



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
04.09.2002 Patentblatt 2002/36

(51) Int Cl.7: F02M 57/02, F02M 59/46,  
F02M 59/36, F02M 47/02

(21) Anmeldenummer: 02002233.1

(22) Anmeldetag: 30.01.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

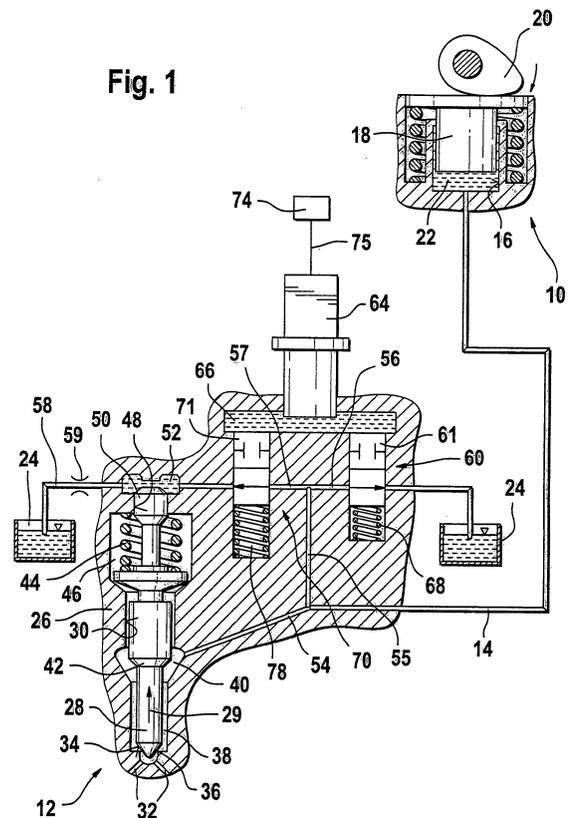
(72) Erfinder:  
• Rodriguez-Amaya, Nestor  
70372 Stuttgart (DE)  
• Potschin, Roger  
74336 Brackenheim (DE)  
• Gruen, Juergen  
71254 Ditzingen (DE)  
• Projahn, Ulrich  
71229 Leonberg (DE)

(30) Priorität: 28.02.2001 DE 10109610

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

(54) **Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen**

(57) Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine Kraftstoffpumpe (10) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine auf, die einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben (18) aufweist, der einen Pumpenarbeitsraum (22) begrenzt, welcher über eine Leitung (14) mit einem getrennt von der Kraftstoffpumpe (10) an der Brennkraftmaschine angeordneten Kraftstoffeinspritzventil (12) verbunden ist, das ein Einspritzventilglied (28) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (32) gesteuert wird und das durch den im Pumpenarbeitsraum (22) erzeugten Druck gegen eine Schließkraft in Öffnungsrichtung (29) bewegbar ist, wobei ein erstes elektrisch angesteuertes Steuerventil (60) vorgesehen ist, durch das eine Verbindung der Leitung (14) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert wird. Ein zweites elektrisch angesteuertes Steuerventil (64) ist vorgesehen, durch das der in einem Steuerdruckraum (52) des Kraftstoffeinspritzventils (12) herrschende Druck gesteuert wird, durch den das Einspritzventilglied (28) zumindest mittelbar in Schließrichtung beaufschlagt ist. Beide Steuerventile (60,70) sind am Kraftstoffeinspritzventil (12) angeordnet.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen nach der Gattung des Anspruchs 1.

**[0002]** Eine solche Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist durch die EP 0 957 261 A bekannt. Diese Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine jeweils eine Kraftstoffpumpe, ein Kraftstoffeinspritzventil und eine das Kraftstoffeinspritzventil mit der Kraftstoffpumpe verbindende Leitung auf. Die Kraftstoffpumpe weist einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben auf, der einen Pumpenarbeitsraum begrenzt. An der Kraftstoffpumpe ist ein erstes elektrisch gesteuertes Steuerventil angeordnet, durch das eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums und damit der Leitung mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Das Kraftstoffeinspritzventil weist ein Einspritzventilglied auf, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird und das durch den in einem mit der Leitung verbundenen Druckraum herrschenden Druck gegen eine Schließkraft in Öffnungsrichtung bewegbar ist. Am Kraftstoffeinspritzventil ist ein zweites elektrisch gesteuertes Steuerventil angeordnet, durch das der in einem Steuerdruckraum des Kraftstoffeinspritzventils herrschende Druck gesteuert wird, durch den das Einspritzventilglied zumindest mittelbar in Schließrichtung beaufschlagt ist. Sowohl die Kraftstoffpumpe als auch das Kraftstoffeinspritzventil weisen aufgrund des an diesen angeordneten Steuerventils einen aufwendigen Aufbau auf und es sind elektrische Leitungen für die Ansteuerung der Steuerventile erforderlich.

### Vorteile der Erfindung

**[0003]** Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß nur am Kraftstoffeinspritzventil die Steuerventile mit entsprechenden elektrischen Leitungen angeordnet sind, während die Kraftstoffpumpe einfach aufgebaut sein kann und zu dieser keine elektrischen Leitungen erforderlich sind.

**[0004]** In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzeinrichtung angegeben.

### Zeichnung

**[0005]** Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine in schematischer Darstellung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, Figur 2 einen Druckverlauf

an Einspritzöffnungen eines Kraftstoffeinspritzventils der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, Figur 3 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, Figur 4 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, Figur 5 einen Druckverlauf an Einspritzöffnungen des Kraftstoffeinspritzventils der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel, Figur 6 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel und Figur 7 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0006]** In den Figuren 1, 3, 4, 6 und 7 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist als sogenanntes Pumpe-Leitung-Düse-System ausgebildet und weist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine jeweils eine Kraftstoffpumpe 10, ein Kraftstoffeinspritzventil 12 und eine das Kraftstoffeinspritzventil 12 mit der Kraftstoffpumpe 10 verbindende Leitung 14 auf. Die Kraftstoffpumpe 10 weist einen in einem Zylinder 16 dicht geführten Pumpenkolben 18 auf, der durch einen Nocken 20 einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetrieben wird. Der Pumpenkolben 18 begrenzt im Zylinder 16 einen Pumpenarbeitsraum 22, in dem durch den Pumpenkolben 18 Kraftstoff unter Hochdruck verdichtet wird. Dem Pumpenarbeitsraum 22 wird Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 24 zugeführt, beispielsweise mittels einer nicht dargestellten Niederdruckpumpe.

**[0007]** Das Kraftstoffeinspritzventil 12 ist getrennt von der Kraftstoffpumpe 10 angeordnet und über die Leitung 14 mit dem Pumpenarbeitsraum 22 verbunden. Das Kraftstoffeinspritzventil 12 weist einen Ventilkörper 26 auf, der mehrteilig ausgebildet sein kann, in dem ein kolbenförmiges Einspritzventilglied 28 in einer Bohrung 30 längsverschiebbar geführt ist. Der Ventilkörper 26 weist an seinem dem Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine zugewandten Endbereich wenigstens eine, vorzugsweise mehrere Einspritzöffnungen 32 auf. Das Einspritzventilglied 28 weist an seinem dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise etwa kegelförmige Dichtfläche 34 auf, die mit einem im Ventilkörper 26 ausgebildeten Ventilsitz 36 zusammenwirkt, von dem oder nach dem die Einspritzöffnungen 32 abführen. Im Ventilkörper 26 ist zwischen dem Einspritzventilglied 28 und der Bohrung 30 zum Ventilsitz 36 hin ein Ringraum 38 vorhanden, der durch eine radiale Erweiterung der Bohrung 30 in einen das Einspritzventilglied 28 umgebenden Druckraum 40 übergeht. Das Einspritzventilglied 28 weist im Bereich des Druckraums 40 eine Druckschulter 42 auf. Am dem Brennraum abgewandten Ende des Einspritzventilglieds 28 greift eine vorgespannte Schließfeder 44 an, durch die

das Einspritzventilglied 28 zum Ventilsitz 36 hin gedrückt wird. Die Schließfeder 44 ist in einem Federraum 46 des Ventilkörpers 26 angeordnet, der sich an die Bohrung 30 anschließt. An den Federraum 46 schließt sich an dessen der Bohrung 30 abgewandtem Ende im Ventilkörper 26 eine weitere Bohrung 48 an, in der ein Kolben 50 dicht geführt ist, der mit dem Einspritzventilglied 28 verbunden ist. Der Kolben 50 begrenzt mit seiner dem Federraum 46 abgewandten Stirnfläche einen Steuerdruckraum 52 im Ventilkörper 26.

