** aus, so dass sich der Kolben **52** mit großem Durchmesser nach unten bewegt, wodurch die Hydraulikdrücke in der Aktuatorhubverstärkungskammer **53** und der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ansteigen. Wenn der Hydraulikdruck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ein gewisses höheres Niveau überschreitet, dann über-

steigt ein auf das Nadelventil **1** nach oben wirkender Druck einen nach unten wirkenden Druck, so dass das Anheben des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zum Zeitpunkt  $t_2$  beginnt. Nach dem Zeitpunkt  $t_2$  werden der zylindrische Körper **54a** und der Hubverstärkungsänderungsring **54b** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zusammen nach oben mit einer geringeren Geschwindigkeit angehoben. Der Hydraulikdruck innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** wird konstant gehalten. Das Nadelventil **1** wird somit nach oben mit der geringeren Geschwindigkeit angehoben.

**[0046]** Wenn sich der Hubverstärkungsänderungsring **54b** über den Abstand  $L$  nach oben bewegt und, wie dies in der **Fig. 4(b)** gezeigt ist, mit der Stopperfläche **83** des zweiten Körpers  $B_2$  zusammenstößt, dann stoppen der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser und das Nadelventil **1** zum Zeitpunkt  $t_3$ . Insbesondere wird bei dem Zusammenstoß des Hubverstärkungsänderungsring **54b** mit der Stopperfläche **83** die gesamte Druckwirkfläche des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser, an der der Druck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** wirkt, durch eine Fläche des unteren Endes des Hubverstärkungsänderungsring **54b** verringert, woraus eine Verringerung einer Kraft resultiert, die den Kolben **54** mit kleinem Durchmesser nach oben drückt. Dadurch wird der zylindrische Körper **54a** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser an einer mittleren Stelle gehalten, an der der Hubverstärkungsänderungsring **54b** an der Stopperfläche **83** in dem Zeitraum  $t_b$  anliegt.

**[0047]** Wenn der Hydraulikdruck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ansteigt und ein zweites höheres Niveau überschreitet, dann überschreitet der auf das Nadelventil **1** nach oben wirkende Druck einen nach unten wirkenden Druck zum Zeitpunkt  $t_4$ , so dass nur der zylindrische Körper **54a** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zusammen mit dem Nadelventil **1** nach oben angehoben wird. Insbesondere wird die gesamte Fläche des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser, auf die der Hydraulikdruck innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** nach dem Zeitpunkt  $t_3$  aufgebracht wird, kleiner als jene vor dem Zeitpunkt  $t_3$ . Daher wird der Kolben **54** mit kleinem Durchmesser in dem Zeitraum  $t_c$  gemäß der **Fig. 4(c)** mit einer Geschwindigkeit nach oben angehoben, die größer ist als vor dem Zeitpunkt  $t_3$ . Der Hydraulikdruck innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** wird auf ein höheres Niveau als in dem Zeitraum  $t_a$  gehalten.

**[0048]** Wenn der Ausgleichskolben **8**, der über dem zylindrischen Körper **54a** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser angeordnet ist, mit der oberen Wand der Ausgleichsdruckkammer **81** zusammenstößt, dann wird das Anheben des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser und des Nadelventils **1** gestoppt, so dass ein Anstieg des Hydraulikdrucks in der Aktuator-

hubverstärkungskammer **56** nach dem Zeitpunkt  $t_5$  erneut beginnt.

