



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 42 567 A1 2005.04.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 42 567.5

(22) Anmeldetag: 15.09.2003

(43) Offenlegungstag: 14.04.2005

(51) Int Cl.7: **F02M 45/08**
F02M 47/06

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Isenbruck Bösl Hörschler
Wichmann Huhn, 68165 Mannheim**

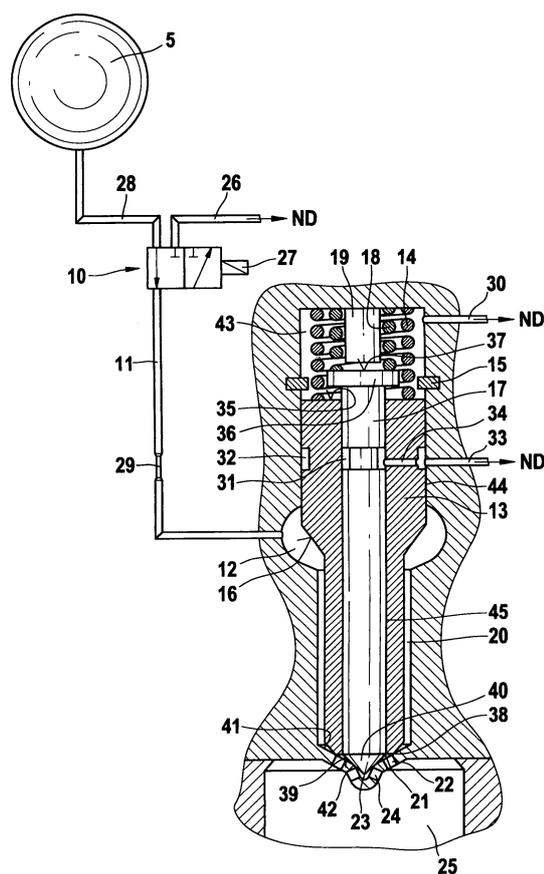
(72) Erfinder:

**Kurz, Michael, 70839 Gerlingen, DE; Eisenmenger,
Matthias, 71642 Ludwigsburg, DE; Brenk, Achim,
75236 Kämpfelbach, DE; Kropp, Martin, 71732
Tamm, DE; Kellner, Andreas, 71732 Tamm, DE;
Hammer, Juergen, 70734 Fellbach, DE; Tampe,
Reinhard, 71282 Hemmingen, DE; Bastian, Heike,
70563 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit einem von einem Hochdruckspeicher (5) versorgbaren Einspritzventil, welches ein erstes Düsennadelteil (13), welches mit ersten Einspritzöffnungen (22) zusammenwirkt, und ein zweites Düsennadelteil (17), welches mit zweiten Einspritzöffnungen (24) zusammenwirkt, umfasst. Das erste Düsennadelteil (13) und das zweite Düsennadelteil (17) sind unabhängig voneinander bewegbar, wobei das erste Düsennadelteil (13) von einem ersten Federelement (14) und das zweite Düsennadelteil (17) von einem zweiten Federelement (18) beaufschlagt werden. Zwischen dem Hochdruckspeicher (5) und dem Einspritzventil ist ein als 3/2-Wege-Ventil ausgebildetes Steuerventil (10) aufgenommen, welches während des Einspritzvorgangs einen Kraftstofffluss vom Hochdruckspeicher (5) in einen Druckraum (12) des Einspritzventils ermöglicht und eine Niederdruckleitung (26) zu einem Kraftstoffvorratsbehälter (1) verschließt und welches bei geschlossenen Einspritzöffnungen (22, 24) die Niederdruckleitung (26) vom Druckraum (12) zum Kraftstoffvorratsbehälter (1) öffnet und die Leitung (28) zum Hochdruckspeicher (5) verschließt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Zur Kraftstoffversorgung von Verbrennungskraftmaschinen werden heute druck- oder hubgesteuerte Einspritzsysteme eingesetzt. An diese Einspritzsysteme werden zunehmend höhere Anforderungen bezüglich der Ruß- und NO_x-Emissionen gestellt. Zudem wird eine immer höhere spezifische Leistung gewünscht. Insbesondere bei hubgesteuerten Einspritzsystemen entsteht zudem ein unerwünschtes höheres Geräusch als bei druckgesteuerten Einspritzsystemen.

Stand der Technik

[0002] In DE 102 29 417.8 wird ein druckgesteuertes Einspritzsystem mit Druckübersetzer und Koaxial-Variodüse beschrieben. Über eine Kraftstoffhochdruckquelle wird ein Kraftstoffinjektor mit Kraftstoff versorgt. Zwischen einem Einspritzventil und der Kraftstoffhochdruckquelle ist ein Druckverstärker angeordnet. Der Druckverstärker weist einen Übersetzerkolben auf, welcher einen an die Kraftstoffhochdruckquelle anschließbaren Druckraum von einem einen Düsenraum des Kraftstoffinjektors beaufschlagenden Hochdruckraum trennt. Das Einspritzventil des Kraftstoffinjektors umfasst eine Düsennadel, mit welchem einem Brennraum zuweisende Einspritzöffnungen freigebbar oder verschließbar sind. Die Düsennadel umfasst ein erstes Düsennadelteil und ein weiteres, zweites Düsennadelteil, die druckabhängig angesteuert, verschiedene Einspritzquerschnitte an einer Einspritzdüse freigeben bzw. verschließen.

[0003] DE 100 38 054 A1 hat eine nockenbetätigte Einspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit einer als Doppelnadeldüse ausgeführten Einspritzdüse zum Gegenstand. Durch die mit ersten Einspritzöffnungen zusammenwirkende erste Düsennadel und mit zweiten Einspritzöffnungen zusammenwirkende zweite Düsennadel sind unterschiedliche Einspritzquerschnitte für den Teillastbetrieb und den Vollastbetrieb realisierbar. Zumindest eine der beiden Düsennadeln weist einen an einen Druckraum grenzenden Steuerkolben auf. In den Druckraum mündet eine Druckleitung, wobei der Druck im Druckraum über ein Ventil steuerbar ist. Vom Druckraum aus erstreckt sich eine Entlastungsleitung, in welcher das Ventil angeordnet ist. Auf die mittels des Steuerkolbens in Schließrichtung betätigte Düsennadel wirkt eine Schließfeder ein. Die beiden Düsennadeln sind konzentrisch zueinander angeordnet, wobei die erste Düsennadel innerhalb der als Hohl-nadel ausgebildeten zweiten Düsennadel verschiebbar angeordnet ist.

[0004] Ein Kraftstoffeinspritzsystem für Brennkraftmaschinen mit einem Hochdrucksammelraum, in

dem Kraftstoff unter hohem Druck anliegt, mit wenigstens einem Kraftstoffeinspritzventil, das mit dem Hochdrucksammelraum verbunden ist, ist in DE 100 58 130 A1 beschrieben. Durch das Kraftstoffeinspritzventil kann der unter hohem Druck stehende Kraftstoff durch Einspritzöffnungen in einen Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt werden. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen Steuerraum auf, der durch einen längsverschiebbaren Kolben begrenzt wird und mit dem Kraftstoffeinspritzventil verbunden ist, so dass der Einspritzquerschnitt des Kraftstoffeinspritzventils abhängig vom hydraulischen Druck im Steuerraum gesteuert wird. Es ist ein Niederdrucksammelraum vorhanden, der mit dem Steuerraum verbindbar ist, wobei im Niederdrucksammelraum ein vorgegebener Kraftstoffdruck aufrechterhalten wird, der niedriger ist als der im Hochdrucksammelraum.

Darstellung der Erfindung

[0005] Bei den heute eingesetzten, hubgesteuerten Einspritzsystemen entsteht aufgrund ihres rechteckförmigen Einspritzverlaufs im Vergleich zu konventionellen druckgesteuerten Einspritzsystemen ohne Voreinspritzung ein höheres Geräusch. Um dies zu vermeiden, werden eine oder mehrere Voreinspritzungen erzeugt. Aus den Voreinspritzungen resultiert jedoch eine erhöhte Rußemission. Durch den Einsatz von druckgesteuerten Einspritzsystemen sind verbesserte Ruß- und NO_x-Emissionen zu erreichen. Eine Reduzierung der Emissionen bei den druckgesteuerten Einspritzsystemen bei gleichem Geräuschniveau wird im wesentlichen durch einen rampenförmigen Einspritzverlauf und eine am Ende des Einspritzvorgangs realisierbare Drucküberhöhung erreicht. Die mit dem druckgesteuerten Hochdruckeinspritzsystem realisierbare Drucküberhöhung lässt sich jedoch nicht für beliebig hohe Einspritzmengen nutzen. Aus diesem Grunde ist eine effiziente Einspritzung zum Erreichen hoher spezifischer Leistungen nicht mit der Forderung nach kleinen Einspritzöffnungen, die hinsichtlich der Emissionsentwicklung und der Geräuschreduzierung erforderlich sind, vereinbar.