**[0008]** Die Leitung 14 verzweigt sich am Kraftstoffeinspritzventil 12 in einen in den Druckraum 40 führende Leitung 54 und eine zu nachfolgend noch näher erläuterten Steuerventilen führende Leitung 55. Die Leitungen 54,55 können als im Ventilkörper 26 ausgebildete Kanäle ausgeführt sein.

**[0009]** Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist zwei elektrisch gesteuerte Steuerventile 60,70 auf, die am Kraftstoffeinspritzventil 12 angeordnet sind. Die Leitung 55 verzweigt sich vor den Steuerventilen 60,70 nochmals in einen zu einem ersten Steuerventil 60 führenden Leitungsteil 56 und einen zu einem zweiten Steuerventil 70 führenden Leitungsteil 57.

**[0010]** Durch das erste Steuerventil 60 wird eine Verbindung des Leitungsteils 56 und damit der Leitungen 55 und 14 mit einem Entlastungsraum gesteuert, wobei der Entlastungsraum beispielsweise der Kraftstoffvorratsbehälter 24 ist oder ein anderer Bereich, in dem ein geringer Druck herrscht. Das erste Steuerventil 60 ist beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 als ein 2/2-Wegeventil ausgebildet. Das erste Steuerventil 60 weist ein Ventilglied 61 auf, das zwischen zwei Schaltstellungen bewegbar ist. In einer ersten Schaltstellung des Steuerventils 60 wird durch dieses die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Entlastungsraum 24 geöffnet, so daß sich im Leitungsteil 56 sowie in der Leitung 55, in der Leitung 14 und im Druckraum 40 kein Hochdruck aufbauen kann. In einer zweiten Schaltstellung wird durch das Steuerventil 60 die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Entlastungsraum 24 getrennt, so daß sich im Leitungsteil 56 sowie in der Leitung 55, in der Leitung 14 und im Druckraum 40 beim Förderhub des Pumpenkolbens 18 Hochdruck aufbauen kann.

**[0011]** Durch das zweite Steuerventil 70 wird eine Verbindung des Leitungsteils 57 mit dem Steuerdruckraum 52 des Kraftstoffeinspritzventils 12 gesteuert wird. Das zweite Steuerventil 70 ist als 2/2-Wegeventil ausgebildet und weist ein Ventilglied 71 auf, das zwischen zwei Schaltstellungen bewegbar ist. In einer ersten Schaltstellung des Steuerventils 70 wird durch dieses die Verbindung des Steuerdruckraums 52 mit dem Leitungsteil 57 und damit mit der Leitung 55 und der Leitung 14 geöffnet. In einer zweiten Schaltstellung des Steuerventils 70 wird durch dieses der Steuerdruckraum 52 vom Leitungsteil 57 und damit von der Leitung 55 und der Leitung 14 getrennt. Der Steuerdruckraum 52 weist eine ständig geöffnete Verbindung 58 mit einem Entlastungsraum auf, als der der Kraftstoffvorrats-

behälter 24 dient. In der Verbindung 58 ist wenigstens eine Drosselstelle 59 vorgesehen.

**[0012]** Die Ansteuerung der beiden Steuerventile 60,70 erfolgt beim ersten Ausführungsbeispiel über einen gemeinsamen Aktor 64, durch den der Druck in einem Aktordruckraum 66 gesteuert wird. Der Aktor 64 kann beispielsweise ein Piezoaktor sein, der abhängig von einer an diesen angelegten elektrischen Spannung seine Länge ändert. Wenn am Aktor 64 keine Spannung anliegt, so weist dieser eine geringe Länge auf und der Druck im Aktordruckraum 66 ist gering. Mit zunehmender an den Aktor 64 angelegter elektrischer Spannung vergrößert sich dessen Länge und der Druck im Aktordruckraum 66 wird erhöht. Das Ventilglied 61 des ersten Steuerventils 60 ist einerseits vom Druck im Aktordruckraum 66 beaufschlagt und andererseits von der Kraft einer vorgespannten Rückstellfeder 68. Bei geringem Druck im Aktordruckraum 66 befindet sich das Steuerventil 60 bedingt durch die auf dessen Ventilglied 61 wirkende Kraft der Rückstellfeder 68 in seiner ersten Schaltstellung, in der die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet ist. Zur Umschaltung des ersten Steuerventils 60 in seine zweite Schaltstellung, in der der Leitungsteil 56 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist, wird an den Aktor 64 eine derart hohe elektrische Spannung angelegt, daß der Druck im Aktordruckraum 66 ausreichend hoch ist, so daß die durch diesen auf das Ventilglied 61 erzeugte Kraft größer ist als die Kraft der Rückstellfeder 68 und das Ventilglied 61 in die zweite Schaltstellung bewegt wird. Das Ventilglied 61 liegt in den beiden Schaltstellungen des Steuerventils 60 jeweils an einem Anschlag an.

**[0013]** Das zweite Steuerventil 70 weist ebenfalls ein Ventilglied 71 auf, das einerseits vom Druck im Aktordruckraum 66 und andererseits von der Kraft einer vorgespannten Rückstellfeder 78 beaufschlagt ist. Bei geringem Druck im Aktordruckraum 66 befindet sich das Steuerventil 70 bedingt durch die auf dessen Ventilglied 71 wirkende Kraft der Rückstellfeder 78 in seiner ersten Schaltstellung, in der die Verbindung des Steuerdruckraums 52 mit dem Leitungsteil 57 geöffnet ist. Zur Umschaltung des zweiten Steuerventils 70 in seine zweite Schaltstellung, in der der Steuerdruckraum 52 vom Leitungsteil 57 getrennt ist, wird an den Aktor 64 eine derart hohe elektrische Spannung angelegt, daß der Druck im Aktordruckraum 66 ausreichend hoch ist, so daß die durch diesen auf das Ventilglied 71 erzeugte Kraft größer ist als die Kraft der Rückstellfeder 78 und das Ventilglied 71 in die zweite Schaltstellung bewegt wird. Das Ventilglied 71 liegt in den beiden Schaltstellungen des Steuerventils 70 jeweils an einem Anschlag an.

**[0014]** Die durch die Rückstellfeder 78 auf das Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 ausgeübte Kraft ist größer als die durch die Rückstellfeder 68 auf das Ventilglied 61 des ersten Steuerventils 60 ausgeübte Kraft, so daß für die Umschaltung des zweiten Steuerventils 70 in seine zweite Schaltstellung ein höherer

Druck im Aktordruckraum 66 und damit eine Ansteuerung des Aktors 64 mit einer höheren elektrischen Spannung erforderlich ist als für die Umschaltung des ersten Steuerventils 60 in seine zweite Schaltstellung. Es ist somit möglich, das erste Steuerventil 60 durch eine Druckerhöhung im Aktordruckraum 66 in seine zweite Schaltstellung umzuschalten, während das zweite Steuerventil 70 in seiner ersten Schaltstellung verbleibt. Bei einer weiteren Druckerhöhung im Aktordruckraum 66 wird auch das zweite Steuerventil 70 in seine zweite Schaltstellung umgeschaltet.