**[0049]** Wie dies aus der vorstehenden Beschreibung offensichtlich ist, werden sowohl der zylindrische Körper **54a** als auch der Hubverstärkungsänderungsring **54b** dem Hydraulikdruck innerhalb der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ausgesetzt und nach oben bewegt, wenn es erforderlich ist, eine kleine Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen, und zwar während eines Zeitintervalls (das heißt der Zeitraum  $t_a$ ) zwischen einem Zeitpunkt, wenn der Hydraulikdruck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** auf das erste höhere Niveau nach der Erregung des piezoelektrischen Aktuators **51** ansteigt, und dem Zusammenstoß des Hubverstärkungsänderungsring **54b** mit der Stopperfläche **83** des zweiten Körpers  $B_2$ , so dass das Nadelventil **1** mit der geringeren Geschwindigkeit angehoben wird. Wenn es erforderlich ist, eine große Kraftstoffmenge in die Kraftmaschine einzuspritzen, und zwar während eines Zeitintervalls (das heißt der Zeitraum  $t_c$ ) zwischen einem Zeitpunkt, wenn der Hydraulikdruck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** auf das zweite höhere Niveau nach dem Zusammenstoß des Hubverstärkungsänderungsring **54b** mit der Stopperfläche **83** des zweiten Körpers  $B_2$  ansteigt, und dem Zusammenstoß des Ausgleichskolbens **8** mit der oberen Wand der Ausgleichsdruckkammer **81**, dann wird nur der zylindrische Körper **54a** des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser dem Hydraulikdruck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** ausgesetzt und nach oben bewegt, so dass das Nadelventil **1** mit der höheren Geschwindigkeit angehoben wird. Insbesondere führt eine Verringerung der gesamten Druckwirkfläche des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser, auf die der Druck in der zweiten Aktuatorhubverstärkungskammer **56** wirkt, zu einer Erhöhung des Verstärkungsfaktors, der das Verhältnis des Hubs des Kolbens **54** mit kleinem Durchmesser zu dem Hub des Kolbens **52** mit großem Durchmesser des piezoelektrischen Aktuators **51** ist, so dass das Nadelventil mit der höheren Geschwindigkeit angehoben wird.

**[0050]** Während die vorliegende Erfindung zum besseren Verständnis hinsichtlich des bevorzugten Ausführungsbeispiels offenbart ist, sollte klar sein, dass die Erfindung auf verschiedene Weise ausgeführt werden kann, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen. Daher soll die Erfindung alle möglichen Ausführungsbeispiele und Abwandlungen von den gezeigten Ausführungsbeispielen enthalten, die ausgeführt werden können, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen, der in den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

**[0051]** Ein verbesserter Aufbau einer Kraftstoffein-spritzvorrichtung ist bei einem Common-Rail-System für Fahrzeug-Dieselmotoren verwendbar. Die

Kraftstoffeinspritzvorrichtung ist so gestaltet, dass sie ein Nadelventil mit variabler Geschwindigkeit als Funktion einer gewünschten Kraftstoffmenge bewegt, die in die Kraftmaschine einzuspritzen ist. Die variable Geschwindigkeit wird durch eine Hydraulikdruckwirkfläche (mit Hydraulikdruck beaufschlagte Fläche) eines Kolbens zum Beispiel des Nadelventils geändert, um die Geschwindigkeit des Hubs des Nadelventils zu steuern.

### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit:  
 einem Nadelventil (1) mit einem Ventilkörper (11);  
 einer Steuerkammer (2), in der ein erster Druck aufgebaut wird, der auf eine erste Druckwirkfläche des Nadelventils (1) in einer Ventilschließrichtung aufgebracht wird; und  
 einer Nadelventilkammer (4), die einen zweiten Druck auf eine zweite Druckwirkfläche des Nadelventils (1) in einer Ventilöffnungsrichtung aufbringt;  
 gekennzeichnet durch  
 einen Druckwirkflächenänderungsring (12), in dem der Ventilkörper (11) gleitbar angeordnet ist;  
 einem Stopper (65), an dem der Druckwirkflächenänderungsring (12) anschlägt, um einen ersten Flächeninhalt der ersten Druckwirkfläche des Nadelventils (1) zu einem zweiten Flächeninhalt zu ändern, der kleiner ist als der erste Flächeninhalt, um dadurch von einem ersten Hubgeschwindigkeitsbereich zu einem zweiten Hubgeschwindigkeitsbereich zu wechseln,  
 wobei in dem ersten Hubgeschwindigkeitsbereich der erste Druck in der Steuerkammer (2) auf den ersten Flächeninhalt der ersten Druckwirkfläche des Nadelventils (1) aufgebracht ist, um mittels einer Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck den Druckwirkflächenänderungsring (12) zusammen mit dem Ventilkörper (11) des Nadelventils (1) mit einer ersten Geschwindigkeit in der Ventilöffnungsrichtung von einer Anfangsposition zu einer mittleren Position anzuheben, an der der Druckwirkflächenänderungsring (12) an dem Stopper (65) anschlägt, und in dem zweiten Hubgeschwindigkeitsbereich der erste Druck in der Steuerkammer (2) auf den zweiten Flächeninhalt der ersten Druckwirkfläche des Nadelventils (1) aufgebracht ist, um nur den Ventilkörper (11) des Nadelventils (1) in der Ventilöffnungsrichtung von der mittleren Position zu einer vorgegebenen angehobenen Position mittels einer Differenz zwischen dem ersten und zweiten Druck mit einer zweiten Geschwindigkeit anzuheben, die größer ist als die erste Geschwindigkeit, und  
 der Ventilkörper (11) des Nadelventils (1) einen Absatz aufweist, welcher von dem Druckwirkflächenänderungsring (12) vorsteht, und wobei der Druckwirkflächenänderungsring (12) an dem Absatz des Ventilkörpers (11) des Nadelventils (1) anliegt, um sich zusammen mit dem Ventilkörper (11) in der Ventilöffnungsrichtung innerhalb des ersten Hubgeschwin-

digkeitsbereiches zu bewegen, und wobei er eine Bewegung des Ventilkörpers (11) des Nadelventils (1) von dem Druckwirkflächenänderungsring (12) weg in der Ventilöffnungsrichtung innerhalb des zweiten Hubgeschwindigkeitsbereiches zulässt.

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß Anspruch 1, die des weiteren ein Steuerventil (3), um den ersten Druck in der Steuerkammer (2) zu ändern, sowie einen zum Öffnen des Steuerventils (3) von einem Aktuator (51) hydraulisch bewegbaren Kolben (54) und eine Aktuatorhubverstärkungskammer (53) aufweist, um einen Hub des Aktuators (51) hydraulisch zu verstärken und diesen durch den Kolben (54) aufzubringen.

3. Kraftstoffeinspritzvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Absatz des Ventilkörpers (11) einen Abschnitt mit großem Durchmesser definiert.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