[0006] Durch den Einsatz einer Variodüse lässt sich die Drucküberhöhung auch für höhere Einspritzmengen nutzen. Bei der Variodüse ist die Düsennadel in zumindest einen ersten Düsennadelteil und einen zweiten Düsennadelteil geteilt. Die Düsennadelteile lassen sich unabhängig voneinander bewegen, wodurch es möglich ist, dass die Düsennadelteile bei unterschiedlichem Druck öffnen. Hierdurch können im Teillastbereich der Verbrennungskraftmaschine kleine Einspritzöffnungen und im Vollastbereich der Verbrennungskraftmaschine zusätzliche Einspritzöffnungen und damit ein größerer Einspritzquerschnitt freigegeben werden. Variodüsen werden bei Pumpe-Düse-Systemen eingesetzt. Bei Einsatz der Vari-

odüse für Hochdruckspeichersysteme zeigt sich jedoch, dass aufgrund der ständig von Druck beaufschlagten Düse permanent Leckage in Richtung des Brennraums über die Führung der inneren Düsennadel auftritt. Diese Leckage führt zu hohen Kohlenwasserstoff-Emissionen und zu einer schleichenden Schmierölverdünnung.

[0007] Aufgrund der hohen Drücke und den damit verbundenen hohen Kräften werden derzeit bei druckgesteuerten Hochdruckspeichersystemen zur Steuerung 3/2-Wege-Ventile mit großem Ventilquerschnitt eingesetzt. Wegen der dynamischen Schaltkräfte kommen dabei magnetventilgesteuerte Servo-Ventile zum Einsatz. Da Magnetventile jedoch nur begrenzte minimale Schaltzeiten aufweisen, müssen die Servo-Kolben langsam abgestimmt werden, um der Forderung nach Kleinstmengenfähigkeit gerecht zu werden. Diese langsame Abstimmung hat jedoch den Nachteil einer größeren Anfälligkeit hinsichtlich der Fertigungstoleranzen und führt zu Mehrkosten in der Fertigung.

[0008] Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung lassen sich geringe Emissionen beim Einsatz einer druckgesteuerten Einspritzung erreichen. Dies wird dadurch erreicht, dass der Druckraum des Einspritzventils bei geschlossenen Einspritzöffnungen nur mit einem niedrigen Druck beaufschlagt oder drucklos gehalten wird. Der im geschlossenen Zustand des Einspritzventils drucklos gehaltene oder nur mit einem niedrigen Druck beaufschlagte Düsenraum führt auch zu einem geringeren Sitzverschleiß an der Düsennadel.

[0009] Der über einen Ringspalt mit einem Druckraum verbundene Düsenraum wird dadurch drucklos gehalten, dass die Kraftstoffzuleitung zum Druckraum über das 3/2-Wege-Ventil, welches als Steuerventil dient, mit dem unter Niederdruck stehenden oder drucklos gehaltenen Kraftstoffvorratsbehälter verbunden ist. Die Düsennadelteile der Düsennadel der Variodüse werden bei geschlossenem Einspritzventil durch Federelemente zum Verschließen der Einspritzöffnungen in Düsennadelsitze gedrückt. Dabei ist jedem Düsennadelteil ein eigenes Federelement zugeordnet. Die Federelemente werden vorzugsweise als Druckfedern ausgebildet und können für die einzelnen Düsennadelteile unterschiedliche Federkräfte aufweisen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, dass die Düsennadelteile bei unterschiedlichem Einspritzdruck öffnen.

[0010] Bei Umschaltung des 3/2-Wege-Ventils wird die Zuleitung zum Druckraum des Einspritzventils mit dem Hochdruckspeicher verbunden. Die zum Kraftstoffvorratsbehälter führende Niederdruckleitung wird dabei verschlossen. Aufgrund der Wellendynamik beim Einspritzvorgang tritt eine Drucküberhöhung auf. Diese Drucküberhöhung lässt sich bei der

Einspritzung nutzen. Bei Erreichen des Öffnungsdrucks des ersten Düsennadelteils öffnet zunächst das erste Düsennadelteil. Die aufgrund der Wellendynamik auftretende Drucküberhöhung führt dazu, dass bei weiter steigendem Druck das zweite Düsennadelteil öffnet. Die hierdurch zusätzlich geöffneten Einspritzöffnungen führen zu einem höheren Düsendurchfluss. Durch die zusätzlich geöffneten Einspritzöffnungen und den damit vergrößerten Einspritzquerschnitt wird bei gleicher Kraftstoffmenge die Einspritzdauer verkürzt. Diese kürzere Einspritzdauer führt dazu, dass im Vergleich zu druckgesteuerten Hochdruckspeichereinspritzsystemen mit einer konventionellen Düse die Drucküberhöhung auch für große Einspritzmengen genutzt werden kann.

[0011] Die Steuerung des Einspritzventils kann mit Hilfe eines Magnetventils oder bevorzugt mit Hilfe eines Piezo-Aktors erfolgen. Zur Minimierung der Größe des Piezo-Aktors wird vorzugsweise als Steuerventil ein statisch oder dynamisch druckausgeglichenes 3/2-Wege-Ventil eingesetzt. Dabei bedeutet statisch druckausgeglichen, dass zwischen dem Dichtsitz und der Ventilfehrung bzw. dem zweiten Dichtsitz keine Druckstufe existiert, so dass am Ventilkolben im geschlossenen und/oder geöffneten Zustand keine statischen Kräfte aufgrund einer Druckstufe wirken und somit das Ventil schnell bewegt werden kann. Bei einem dynamischen Druckausgleich werden durch strömungsmechanische Maßnahmen zusätzlich auch Strömungskräfte wie 3D-Effekte oder Strömungsumlenkungen ausgeglichen. Dynamisch druckausgeglichene Ventile haben das Potential, bei geringem Leistungsbedarf sehr schnell zu arbeiten. Ein zwischen dem Piezo-Aktor und dem Kolben des 3/2-Wege-Ventils angeordneter Kopplerraum dient zur Weg- bzw. Kraftübersetzung des Piezostacks. Gleichzeitig dient er auch zum Temperatenausgleich, da der Hub des Aktors in der Größenordnung der Temperatúrausdehnung liegt. Der Schließmechanismus des 3/2-Wege-Ventils kann zum Beispiel in Form eines Sitzes wie Kegelsitz oder Dichtsitz, in Form eines Schiebers oder in Form eines Flachsitzes ausgebildet sein. Mögliche Ausführungsvarianten sind dabei Sitz-Sitz-, Sitz-Flachsitz- oder Sitz-Schieber-Ventile oder auch jegliche weitere Kombinationen, welche dem Fachmann bekannt sind.

[0012] Die Befüllung des Kopplerraums des Piezo-Aktors erfolgt über eine Leckspalte am Koppler. Um hier fixierte Verhältnisse zu erhalten, wird durch eine Vorförderpumpe oder ein Druckhalteventil ein konstanter Druck im Niederdruckpfad gehalten. Der Niederdruckpfad umfasst auch den Druckraum und den die Federelemente zum Verschließen der Düsennadelteile aufnehmenden Federraum des Injektors, sowie den Zulaufraum und Ablaufraum des 3/2-Wege-Ventils und den Kopplerraum des Piezo-Aktors. Bei geschlossener Hochdruckleitung und damit gleichem Druck im Zulaufraum und Ablaufraum

des 3/2-Wege-Ventils und des Kopplerraums wird der Kolben des 3/2-Wege-Ventils durch eine Feder im ersten Sitz gehalten, so dass kein Kraftstoff vom Hochdruckspeicher in den Düsenraum gelangen kann. Gleichzeitig ist in dieser Position der Weg für den Kraftstoff aus dem Düsenraum in die Leckageleitung freigegeben.