**[0015]** Nachfolgend wird die Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erläutert. Die Steuerventile 60,70 werden durch eine elektrische Steuereinrichtung 74 angesteuert. Beim Saughub des Pumpenkolbens 18 befindet sich das erste Steuerventil 60 in seiner ersten Schaltstellung, so daß die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet ist und sich im Pumpenarbeitsraum 22, in der Leitung 14 und im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 kein Hochdruck aufbauen kann. Das zweite Steuerventil 70 befindet sich ebenfalls in seiner ersten Schaltstellung, so daß die Verbindung des Steuerdruckraums 52 mit dem Leitungsteil 57 und damit mit der Leitung 14 und mit dem Pumpenarbeitsraum 22 geöffnet ist. Wenn die Einspritzung beginnen soll, so wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so hoch wird, daß beide Steuerventile 60,70 in ihre zweite Schaltstellung umgeschaltet werden. Der Leitungsteil 56 und damit die Leitung 14 und der Pumpenarbeitsraum 22 sind durch das geschlossene erste Steuerventil 60 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt, so daß sich im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 Hochdruck entsprechend dem Verlauf des Nockenprofils des Nockens 20 aufbaut. Der Steuerdruckraum 52 ist durch das geschlossene zweite Steuerventil 70 vom Leitungsteil 57 und damit von der Leitung 14 und vom Pumpenarbeitsraum 22 getrennt, so daß im Steuerdruckraum 52 kein Hochdruck herrscht. Wenn der im Druckraum 40 herrschende Druck eine die Kraft der Schließfeder 44 übersteigende Kraft auf das Einspritzventilglied 28 erzeugt, so bewegt sich dieses in Öffnungsrichtung 29 und gibt die Einspritzöffnungen 32 frei.

**[0016]** In Figur 2 ist der Verlauf des Druckes an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 über der Zeit während einem Einspritzzyklus dargestellt. Die vorstehend erläuterte Kraftstoffeinspritzung erfolgt bedingt durch das Profil des Nockens 20 mit relativ geringem Druck und geringer Einspritzmenge während einer in Figur 2 mit I bezeichneten Voreinspritzphase.

**[0017]** Zur Beendigung der Voreinspritzung wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so sinkt, daß das zweite Steuerventil 70 in seine erste Schaltstellung gelangt und die Verbindung des Steuerdruckraums

52 mit dem Leitungsteil 57 und damit mit der Leitung 14 und dem Pumpenarbeitsraum 22 geöffnet ist. Durch den sich dann im Steuerdruckraum 52 aufbauenden Hochdruck wird auf das Einspritzventilglied 28 eine die Schließfeder 44 unterstützende Kraft erzeugt, so daß das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt und die Kraftstoffeinspritzung unterbrochen wird. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß für die Beendigung der Voreinspritzung der Aktor 64 derart durch die Steuereinrichtung 74 angesteuert wird, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so stark sinkt, daß beide Steuerventile 60,70 in ihre erste Schaltstellung umschalten und durch das erste Steuerventil 60 die Verbindung des Leitungsteils 56 und damit der Leitung 14 und des Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet wird, so daß der Druck im Pumpenarbeitsraum 22, in der Leitung 14 und im Druckraum 40 sich in den Kraftstoffvorratsbehälter 24 entlastet.

**[0018]** Nachfolgend wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 wieder derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so stark ansteigt, daß die beiden Steuerventile 60,70 in ihre zweite Schaltstellung umgeschaltet werden. Im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 baut sich dann Hochdruck entsprechend dem Profil des Nockens 20 auf und das Kraftstoffeinspritzventil 12 öffnet, da der Steuerdruckraum 52 entlastet ist. Es erfolgt dann eine Einspritzung von Kraftstoff in einer in Figur 2 mit II bezeichneten Haupteinspritzphase. Es kann vorgesehen sein, daß der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert wird, daß der Druck im Aktordruckraum 66 zunächst nur so stark ansteigt, daß nur das erste Steuerventil 60 in seine zweite Schaltstellung umgeschaltet wird, während das zweite Steuerventil 70 in seiner ersten Schaltstellung verbleibt. In diesem Fall steigt der Druck im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 an, jedoch kann das Kraftstoffeinspritzventil 12 wegen des im Steuerdruckraum 52 herrschenden Hochdrucks nicht öffnen. Nachfolgend wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 weiter ansteigt, so daß auch das zweite Steuerventil 70 in seine zweite Schaltstellung umgeschaltet wird, so daß im Steuerdruckraum 52 kein Hochdruck mehr herrscht und das Kraftstoffeinspritzventil 12 öffnet. Es kann somit mit dieser zeitlich verzögerten Umschaltung des zweiten Steuerventils 70 der Öffnungsdruck des Kraftstoffeinspritzventils 12 verändert werden, wobei sich mit zunehmender zeitlicher Verzögerung ein höherer Öffnungsdruck ergibt. Der Druckverlauf an den Einspritzöffnungen 32 hierfür ist in Figur 2 mit gestrichelten Linien dargestellt.

**[0019]** Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so stark absinkt, daß das zweite Steuerventil 70 in seine erste Schaltstellung umschaltet während das erste Steuerventil 60 in seiner zweiten Schaltstellung verbleibt. Somit baut sich im Steuerdruckraum 52 Hochdruck auf,

durch den das Kraftstoffeinspritzventil 12 geschlossen wird. Im Druckraum 40 herrscht durch das in seiner zweiten Schaltstellung verbleibende erste Steuerventil 60 ebenfalls Hochdruck. Für eine Nacheinspritzung von Kraftstoff in einer in Figur 2 mit III bezeichneten Phase wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 wieder so stark ansteigt, daß das zweite Steuerventil 70 in seine zweite Schaltstellung umschaltet, so daß im Steuerdruckraum 52 kein Hochdruck mehr herrscht und das Kraftstoffeinspritzventil 12 infolge des im Druckraum 40 herrschenden Hochdrucks öffnet. Zur Beendigung der Kraftstoffeinspritzung wird der Aktor 64 durch die Steuereinrichtung 74 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 66 so stark absinkt, daß beide Steuerventile 60,70 in ihre erste Schaltstellung umschalten.

**[0020]** Durch die Anordnung beider Steuerventile 60,70 am Kraftstoffeinspritzventil 12 sind nur zu diesem elektrischen Leitungen 75 zur Steuereinrichtung 74 erforderlich, während zur Kraftstoffpumpe 10 keine elektrischen Leitungen und nur die hydraulische Leitung 14 erforderlich ist. Die beiden Steuerventile 60,70 befinden sich bei nicht angesteuertem, das heißt spannungslosem Aktor 64 und somit drucklosem Aktordruckraum 66 jeweils in ihrer ersten Schaltstellung, so daß die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet ist und die Verbindung des Steuerdruckraums 52 mit dem Leitungsteil 57 geöffnet ist.