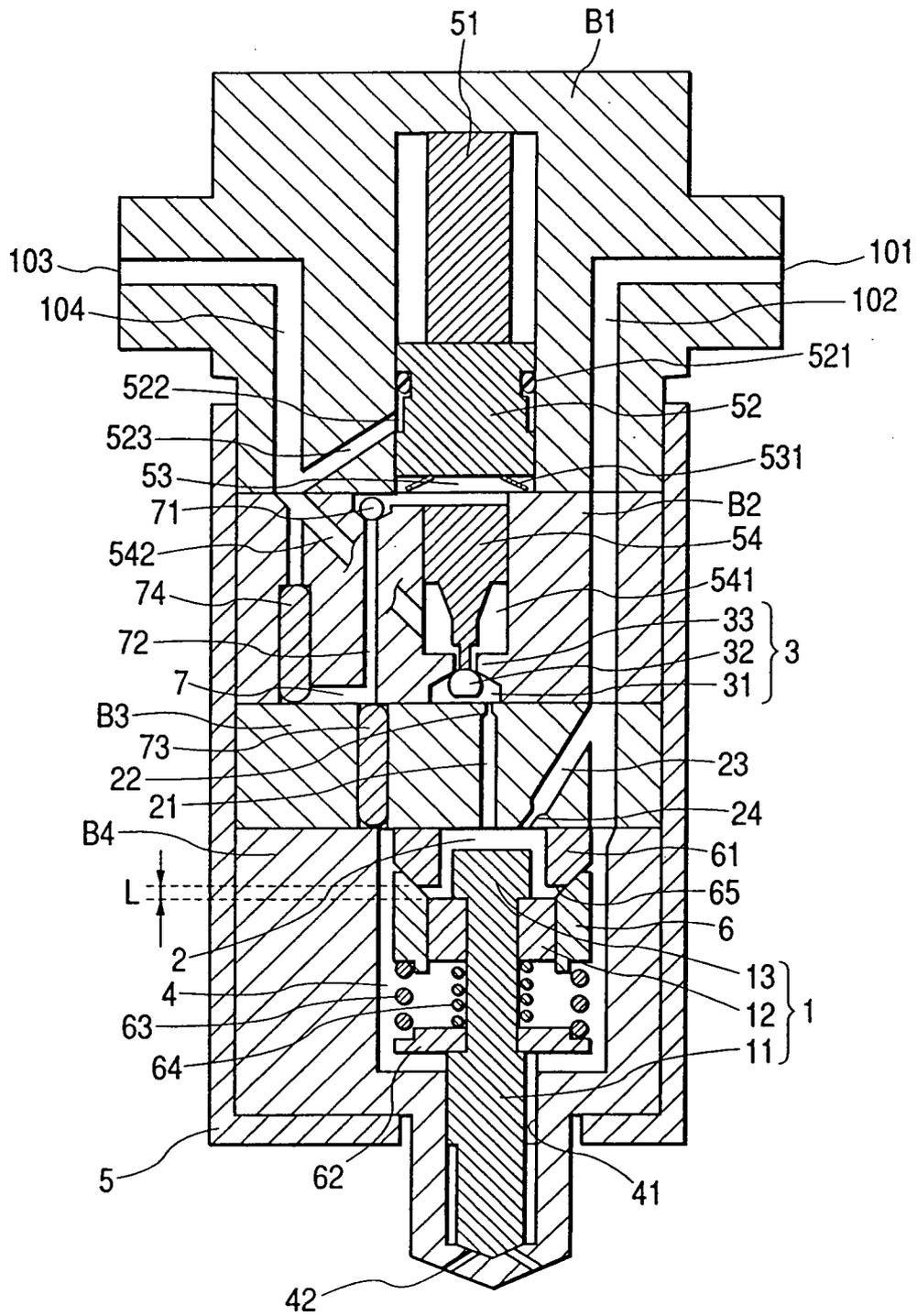


FIG. 2(a)

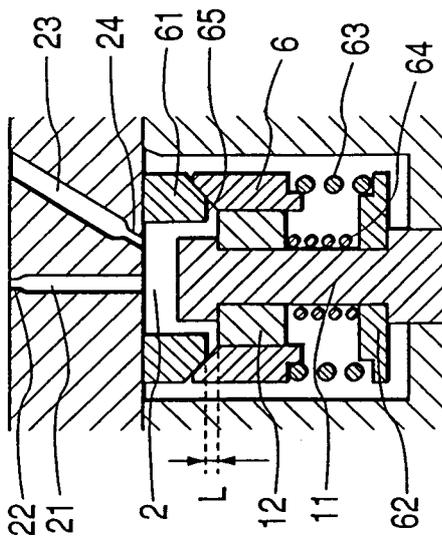


FIG. 2(b)

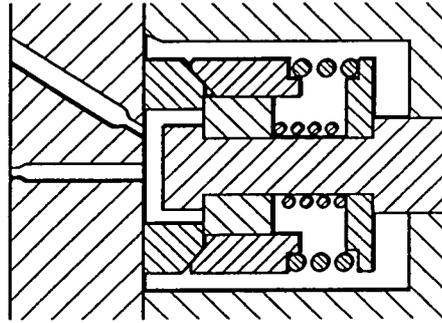


FIG. 2(c)