[0013] Die Düsennadel des Injektors ist vorzugsweise so ausgebildet, dass das zweite Düsennadelteil im Inneren des ersten Düsennadelteils geführt wird. Um entlang der Führung der Düsennadelteile in Form von Leckage auftretenden Kraftstoff zusammen- und zurückzuführen, können die Düsennadelteile vorzugsweise mit umlaufenden Ringnuten versehen werden. Wenn durch den Druck im Injektor eine Führungsleckage entlang der Nadelführung eines Düsennadelteils der Düsennadel auftritt, kann durch ein lokales Druckhalteventil der Bereich des 3/2-Wege-Ventils und des Kopplerraums vom Federraum abgekoppelt oder entkoppelt werden. Um einen Kraftstoffabfluss zu ermöglichen, kann die Ringnut im inneren Düsennadelteil durch einen Kanal durch den äußeren Düsennadelteil der Ringnut des äußeren Düsennadelteils verbunden werden. Die Ringnut des äußeren Düsennadelteils kann dann über einen weiteren Kanal mit der Ablaufleitung zum Kraftstoffvorratsbehälter verbunden werden.

[0014] Um den Einspritzvorgang zu starten, wird mit Hilfe des Piezo-Aktors die Verbindung vom Hochdruckspeicher zum Druckraum des Einspritzventils geöffnet. Der Druck im Druckraum steigt an und durch die Einwirkung des erhöhten Druckes auf eine Druckstufe am ersten Düsennadelteil öffnet das erste Düsennadelteil die zugeordneten Einspritzöffnungen. Hierdurch beginnt der Einspritzvorgang. Um den Hub des ersten Düsennadelteils zu begrenzen, befindet sich vorzugsweise im Federraum ein Anschlag. Aufgrund der durch das Öffnen des Steuerventils auftretenden Wellendynamik und damit verbundenen Drucküberhöhung öffnet sich bei Erreichen des entsprechenden Druckes durch den Druck an der Druckstufe des zweiten Düsennadelteils das zweite Düsennadelteil. Auch hier wird der Hub vorzugsweise durch einen Anschlag im Federraum begrenzt. Das geöffnete zweite Düsennadelteil gibt weitere Einspritzöffnungen frei, wodurch die Menge des eingespritzten Kraftstoffes erhöht wird. Zur Beendigung des Einspritzvorgangs wird mit dem 3/2-Wege-Ventil die Verbindung vom Hochdruckspeicher zum Druckraum geschlossen und gleichzeitig die Verbindung vom Druckraum zur Niederdruckleitung und zum Kraftstoffvorratsbehälter freigegeben. Hierdurch sinkt der Druck im Druckraum wieder ab und die Düsennadel schließt.

[0015] Die Wellendynamik beim Einspritzvorgang führt jedoch insbesondere aufgrund der langen, dünnen Zulaufbohrung vom Ablaufraum des 3/2-We-

ge-Ventils in den Druckraum zu Druckschwingungen. Als Nachteil dieser Druckschwingungen zeigt sich, dass die zweite Düsennadel bei Erreichen des Düsenöffnungsdrucks nicht wie vorgesehen durch die erste Druckwelle geöffnet wird, sondern erst aufgrund einer späteren Druckwelle das Öffnen der zweiten Düsennadel ausgelöst wird. Im laufenden Betrieb der Verbrennungskraftmaschine führt dies zu starken Drehmomentschwankungen und damit zu einer ungleichmäßigen Leistungsabgabe der Verbrennungskraftmaschine. Um die Druckschwingungen zu reduzieren, wird entsprechend der erfindungsgemäßen Lösung eine Drossel in die Zulaufbohrung vom Ablaufraum des 3/2-Wege-Ventils in den Druckraum integriert. Durch die Drossel werden die Druckschwingungen deutlich reduziert und der gesamte Druckverlauf stabilisiert. Hierdurch lässt sich ein definierter Öffnungsdruck des zweiten Düsennadelteils erreichen.

Ausführungsbeispiel

Zeichnung

[0016] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

[0017] Es zeigt:

[0018] Fig. 1 eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff nach dem Stand der Technik,

[0019] Fig. 2 eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff mit einem erfindungsgemäß ausgebildeten Injektor mit Drossel in der Zulaufleitung;

[0020] Fig. 3 einen erfindungsgemäß ausgebildeten Injektor;

[0021] Fig. 4 eine weitere Ausführungsvariante eines erfindungsgemäß ausgebildeten Injektors;

[0022] Fig. 5 einen Druckverlauf während des Einspritzvorgangs ohne integrierte Drossel;

[0023] Fig. 6 Nadelhübe des zweiten Düsennadelteils entsprechend des Druckverlaufs aus Fig. 5;

[0024] Fig. 7 Druckverläufe während des Einspritzvorgangs mit und ohne vorgeschalteter Drossel bei unterschiedlichem Hochdruckspeicherdruck.

[0025] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff nach dem Stand der Technik.

[0026] Bei der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff wird der Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter **1** mit einem Kraftstoffförderaggregat **3**, einem Hochdruckspeicher **5** (Common Rail) zugeführt. Optional kann dabei dem

Kraftstoffförderaggregat **3** ein Vorförderaggregat **2** vorgeschaltet sein. Um einen konstanten Eintrittsdruck in das Kraftstoffförderaggregat **3** zu gewährleisten, ist zwischen dem Vorförderaggregat **2** und dem Kraftstoffförderaggregat **3** ein Bypass mit einem Überströmventil **4** angebracht. Bei Druckschwankungen wird Kraftstoff über das Überströmventil **4** zurück in den Kraftstoffvorratsbehälter **1** geleitet.

[0027] Der vom Kraftstoffförderaggregat **3** in den Hochdruckspeicher **5** geförderte Kraftstoff weist vorzugsweise einen Druck von bis zu 1800 bar auf. Zum Betrieb der Verbrennungskraftmaschine wird der unter hohem Druck stehende Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher **5** über einen ersten Injektor **6**, einen zweiten Injektor **7**, einen dritten Injektor **8** und einen vierten Injektor **9** jeweils zugeordneten Brennräumen zugeführt. Die Brennräume sind jeweils den Zylindern einer selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine zugeordnet, in denen durch das bei der Verbrennung entstehende, expandierende Gas Kolben bewegt werden, die ihrerseits eine Welle antreiben. Neben der hier dargestellten selbstzündenden Verbrennungskraftmaschine mit vier Zylindern kann die Verbrennungskraftmaschine auch jede andere, dem Fachmann bekannte Anzahl an Zylindern aufweisen.

[0028] Bei der in **Fig. 1** dargestellten Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine ist beispielhaft am vierten Injektor **9** der Aufbau eines Injektors schematisch dargestellt. Der hier dargestellte Injektor umfasst ein Einspritzventil, welches seinerseits eine koaxial ausgebildete Variodüse mit zwei Düsennadelteilen **13**, **17** umfasst. Hierbei weist ein erstes Düsennadelteil **13** eine zentrale Bohrung auf, welche ein zweites Düsennadelteil **17** aufnimmt. Das erste Düsennadelteil **13** wirkt dabei mit ersten Einspritzöffnungen **22** und das zweite Düsennadelteil **17** mit zweiten Einspritzöffnungen **24** zusammen. Bei geschlossenen Einspritzöffnungen **22**, **24** wird das erste Düsennadelteil **13** durch ein erstes Federelement **14**, welches vorzugsweise als Druckfeder ausgebildet ist, und das zweite Düsennadelteil **17** durch ein zweites Federelement **18**, welches ebenfalls vorzugsweise als Druckfeder ausgebildet ist, in den jeweiligen Sitz gedrückt. Die Ansteuerung des ersten Düsennadelteils **13** und des zweiten Düsennadelteils **17** erfolgt über ein ebenfalls im Injektor angeordnetes Steuerventil **10**. Das Steuerventil **10** ist dabei als 3/2-Wege-Ventil ausgebildet.

[0029] Das Steuerventil **10** wird vorzugsweise über einen Piezo-Aktor **27** angesteuert. Neben dem Piezo-Aktor **27** eignet sich aber auch ein direktgesteuertes 3/2-Magnetventil oder ein 2/2-Magnetventil mit servogesteuertem 3/2-Wege-Ventil.