**[0021]** In Figur 3 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der Aufbau im wesentlichen gleich ist wie beim ersten Ausführungsbeispiel und abweichend lediglich vorgesehen ist, daß die beiden Steuerventile 160,170 jeweils einen eigenen Aktor 162 bzw. 172 zur Bewegung des jeweiligen Ventilglieds 161 bzw. 171 gegen jeweils eine Rückstellfeder 168 bzw. 178 aufweisen. Die Aktoren 162,172 können als Piezoaktoren oder als Elektromagnete ausgebildet sein und werden durch die Steuereinrichtung 174 angesteuert. Die beiden Steuerventile 160,170 sind wiederum am Kraftstoffeinspritzventil 12 angeordnet, so daß zur Kraftstoffpumpe 10 keine elektrischen Leitungen erforderlich sind. Die Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist gleich wie beim ersten Ausführungsbeispiel beschrieben und es kann der in Figur 2 dargestellte Druckverlauf an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 erreicht werden.

**[0022]** In Figur 4 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei der grundsätzliche Aufbau wieder gleich wie beim ersten Ausführungsbeispiel ist, jedoch die Steuerventile 260,270 modifiziert sind. Für beide Steuerventile 260,270 ist ein gemeinsamer Aktor 264 vorgesehen, der durch die Steuereinrichtung 274 angesteuert wird und durch den der Druck im Aktordruckraum 266 steuerbar ist. Das erste Steuerventil 260 ist als 2/3-Wegeventil ausgebildet, das ein Ventilglied 261 aufweist, das einerseits vom Druck im Aktordruckraum 266 und anderer-

seits von der Kraft einer Rückstellfeder 268 beaufschlagt ist. Das erste Steuerventil 260 ist zwischen drei Schaltstellungen umschaltbar. In einer ersten Schaltstellung des Steuerventils 260 ist die Verbindung des Leitungsteils 56 und damit der Leitung 14 und des Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 voll geöffnet. In einer zweiten Schaltstellung des Steuerventils 260 ist die Verbindung des Leitungsteils 56 und damit der Leitung 14 und des Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 über eine Drosselstelle 263 mit geringerem Querschnitt als in der ersten Schaltstellung geöffnet. In einer dritten Schaltstellung des Steuerventils 260 ist der Leitungsteil 56 und damit die Leitung 14 und der Pumpenarbeitsraum 22 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt. Bei nicht angesteuertem Aktor 264 und somit geringem Druck im Aktordruckraum 266 befindet sich das erste Steuerventil 260 in seiner ersten Schaltstellung, in der die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 voll geöffnet ist. Bei derart angesteuertem Aktor 264, daß der Druck im Aktordruckraum 266 etwas erhöht ist, befindet sich das erste Steuerventil 260 in seiner zweiten Schaltstellung, in der die Verbindung des Leitungsteils 56 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 über die Drosselstelle 263 geöffnet ist. Bei derart angesteuertem Aktor 264, daß im Aktordruckraum 266 ein hoher Druck herrscht, befindet sich das Steuerventil 260 in seiner dritten Schaltstellung, in der der Leitungsteil 56 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist.

**[0023]** Das zweite Steuerventil 270 ist wie beim ersten Ausführungsbeispiel als 2/2-Wegeventil ausgebildet und weist ein gegen die Kraft einer Rückstellfeder 278 verschiebbares Ventilglied 271 auf. Bei nicht angesteuertem Aktor 264 und damit geringem Druck im Aktordruckraum 266 befindet sich das zweite Steuerventil 270 in einer ersten Schaltstellung, in der der Steuerdruckraum 52 vom Leitungsteil 57 getrennt ist. Bei derart angesteuertem Aktor 264, daß im Aktordruckraum 266 ein hoher Druck herrscht, befindet sich das Steuerventil 270 in einer zweiten Schaltstellung, in der die Verbindung des Steuerdruckraums 52 mit dem Leitungsteil 57 geöffnet ist. Für die Umschaltung des zweiten Steuerventils 270 in seine zweite Schaltstellung ist ein höherer Druck im Aktordruckraum 266 erforderlich als für die Umschaltung des ersten Steuerventils 260 in seine dritte Schaltstellung. Die Vorspannung der Rückstellfeder 278 des zweiten Steuerventils 270 kann hierbei größer sein als die Vorspannung der Rückstellfeder 268 des ersten Steuerventils 260.

**[0024]** Nachfolgend wird die Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel beschrieben, soweit diese von der gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel abweicht. In Figur 5 ist der zeitliche Verlauf des Drucks an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 während einem Einspritzzyklus für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel dargestellt. Für die Voreinspritzung in der Phase I wird das erste Steuer-

ventil 260 durch entsprechende Ansteuerung des Aktors 264 in seine dritte Schaltstellung gebracht, während das zweite Steuerventil 270 in seiner ersten Schaltstellung verbleibt. Für die Beendigung der Voreinspritzung wird der Aktor 264 nicht mehr angesteuert, so daß das erste Steuerventil 260 in seine erste Schaltstellung umschaltet.

**[0025]** Für die Haupteinspritzung in der Phase II wird das erste Steuerventil 260 durch entsprechende Ansteuerung des Aktors 264 in seine zweite Schaltstellung gebracht, so daß der Leitungsteil 56 und damit die Leitung 14 und der Pumpenarbeitsraum 22 über die Drosselstelle 263 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 verbunden sind. Über die Drosselstelle 263 kann Kraftstoff in den Kraftstoffvorratsbehälter 24 abfließen, so daß sich im Pumpenarbeitsraum 22, der Leitung 14 und dem Druckraum 40 nicht der volle Druck entsprechen dem Profil des Nockens 20 aufbauen kann sondern nur ein geringerer Druck, durch den das Kraftstoffeinspritzventil 12 geöffnet wird und die Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Die Haupteinspritzung beginnt daher mit einem relativ geringen Druck wie dies in Figur 5 dargestellt ist. Mit zeitlicher Verzögerung nach Beginn der Haupteinspritzung wird das erste Steuerventil 260 durch entsprechende Ansteuerung des Aktors 264 in seine dritte Schaltstellung umgeschaltet, so daß der Leitungsteil 56 und die Leitung 14 sowie der Pumpenarbeitsraum 22 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt sind und sich im Druckraum 40 der volle Hochdruck entsprechend dem Profil des Nockens 20 aufbaut und die Kraftstoffeinspritzung mit hohem Druck erfolgt.

**[0026]** Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird das zweite Steuerventil 270 durch entsprechende Ansteuerung des Aktors 264 und Einstellung eines hohen Drucks im Aktordruckraum 266 in seine zweite Schaltstellung gebracht, so daß der Steuerdruckraum 52 mit dem Leitungsteil 57 und damit der Leitung 14 und dem Pumpenarbeitsraum 22 verbunden ist, so daß im Steuerdruckraum 52 Hochdruck herrscht und das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt. Für eine Nacheinspritzung in der Phase III wird der Aktor 264 wieder derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 266 absinkt, so daß das zweite Steuerventil 270 wieder in seine erste Schaltstellung gelangt und der Steuerdruckraum 52 vom Leitungsteil 57 getrennt ist, so daß das Kraftstoffeinspritzventil 12 bedingt durch den im Druckraum 40 herrschenden Druck wieder öffnet. Zur Beendigung der Nacheinspritzung wird der Aktor 264 derart angesteuert, daß der Druck im Aktordruckraum 266 so stark absinkt, daß die Steuerventile 260,270 wieder in ihre erste Schaltstellungen umschalten.