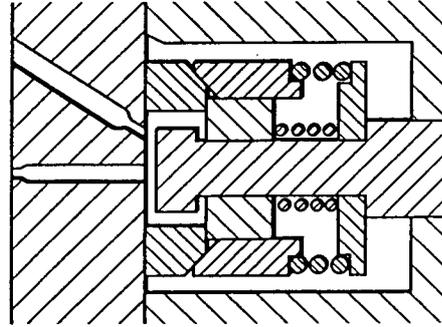


FIG. 2(d)

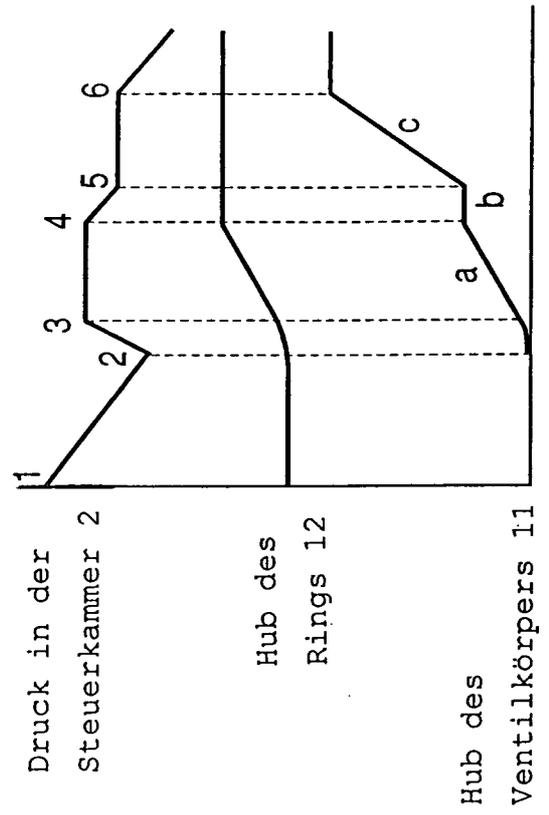


FIG. 3

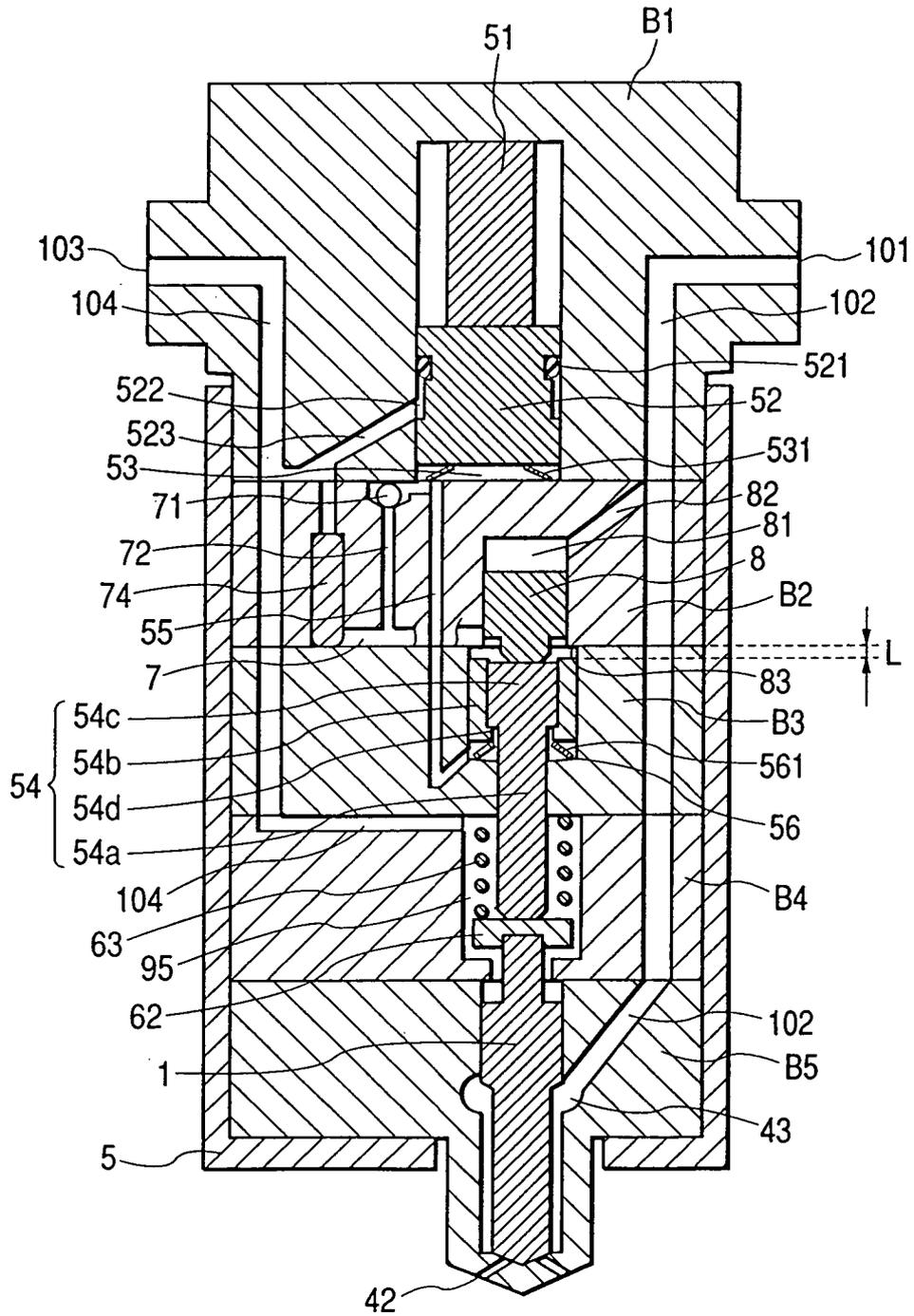


FIG. 4(a)