[0030] Zur Ansteuerung des Einspritzventils verläuft eine Zuleitung **11** vom Steuerventil **10** in einen Druck-

raum **12** des Einspritzventils. Bei geöffnetem ersten Düsennadelteil **13** gelangt der Kraftstoff vom Druckraum **12** über einen Ringspalt **20** in einen ersten Düsenraum **21**. Vom Düsenraum **21** verlaufen die ersten Einspritzöffnungen **22** in einem Brennraum **25** der Verbrennungskraftmaschine. Bei geöffnetem zweiten Düsennadelteil **17** gelangt der Kraftstoff aus dem ersten Düsenraum **21** in einen zweiten Düsenraum **23**, welcher über die zweiten Einspritzöffnungen **24** mit dem Brennraum **25** verbunden ist.

[0031] Zum Öffnen des Einspritzventils wird Kraftstoff über eine Hochdruckleitung **28** vom Hochdruckspeicher **5** über das Steuerventil **10** und die Zuleitung **11** in den Druckraum **12** gefördert. Durch die Einwirkung des hohen Druckes im Druckraum **12** auf eine Druckfläche **16** des ersten Düsennadelteils **13** wird das erste Düsennadelteil **13** gegen die Federkraft des Federelements **14** bis an einen ersten Anschlag **15** geführt. Hierdurch wird die Verbindung des Ringspalts **20** zum ersten Düsenraum **21** freigegeben und Kraftstoff kann über die ersten Einspritzöffnungen **22** in den Brennraum **25** gelangen. Bei Erreichen des Düsenöffnungsdrucks des zweiten Düsennadelteils **17** im Düsenraum **21** wird das zweite Düsennadelteil **17** gegen die Federkraft des Federelements **18** in Richtung eines Anschlags **19** bewegt. Hierdurch wird der zweite Düsenraum **23** geöffnet und Kraftstoff gelangt vom ersten Düsenraum **21** in den zweiten Düsenraum **23** und von dort über die zweiten Einspritzöffnungen **24** ebenfalls in den Brennraum **25** der Verbrennungskraftmaschine.

[0032] Zur Einsparung von Bauraum sind das erste Federelement **14**, welches mit dem ersten Düsennadelteil **13** zusammenwirkt und das zweite Federelement **18**, welches mit dem zweiten Düsennadelteil **17** zusammenwirkt, in einem gemeinsamen Federraum **43** angeordnet.

[0033] Zum Beenden des Einspritzvorgangs wird die Hochdruckleitung **28** durch das Steuerventil **10** verschlossen. Gleichzeitig wird die Zuleitung **11** mit einer Niederdruckleitung **26** verbunden, welche den Rücklauf des Kraftstoffs in den Kraftstoffvorratsbehälter **1** gewährleistet. Aufgrund der Druckdifferenz zwischen dem unter hohem Druck stehenden Kraftstoff im Druckraum **12** und dem niedrigen Druck in der Niederdruckleitung **26** strömt der Kraftstoff aus dem Druckraum **12** über die Zuleitung **11** und die Niederdruckleitung **26** in Richtung des Kraftstoffvorratsbehälters **1**. Sobald die Druckkraft an der Druckstufe des zweiten Düsennadelteils **17** und an der Druckstufe **16** des ersten Düsennadelteils **13** unter die Federkräfte der Federelemente **14**, **18** gefallen ist, schließen das zweite Düsennadelteil **17** und das erste Düsennadelteil **13**.

[0034] Zur Unterstützung der Federkräfte des ersten Federelements **14** und des zweiten Federele-

ments **18** beim Verschließen des ersten Düsenadelteils **13** und des zweiten Düsenadelteils **17** ist der Federraum **43** mit Kraftstoff gefüllt, der unter dem gleichen Druck steht wie der Kraftstoff in der Niederdruckleitung **26**. Hierzu ist der Federraum **43** mit der Niederdruckleitung **26** verbunden.

[0035] Dadurch, dass der Kraftstoff im Druckraum **12** und im Ringspalt **20** bei geschlossenem Einspritzventil nicht von dem im Hochdruckspeicher **5** herrschenden Druck beaufschlagt ist, werden Leckageströmungen in den Federraum **43** und dadurch über die Niederdruckleitung **26** in den Rücklauf vermieden.

[0036] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäß ausgebildete Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff mit einer Drossel in der Zuleitung.

[0037] Während des Einspritzvorgangs wird Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher **5** über die Hochdruckleitung **28**, das Steuerventil **10** und die Zuleitung **11** dem Druckraum **12** des Einspritzventils zugeführt. Durch die auf die Druckstufe **16** wirkende Druckkraft durch den unter hohem Druck stehenden Kraftstoff im Druckraum **12** öffnet sich das erste Düsenadelteil **13** gegen die Federkraft des ersten Federelements **14**, welche auf einer ersten Stirnfläche **35** des ersten Düsenadelteils **13** aufliegt. Zur Begrenzung des Hubes des ersten Düsenadelteils **13** ist im Federraum **43** ein Anschlag **15** angebracht. Das erste Düsenadelteil **13** stößt mit der Stirnfläche **35** gegen den Anschlag **15**, wodurch der Hubweg des ersten Düsenadelteils **13** begrenzt wird. Bei geöffnetem ersten Düsenadelteil **13** strömt Kraftstoff aus dem Ringspalt **20** in den ersten Düsenraum **21**. Der Druckraum **21** wird durch eine am zweiten Düsenadelteil **17** ausgebildete Druckstufe **39** begrenzt. Sobald der Druck im Düsenraum **21** und die Druckkraft auf die zweite Druckstufe **39** ausreichend hoch sind, wird das zweite Düsenadelteil **17** gegen die Federkraft des zweiten Federelements **18** bis an den Anschlag **19** bewegt. Das zweite Federelement **18** liegt dabei auf einer zweiten Stirnfläche **37** des als Flansch **36** ausgebildeten oberen Endes des zweiten Düsenelements **17**. Bei geöffnetem zweiten Düsenadelteil **17** entsteht eine Verbindung vom ersten Düsenraum **21** in den zweiten Düsenraum **23**. Der zweite Düsenraum **23** ist mit zweiten Einspritzöffnungen **24** versehen, durch die der Kraftstoff in den Brennraum **25** eingespritzt wird.

[0038] Zur Beendigung des Einspritzvorgangs wird durch das Steuerventil **10** die Hochdruckleitung **28** verschlossen und gleichzeitig eine Verbindung von der Zuleitung **11** zur Niederdruckleitung **26** geöffnet. Hierdurch kann der unter hohem Druck stehende Kraftstoff aus dem Druckraum **12** und dem Ringspalt **20** durch das Steuerventil **10** in Richtung des Kraftstoffvorratsbehälters **1** ablaufen. Sobald der Druck im

ersten Düsenraum **21** soweit abgefallen ist, dass die Federkraft des zweiten Federelements **18** höher ist als die Druckkraft, die auf die zweite Druckstufe **39** wirkt, wird das zweite Düsenadelteil **17** in Richtung der zweiten Einspritzöffnungen **24** bewegt. Dabei wird die als Schließkegel **40** ausgebildete Spitze des zweiten Düsenadelteils **17** in einen Sitz **42** des zweiten Düsenadelteils **17** gepresst und verschließt so den zweiten Düsenraum **23**. Sobald die Druckkraft auf die Druckstufe **16** so weit abgesunken ist, dass die Federkraft des ersten Federelements **14** größer ist als die Druckkraft wird das erste Düsenadelteil **13** in einen Sitz **38** des ersten Düsenadelteils **13** gedrückt. Durch die Ausbildung der Spitze des Einspritzventils in Form eines Konusses **41** wird erreicht, dass der Sitz **38** des ersten Düsenadelteils **13** die Form einer durchgehenden kreisförmigen Linie aufweist.

[0039] Eine gerade Auf- und Abbewegung des ersten Düsenadelteils **13** und des zweiten Düsenadelteils **17** zum Öffnen und Schließen der ersten Einspritzöffnungen **22** und der zweiten Einspritzöffnungen **24** wird dadurch erreicht, dass das erste Düsenadelteil **13** in einer ersten Führung **44** und das zweite Düsenadelteil **17** in einer zweiten Führung **45** geführt werden. Aufgrund des hohen Kraftstoffdruckes beim Einspritzvorgang können in den Führungen **44**, **45** Leckageströmungen auftreten. Um den durch die Leckageströmungen in den Führungen **44**, **45** befindlichen Kraftstoff zurückführen zu können, ist im ersten Düsenadelteil **13** und im zweiten Düsenadelteil **17** ein Entlastungsmechanismus vorgesehen. Hierzu ist im zweiten Düsenadelteil **17** eine innere Ringnut **31** und im ersten Düsenadelteil **13** eine äußere Ringnut **32** ausgebildet. Der Kraftstoff, welcher durch die Leckageströmungen in die Führungen **44**, **45** gelangt ist, sammelt sich in den Ringnuten **31**, **32**. Der in der inneren Ringnut **31** angesammelte Kraftstoff wird über einen Verbindungskanal **34**, der im ersten Düsenadelteil **13** ausgebildet ist, in die äußere Ringnut **32** geleitet. Von der äußeren Ringnut **32** führt eine Leckageleitung **33** in den Niederdruckbereich und zurück in den Kraftstoffvorratsbehälter **1**.