**[0027]** In Figur 6 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der grundsätzliche Aufbau gleich ist wie beim ersten Ausführungsbeispiel und lediglich die Anordnung des zweiten Steuerventils 370 geändert ist. Es wird daher nachfolgend nur die Anordnung und Ausbildung des zweiten Steuerventils 370 näher erläutert. Der Leitungs-

teil 357 mündet in den Steuerdruckraum 52 und ist ständig geöffnet, wobei in diesem eine Drosselstelle vorgesehen sein kann. Vom Steuerdruckraum 52 führt eine Verbindung 358 zu einem Entlastungsraum, als der beispielsweise der Kraftstoffvorratsbehälter 24 dient. Durch das zweite Steuerventil 370 wird die Verbindung 358 des Steuerdruckraums 52 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 gesteuert. In der Verbindung 358 ist wenigstens eine Drosselstelle 359 vorgesehen. Das zweite Steuerventil 370 ist als 2/2-Wegeventil ausgebildet und weist ein Ventilglied 371 auf, das gegen die Kraft einer Rückstellfeder 378 zwischen zwei Schaltstellungen bewegbar ist. In einer ersten Schaltstellung des Steuerventils 370 wird durch dieses die Verbindung 358 des Steuerdruckraums 52 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet. In einer zweiten Schaltstellung des Steuerventils 370 wird durch dieses der Steuerdruckraum 52 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt. Die beiden Steuerventile 360,370 werden von einem gemeinsamen Aktor 364 gesteuert, durch den der Druck in einem Aktordruckraum 366 bestimmt wird. Die Funktionsweise der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel ist gleich wie beim ersten Ausführungsbeispiel, wobei sich jedoch das zweite Steuerventil 370 während der Einspritzung in seiner ersten Schaltstellung befindet, in der die Verbindung 358 des Steuerdruckraums 52 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet ist, so daß sich im Steuerdruckraum 52 kein Hochdruck aufbauen kann. Das erste Steuerventil 360 befindet sich während der Einspritzung in seiner zweiten Schaltstellung, in der der Leitungsteil 356 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist. Der Aktor 364 ist während der Einspritzung durch die Steuereinrichtung 374 derart angesteuert, daß im Aktordruckraum 366 ein ausreichend hoher Druck herrscht, um das erste Steuerventil 360 in seine zweite Schaltstellung zu schalten, während das zweite Steuerventil 370 in seiner ersten Schaltstellung verbleibt. Zur Beendigung der Einspritzung wird das zweite Steuerventil 370 durch Erhöhung des Drucks im Aktordruckraum 366 in seine zweite Schaltstellung umgeschaltet, so daß der Steuerdruckraum 52 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist und sich in diesem Hochdruck aufbaut, durch den das Kraftstoffeinspritzventil 12 geschlossen wird. Mit der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel kann ein Druckverlauf an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 gemäß Figur 2 erreicht werden. Bei nicht angesteuertem, das heißt stromlosem Aktor 364 befindet sich das zweite Steuerventil 370 in seiner ersten Schaltstellung, in der die Verbindung 358 des Steuerdruckraums 52 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet ist.

**[0028]** Anstelle des als 2/2-Wegeventil ausgebildeten ersten Steuerventils 360 kann bei der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel auch ein als 2/3-Wegeventil ausgebildetes erstes Steuerventil wie beim dritten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 vorgesehen werden. Hiermit kann ein

Druckverlauf an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 gemäß Figur 5 erreicht werden.

[0029] Bei der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel kann außerdem auch vorgesehen sein, daß wie beim zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 für die Steuerventile 360,370 getrennte Aktoren vorgesehen sind.

[0030] In Figur 7 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem gegenüber dem vierten Ausführungsbeispiel lediglich die Schaltstellungen des zweiten Steuerventils 470 vertauscht sind. In seiner ersten Schaltstellung ist durch das zweite Steuerventil 470 der Steuerdruckraum 52 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt und in seiner zweiten Schaltstellung ist durch das zweite Steuerventil 470 die Verbindung 458 des Steuerdruckraums 52 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 geöffnet. Bei nicht angesteuertem, das heißt stromlosem Aktor 464 befindet sich das zweite Steuerventil 470 in seiner ersten Schaltstellung, in der der Steuerdruckraum 52 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist. Während der Einspritzung wird der Aktor 464 durch die Steuereinrichtung 474 derart angesteuert, daß im Aktordruckraum 466 ein ausreichend hoher Druck herrscht um sowohl das erste Steuerventil 460 als auch das zweite Steuerventil 470 in ihre zweite Schaltstellung zu schalten. Zur Beendigung der Einspritzung wird der Druck im Aktordruckraum 466 durch entsprechende Ansteuerung des Aktors 464 derart verringert, daß das zweite Steuerventil 470 in seine erste Schaltstellung umschaltet, so daß der Steuerdruckraum 52 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist, jedoch das erste Steuerventil 460 in seiner zweiten Schaltstellung verbleibt, so daß die Leitung 456 vom Kraftstoffvorratsbehälter 24 getrennt ist.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen mit einer Kraftstoffpumpe (10) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine, die einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben (18) aufweist, der einen Pumpenarbeitsraum (22) begrenzt, welcher über eine Leitung (14) mit einem getrennt von der Kraftstoffpumpe (10) an der Brennkraftmaschine angeordneten Kraftstoffeinspritzventil (12) verbunden ist, das ein Einspritzventilglied (28) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (32) gesteuert wird und das durch den im Pumpenarbeitsraum (22) erzeugten Druck gegen eine Schließkraft in Öffnungsrichtung (29) bewegbar ist, wobei ein erstes elektrisch angesteuertes Steuerventil (60;160;260;360;460) vorgesehen ist, durch das zumindest mittelbar eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums (22) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert wird, und wobei ein zweites elektrisch angesteuertes Steuerventil (70;170;270;370;470) vorgese-

hen ist, durch das der in einem Steuerdruckraum (52) des Kraftstoffeinspritzventils (12) herrschende Druck gesteuert wird, durch den das Einspritzventilglied (28) zumindest mittelbar in Schließrichtung beaufschlagt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** beide Steuerventile (60;160;260;360;460;70;170;270;370;470) am Kraftstoffeinspritzventil (12) angeordnet sind.

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Leitung (14) in einen Ventilkörper (26) des Kraftstoffeinspritzventils (12) mündet und sich in diesem in eine in einen das Einspritzventilglied (28) umgebenden Druckraum (40) mündende Leitung (54) und eine zu den Steuerventilen (60;160;260;360;460;70;170;270;370;470) führende Leitung (55) verzweigt.
3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch das zweite Steuerventil (70;170;270) eine Verbindung des Steuerdruckraums (52) zumindest mittelbar mit der Leitung (14) gesteuert wird.
4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Steuerdruckraum (52) eine ständig geöffnete Verbindung (58) mit einem Entlastungsraum (24) aufweist, in der wenigstens eine Drosselstelle (59) vorgesehen ist.
5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das zweite Steuerventil (70;170;270) ein 2/2-Wegeventil ist, durch das in einer ersten Schaltstellung der Steuerdruckraum (52) zumindest mittelbar mit der Leitung (14) verbunden ist und durch das in einer zweiten Schaltstellung der Steuerdruckraum (52) von der Leitung (14) getrennt ist.
6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Steuerdruckraum (52) eine ständig geöffnete Verbindung (358;458) zumindest mittelbar mit der Leitung (14) aufweist und daß durch das zweite Steuerventil (370;470) eine Verbindung (358;458) des Steuerdruckraums (52) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert wird.
7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Verbindung (358;458) des Steuerdruckraums (52) mit dem Entlastungsraum (24) wenigstens eine Drosselstelle (359;459) vorgesehen ist.
8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das zweite Steuerventil (370;470) ein 2/2-Wegeventil ist, durch das in einer ersten Schaltstellung der Steuerdruckraum

(52) mit dem Entlastungsraum (24) verbunden ist und durch das in einer zweiten Schaltstellung der Steuerdruckraum (52) vom Entlastungsraum (24) getrennt ist.