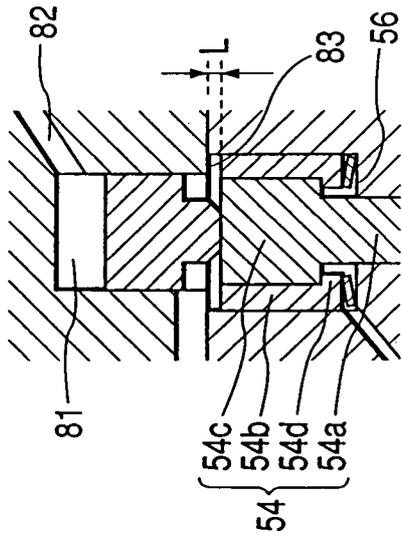


FIG. 4(b)

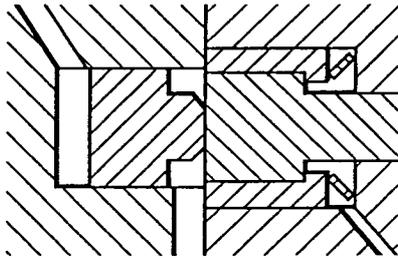


FIG. 4(c)

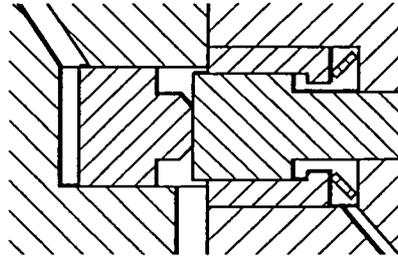


FIG. 4(d)