[0040] Zur Unterstützung der Druckkraft des ersten Federelements **14** und des zweiten Federelements **18** wird der Federraum **43** mit unter Niederdruck stehendem Kraftstoff geflutet.

[0041] Hierzu steht der Federraum **43** mit dem Niederdruckteil der Vorrichtung zur Kraftstoffeinspritzung über den Federraumablauf **30** in Verbindung.

[0042] Um die während des Einspritzvorgangs auftretenden Druckschwankungen im Druckraum **12** zu reduzieren, ist bei der erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff eine Drossel **29** in der Zuleitung **11** integriert.

[0043] Fig. 3 zeigt einen erfindungsgemäß ausgebildeten Injektor mit einer ersten Ausführungsvariante für das Steuerventil.

[0044] Ein Injektor **50**, wie er in Fig. 3 dargestellt ist, nimmt in einem Gehäuse die Einspritzvorrichtung mit der das erste Düsennadelteil **13** und das zweite Düsennadelteil **17** umfassenden Variodüse auf. Ferner ist im Gehäuse das Steuerventil **10** und der zur Ansteuerung des Steuerventils **10** notwendige Piezo-Aktor **27** aufgenommen. Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante umfasst das Steuerventil **10** einen Zulaufraum **56**, der über die Hochdruckleitung **28** mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff vom Hochdruckspeicher **5** versorgt wird, und einen Ablaufraum **57**, der über die Zuleitung **11** mit dem Druckraum **12** des Einspritzventils verbunden ist und an dessen Unterseite die Niederdruckleitung **26**, die mit dem Kraftstoffvorratsbehälter **1** verbunden ist, angeordnet ist. Weiterhin umfasst das Steuerventil **10** ein Schließelement **52**. Auf der dem Zulaufraum **56** zugewandten Seite ist das Schließelement **52** halbkugelförmig ausgebildet und verschließt so in einem vorzugsweise kegelförmig ausgebildeten Dichtsitz **53** den Zulaufraum **56**. Auf der dem Dichtsitz **53** gegenüberliegenden Seite ist das Schließelement **52** in Form eines Flachsitzes **54** ausgebildet. Mit dem Flachsitz **54** wird während des Einspritzvorgangs die an der Unterseite des Ablaufraums **57** aufgenommene Niederdruckleitung **26** verschlossen. Bei verschlossenen Einspritzöffnungen **22**, **24** wird das Schließelement **52** mit Hilfe einer Ventillfeder **55** in den Dichtsitz **53** gedrückt. Zum Öffnen der Einspritzöffnungen **22** und **24** wird das Schließelement **52** mit Hilfe eines Ventilkolbens **51** gegen die Federkraft der Ventillfeder **55** nach unten gedrückt und so die Verbindung vom Hochdruckspeicher **5** über die Hochdruckleitung **28** zur Zuleitung **11** in den Druckraum **12** geöffnet.

[0045] Um die Baugröße des Piezo-Aktors **27** möglichst gering zu halten, ist dem Piezo-Aktor **27** ein Kopplerraum **61** nachgeschaltet, der als Wegüber-setzer wirkt und gleichzeitig die Aufgabe hat, eine Temperaturendeckung des Ventilkolbens **51** im Betrieb des Injektors **50** zu kompensieren. Die Befüllung des Kopplerraums **61** erfolgt über die Führung des Ventilkolbens **51**. Zum Öffnen der Verbindung vom Hochdruckspeicher **5** in den Druckraum **12** wird ein Aktorkolben **62** vom Piezo-Aktor **27** in den Kopplerraum **61** bewegt. Hierdurch komprimiert der Kraftstoff im Kopplerraum **61** und bewegt seinerseits den Ventilkolben **51**, wodurch das Schließelement **52** gegen die Ventillfeder **55** bewegt wird. Vorzugsweise ist der Ventilkolben **51** statisch druckausgeglichen ausgeführt. Das heißt, dass die Führung des Ventilkolbens **51** und der Dichtsitz **53** den gleichen Durchmesser aufweisen. Zusätzlich kann das Ventil auch dynamisch druckausgeglichen sein.

[0046] In Fig. 4 ist ein erfindungsgemäß ausgebildeter Injektor mit einem Steuerventil in einer weiteren Ausführungsvariante dargestellt.

[0047] Im Unterschied zu dem in Fig. 3 dargestellten Sitz-Flachsitz-Ventil handelt es sich bei dem Steuerventil **10**, welches in Fig. 4 dargestellt ist, um ein Sitz-Schieber-Ventil. Bei dem als Sitz-Schieber-Ventil ausgebildeten 3/2-Wege-Ventil wird die Verbindung von der Hochdruckleitung **28** zur Zuleitung **11** in den Druckraum **12** durch einen vorzugsweise als Kegeldichtsitz ausgebildeten Ventilsitz **59** zwischen Zulaufraum **56** und Ablaufraum **57** verschlossen. Bei geöffneten Einspritzöffnungen wird die Verbindung von der Zuleitung **11** zur Niederdruckleitung **26** durch einen in Form eines Schiebers **60** ausgebildeten Ventilsitz verschlossen. Vorzugsweise ist auch das in Fig. 4 dargestellte Sitz-Schieber-Ventil statisch oder dynamisch druckausgeglichen.

[0048] In Fig. 5 ist der Druckverlauf im Düsenraum während des Einspritzvorgangs dargestellt.

[0049] Bei dem in Fig. 5 dargestellten Diagramm ist auf der Abszisse die Zeit in Millisekunden und auf der Ordinate der Druck im Düsenraum in bar aufgetragen. Bei der in Fig. 5 dargestellten Kurve sind deutlich die aufgrund der Wellendynamik entstehenden Druckschwingungen im Düsenraum erkennbar. Den drei größten Druckmaxima sind jeweils die durch die senkrechten Linien a, b und c gekennzeichneten Zeiten zugeordnet.

[0050] In Fig. 6 ist der Nadelhub des zweiten Düsennadelteils in Abhängigkeit von der Drucküberhöhung im Druckraum **12** dargestellt. In Fig. 6 ist auf der Abszisse ebenfalls die Zeit in Millisekunden aufgetragen und auf der Ordinate der Nadelhub des zweiten Düsennadelteils in Mikrometern. In Fig. 6 zeigt die Kurve d den Nadelhub des zweiten Düsennadelteils in Korrelation mit dem ersten Druckmaximum zum Zeitpunkt des mit der Linie a gekennzeichneten Druckmaximums. Die Kurve e zeigt den Nadelhub des zweiten Düsennadelteils, wenn der zweite Düsennadelteil **17** erst mit dem zweiten Druckmaximum zum mit der Linie b gekennzeichneten Zeitpunkt öffnet. Schließlich ist in Kurve f der Nadelhub des zweiten Düsennadelteils **17** dargestellt, wenn dieser erst mit dem dritten Druckmaximum zum mit der Linie c gekennzeichneten Zeitpunkt öffnet. Dadurch, dass der zweite Düsennadelteil **17** aufgrund von Hub/Hub-Streuungen nicht immer mit dem ersten Druckmaximum den Düsenöffnungsdruck erreicht, sondern auch erst mit der zweiten Druckwelle oder der dritten Druckwelle öffnet, führt das zu starken Drehmomentschwankungen. Die Ursache für die Drehmomentschwankungen ist ein Mengenspringen, da durch die unterschiedlichen Öffnungszeiten unterschiedlich viel Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird.

[0051] Zusätzlich zu den experimentell ermittelten Nadelhüben ist in **Fig. 6** auch ein berechneter Verlauf für den Nadelhub des zweiten Düsennadelteils **17** dargestellt. Dieser ist mit dem Bezugszeichen **g** gekennzeichnet.

[0052] In **Fig. 7** sind die rechnerisch ermittelten Druckverläufe für unterschiedliche Drücke im Hochdruckspeicher jeweils einmal mit und einmal ohne Drossel dargestellt.