5

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Steuerventil (60;160;360;460) ein 2/2-Wegeventil ist, durch das in einer ersten Schaltstellung die Leitung (14) zumindest mittelbar mit dem Entlastungsraum (24) verbunden ist und durch das in einer zweiten Schaltstellung die Leitung (14) vom Entlastungsraum (24) getrennt ist.

10

10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Steuerventil (260;360) ein 2/3-Wegeventil ist, durch das in einer ersten Schaltstellung die Leitung (14) zumindest mittelbar mit dem Entlastungsraum (24) ungedrosselt verbunden ist, durch das in einer zweiten Schaltstellung die Leitung (14) zumindest mittelbar mit dem Entlastungsraum (24) über eine Drosselstelle (263) verbunden ist und durch das in einer dritten Schaltstellung die Leitung (14) vom Entlastungsraum (24) getrennt ist.

15

20

25

11. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** beide Steuerventile (60;260;360;460;70;270;370;470) durch einen gemeinsamen Aktor (64;264;364;464) gesteuert werden.

30

35

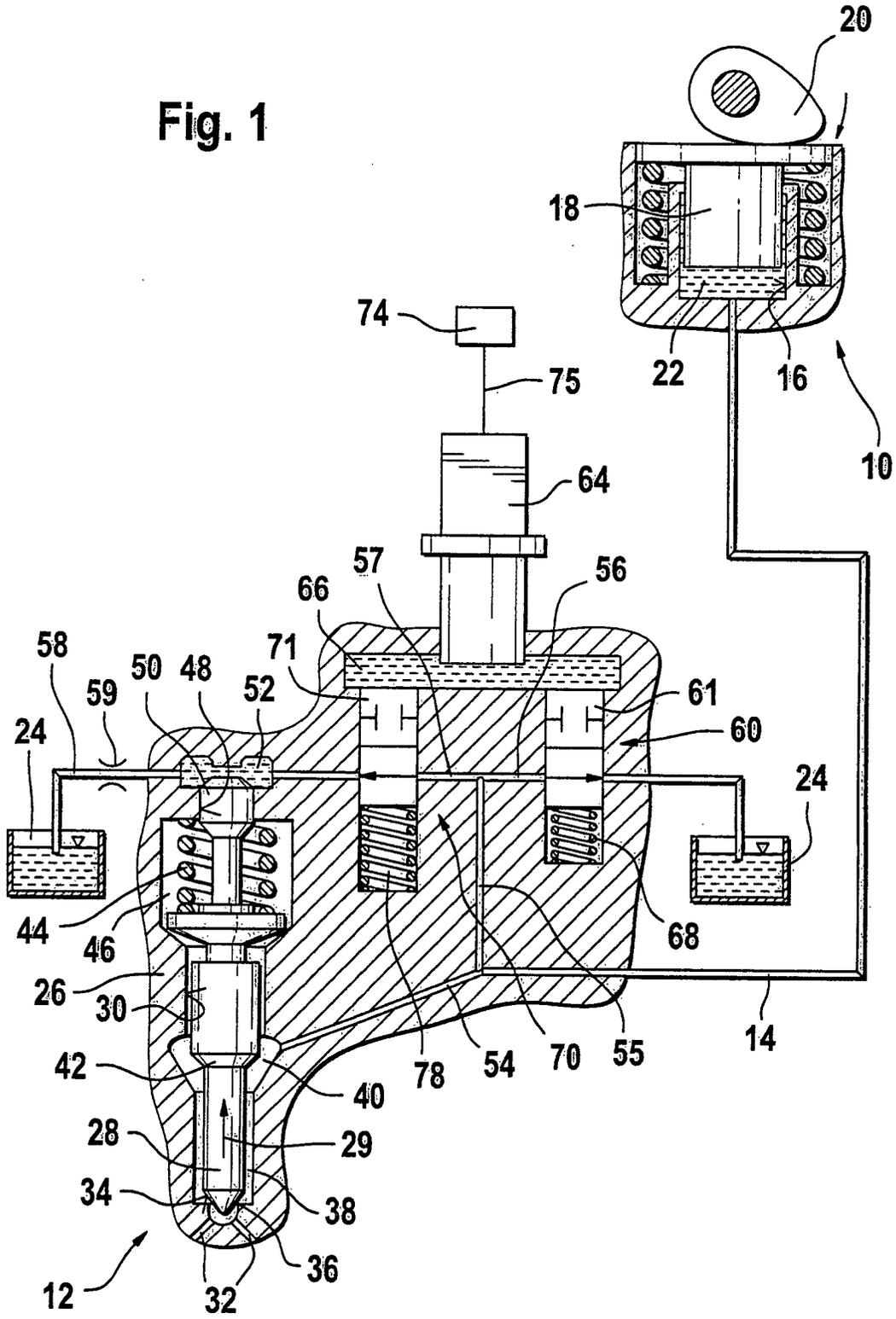
40

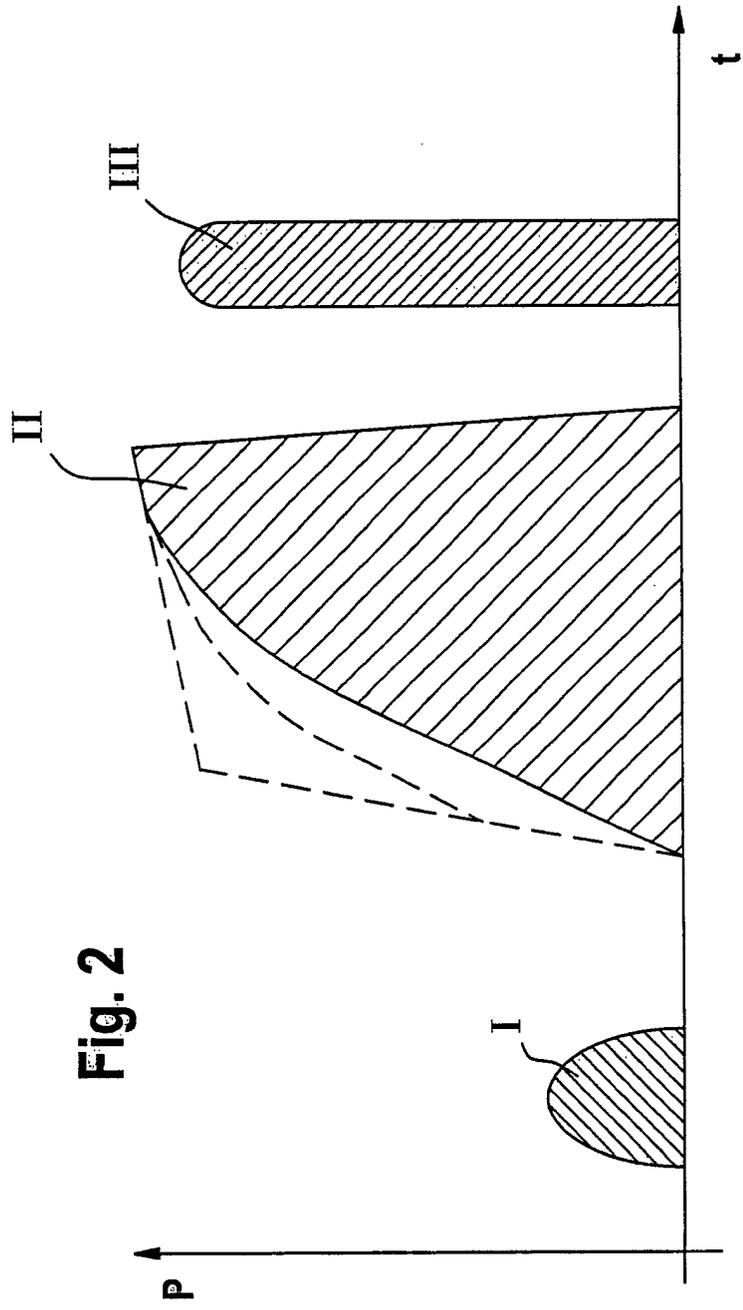
45

50

55

Fig. 1





**Fig. 2**

Fig. 3

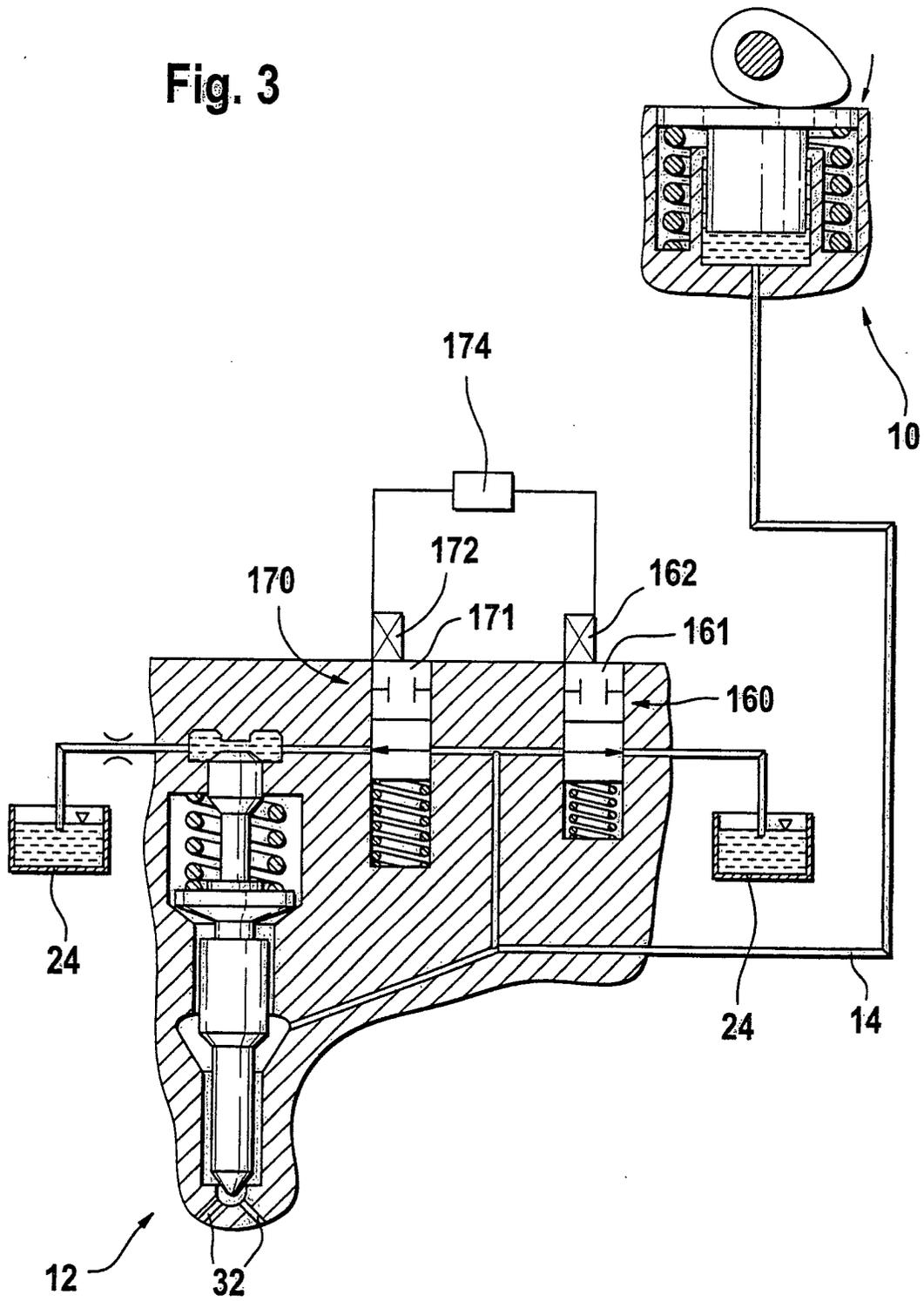
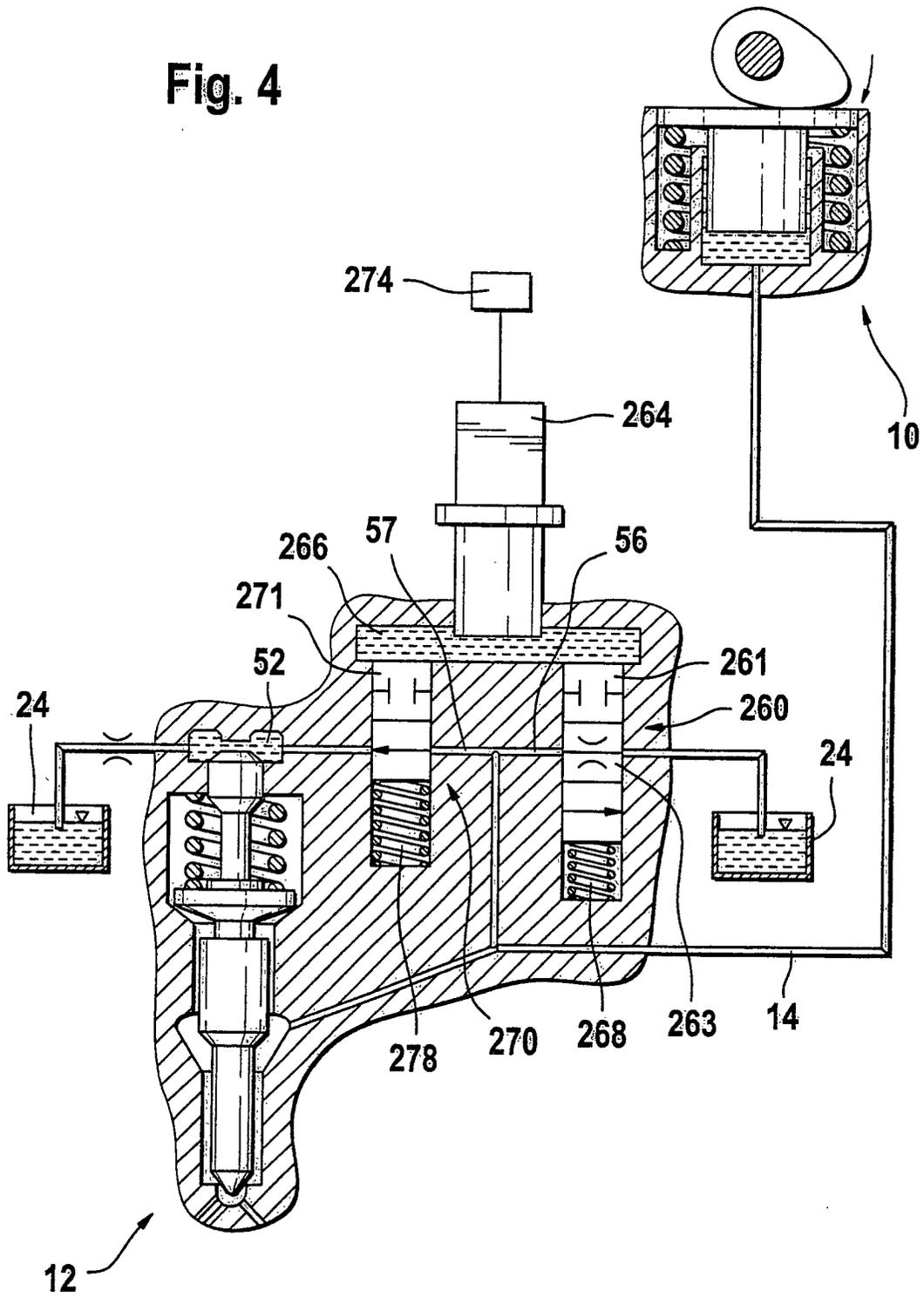