[0053] Bei dem in **Fig. 7** dargestellten Diagramm ist auf der Abszisse die Zeit in Millisekunden und auf der Ordinate der berechnete Druck im Düsenraum in bar dargestellt. Die mit dem Bezugszeichen **s** gekennzeichnete Kurve zeigt den Druck im Druckraum bei einem Hochdruckspeicherdruck auf einem ersten Druckniveau, wenn in der Zuleitung **11** keine Drossel integriert ist. Kurve **t** zeigt den Druckverlauf bei einem Hochdruckspeicherdruck auf dem ersten Druckniveau, wenn eine Drossel **29** in die Zuleitung **11** integriert ist. In Kurve **u** ist der Druckverlauf im Druckraum **12** bei einem Hochdruckspeicherdruck auf einem zweiten niedrigeren Druckniveau dargestellt, wenn keine Drossel **29** in der Zuleitung **11** integriert ist. Der Druckverlauf bei einem Hochdruckspeicherdruck auf dem zweiten Druckniveau mit integrierter Drossel **29** in die Zuleitung **11** ist in Kurve **v** dargestellt. Schließlich zeigt Kurve **w** den Druckverlauf im Druckraum **12** bei einem Hochdruckspeicherdruck auf einem dritten, noch niedrigeren Druckniveau ohne Drossel **29** in der Zuleitung **11** und Kurve **x** den Druckverlauf bei einem Hochdruckspeicherdruck auf dem dritten Druckniveau mit Drossel **29** in der Zuleitung **11**.

[0054] Bei den in **Fig. 7** dargestellten Kurvenverläufen lässt sich jeweils erkennen, dass der Druckverlauf bei einer integrierten Drossel **29** in der Zuleitung **11** glatter verläuft und deutlich geringere Druckschwankungen aufweist als der Druckverlauf, wenn keine Drossel **29** in der Zuleitung **11** integriert ist.

Bezugszeichenliste

1	Kraftstoffvorratsbehälter
2	Vorförderaggregat
3	Kraftstoffförderaggregat
4	Überströmventil
5	Hochdruckspeicher
6	erster Injektor
7	zweiter Injektor
8	dritter Injektor
9	vierter Injektor
10	Steuerventil
11	Zuleitung
12	Druckraum
13	erstes Düsennadelteil
14	erstes Federelement
15	erster Anschlag

16	Druckstufe
17	zweites Düsennadelteil
18	zweites Federelement
19	zweiter Anschlag
20	Ringspalt
21	erster Düsenraum
22	erste Einspritzöffnungen
23	zweiter Düsenraum
24	zweite Einspritzöffnungen
25	Brennraum
26	Niederdruckleitung
27	Piezo-Aktor
28	Hochdruckleitung
29	Drossel
30	Federraumablauf
31	innere Ringnut
32	äußere Ringnut
33	Leckageleitung
34	Verbindungskanal
35	erste Stirnfläche
36	Flansch
37	zweite Stirnfläche
38	Sitz des ersten Düsennadelteils 13
39	zweite Druckstufe
40	Schließkegel
41	Konus
42	Sitz des zweiten Düsennadelteils 17
43	Federraum
44	erste Führung
45	zweite Führung
50	Injektor
51	Ventilkolben
52	Schließelement
53	Dichtsitz
54	Flachsitz
55	Ventilfeder
56	Zulaufraum
57	Ablaufraum
58	Ventilkolben
59	Ventilsitz
60	Schieber
61	Kopplerraum
62	Aktorkolben

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit einem von einem Hochdruckspeicher (**5**) versorgbaren Einspritzventil, welches ein erstes Düsennadelteil (**13**), welches mit ersten Einspritzöffnungen (**22**) zusammenwirkt und ein zweites Düsennadelteil (**17**), welches mit zweiten Einspritzöffnungen (**24**) zusammenwirkt, umfasst, wobei das erste Düsennadelteil (**13**) und das zweite Düsennadelteil (**17**) unabhängig voneinander bewegbar sind und das erste Düsennadelteil (**13**) von einem ersten Federelement (**14**) und das zweite Düsennadelteil (**17**) von einem zweiten Federelement (**18**) beaufschlagt werden und wobei zwischen dem Hochdruckspeicher (**5**) und dem

Einspritzventil ein als 3/2-Wege-Ventil ausgebildetes Steuerventil (10) aufgenommen ist, welches während des Einspritzvorgangs einen Kraftstofffluss über eine Hochdruckleitung (28) und eine Zuleitung (11) vom Hochdruckspeicher (5) in einen Druckraum (12) des Einspritzventils ermöglicht und eine Niederdruckleitung (26) zu einem Kraftstoffvorratsbehälter (1) verschließt und welches bei geschlossenen Einspritzöffnungen (22, 24) die Niederdruckleitung (26) vom Druckraum (12) zum Kraftstoffvorratsbehälter (1) öffnet und die Leitung (28) zum Hochdruckspeicher (5) verschließt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuerventil (10) statisch oder dynamisch druckausgeglichen ist und über einen Piezo-Aktor (27) angesteuert wird.

Druck das zweite Düsenadelteil (17) öffnet.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Zuleitung (11) zwischen dem Steuerventil (10) und dem Druckraum (12) eine Drossel (29) aufgenommen ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Federelement (14) und das zweite Federelement (18) in einem gemeinsamen Federraum (43) aufgenommen sind.

4. Vorrichtung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Federraum (43) über einen Federraumablauf (30) mit dem Kraftstoffvorratsbehälter (1) verbunden ist.

5. Vorrichtung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Düsenadelteil (13) und das zweite Düsenadelteil (17) mit einem Entlastungsmechanismus versehen sind.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Entlastungsmechanismus das erste Düsenadelteil (13) mit einer äußeren Ringnut (32) und das zweite Düsenadelteil (17) mit einer inneren Ringnut (31) versehen ist.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die innere Ringnut (31) und die äußere Ringnut (32) über eine Leckageleitung (33) mit dem Kraftstoffvorratsbehälter (1) verbunden sind.

8. Vorrichtung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Hub des ersten Düsenadelteils (13) durch einen ersten Anschlag (15) und der Hub des zweiten Düsenadelteils (17) durch einen zweiten Anschlag (19) begrenzt wird.

9. Vorrichtung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Kraftstoffzufluss in den Druckraum (12) zunächst das erste Düsenadelteil (13) und bei weiter steigendem