Fig. 4



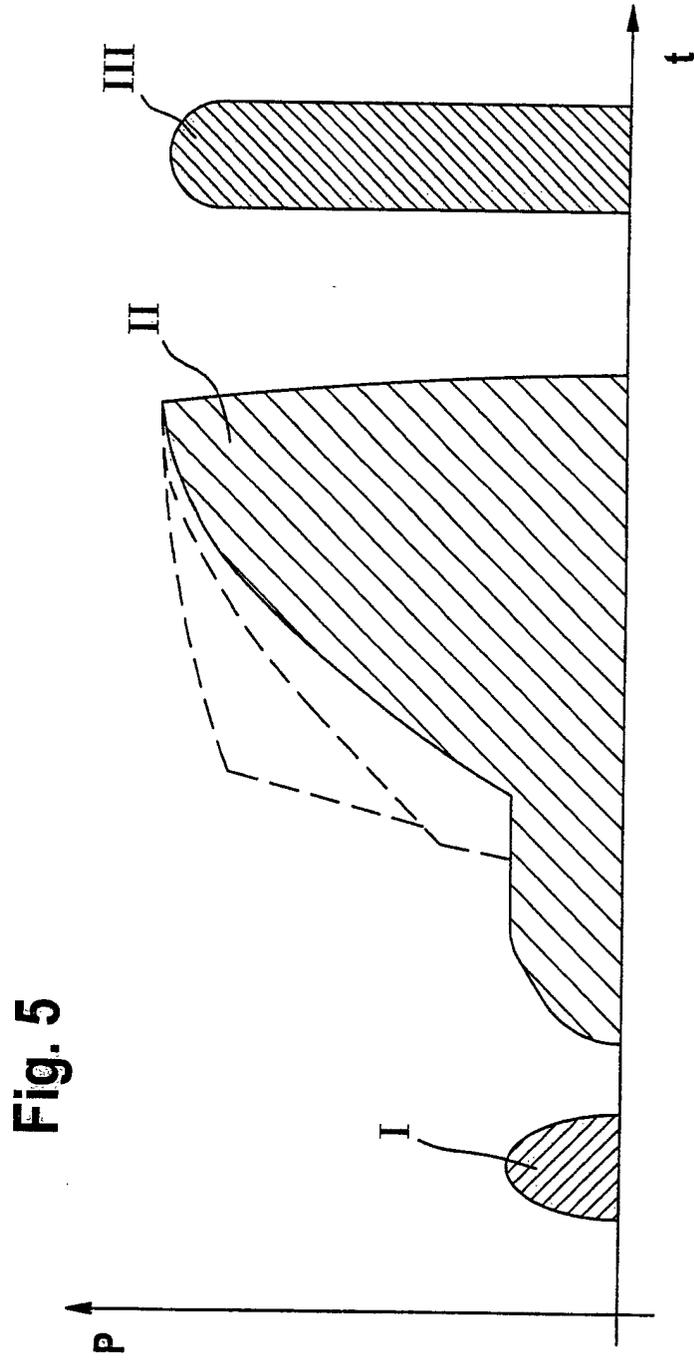


Fig. 6

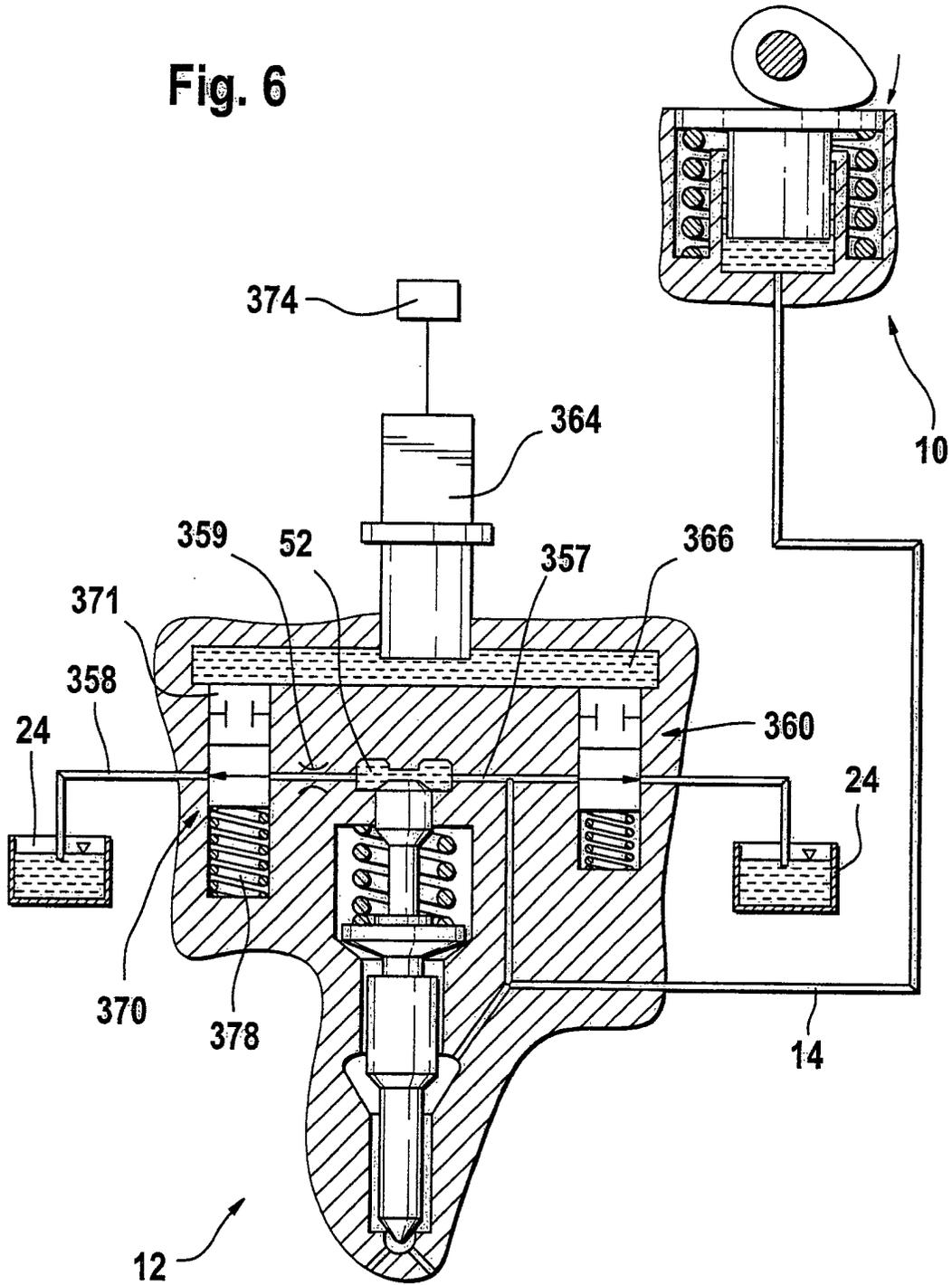


Fig. 7