Anhängende Zeichnungen

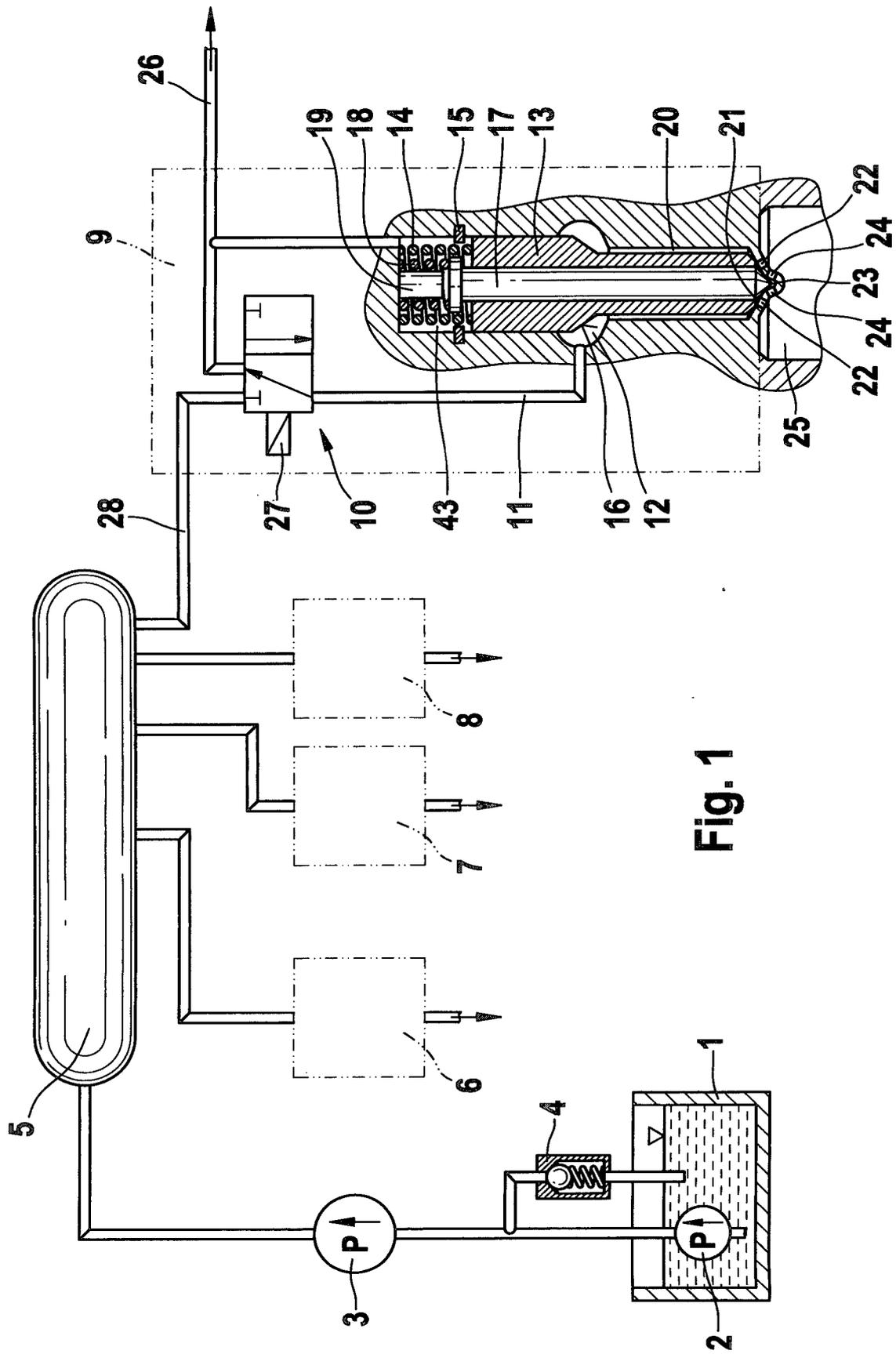


Fig. 1

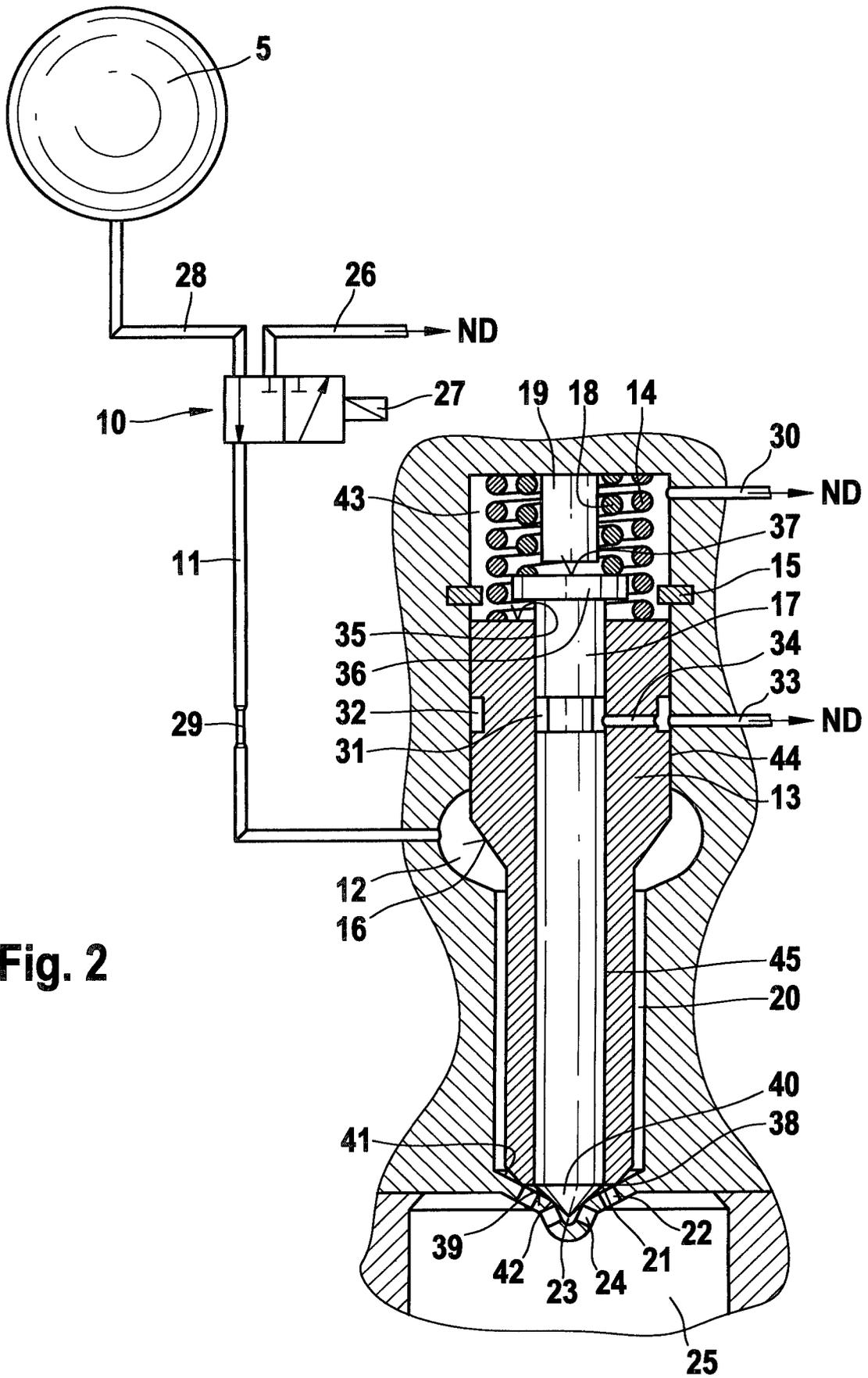


Fig. 2

Fig. 3

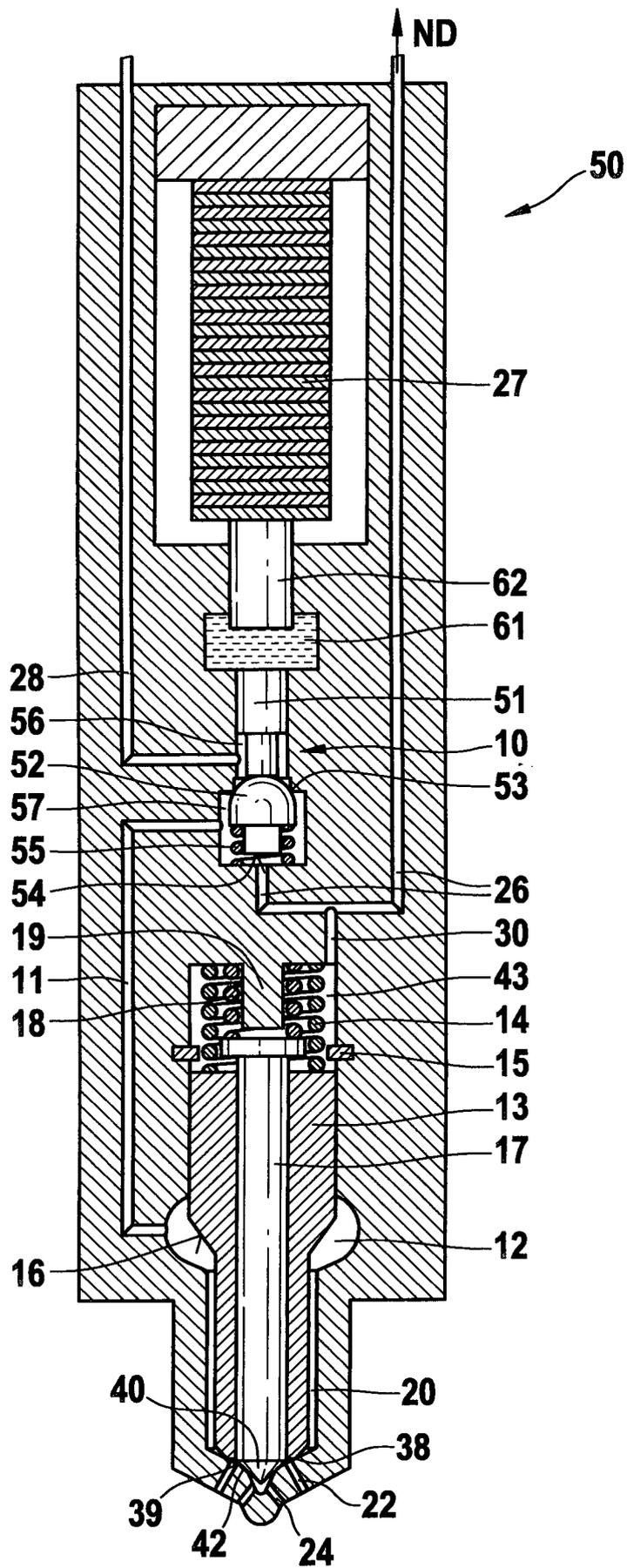


Fig. 4

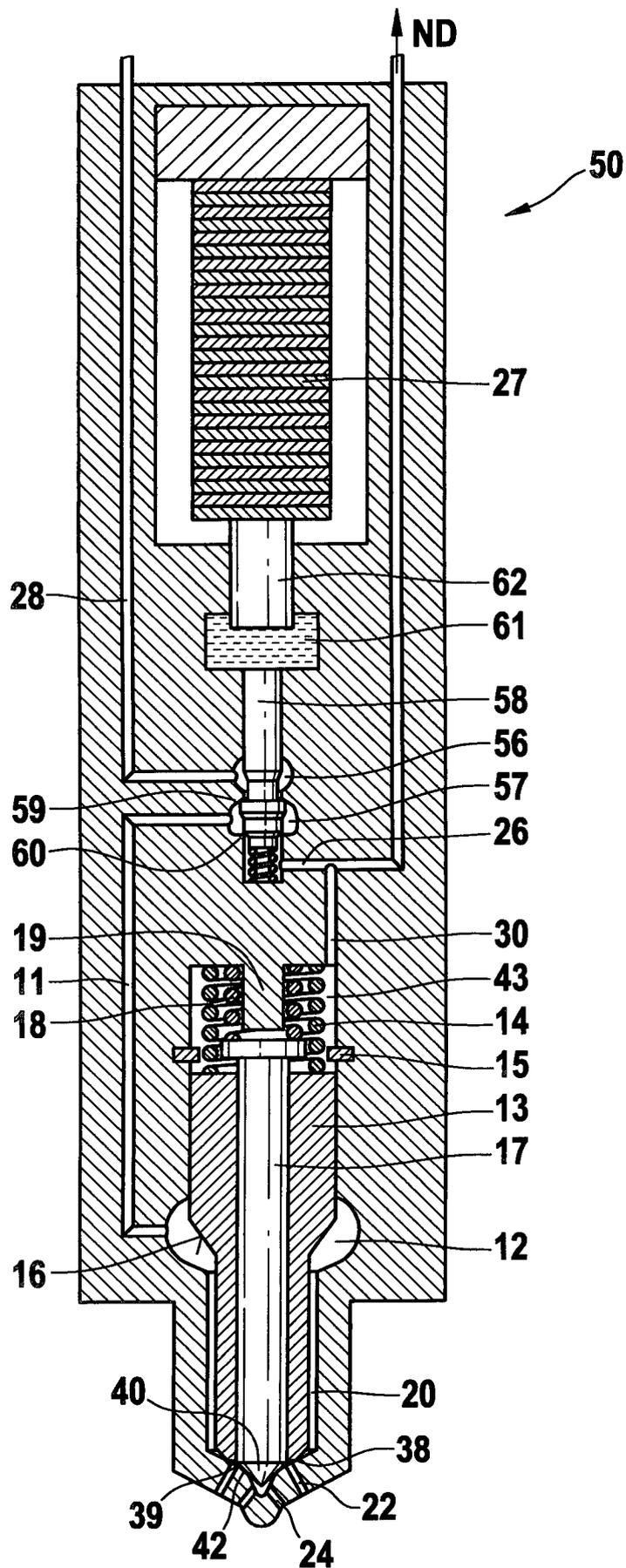


Fig. 5

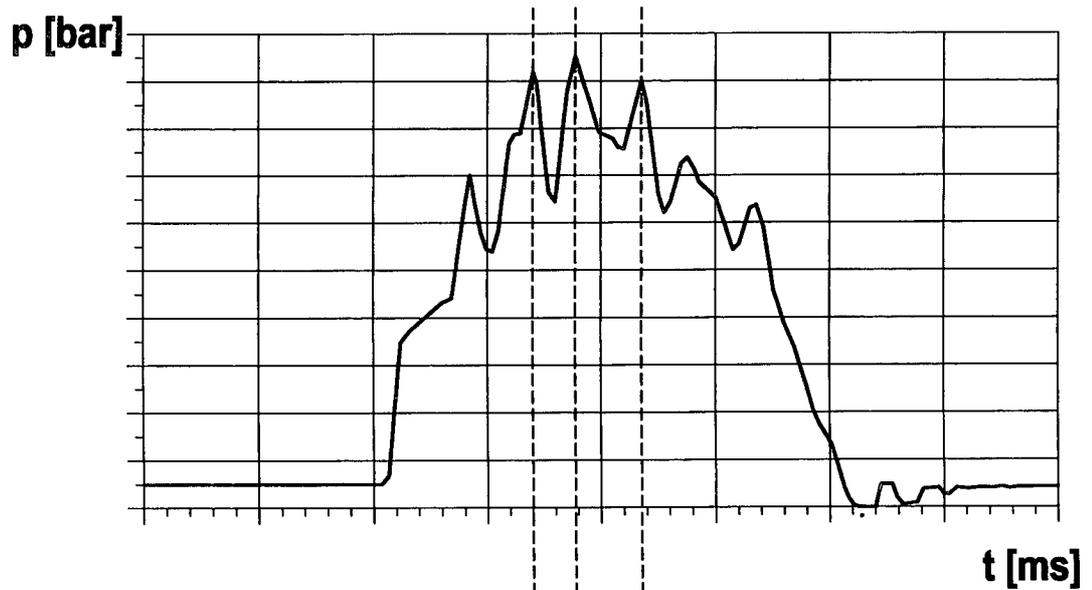


Fig. 6

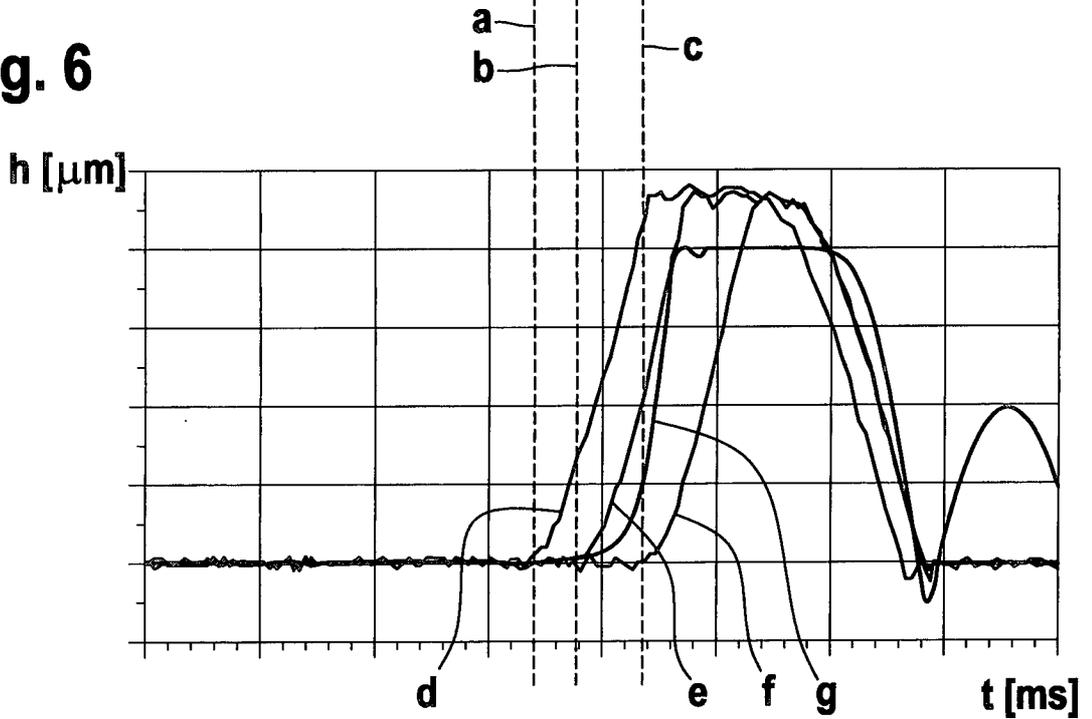


Fig. 7

