(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 310 666 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.05.2003 Patentblatt 2003/20

(21) Anmeldenummer: **02022357.4**

(22) Anmeldetag: **08.10.2002**

(51) Int Cl.[7]: **F02M 47/02**, F02M 57/02, F02M 59/36, F02M 45/02, F02M 45/12

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

(30) Priorität: **10.11.2001 DE 10155412**

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

(72) Erfinder: **Potschin, Roger**
74336 Brackenheim (DE)

(74) Vertreter: **Gruber, Peter (DE) et al**
Robert Bosch GmbH
Patentabteilung
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart (DE)

(54) Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine

(57) Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist für für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine eine Kraftstoffhochdruckpumpe (10) und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeispritzventil (12) auf. Ein Pumpenkolben (18) der Kraftstoffhochdruckpumpe (10) wird durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetrieben und begrenzt einen Pumpenarbeitsraum (22), der mit einem Druckraum (40) des Kraftstoffeinspritzventils (12) verbunden ist, das ein Einspritzventilglied (28) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (32) gesteuert wird und das durch den im Druckraum (40) herrschenden Druck gegen eine Schließkraft in einer Öffnungsrichtung (29) bewegbar ist. Durch eine erste Steuerventileinrichtung (62), wird eine ungedrosselte Verbindung (59) und eine Verbindung (60) über eine Drosselstelle (58) des Pumpenarbeitsraums (22) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert und durch eine zweite Steuerventileinrichtung (70) wird eine Verbindung (68) eines mit dem Pumpenarbeitsraum (22) verbundenen Steuerdruckraums (52) des Kraftstoffeinspritzventils (12) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert, wobei das Einspritzventilglied (28) durch den im Steuerdruckraum (52) herrschenden Druck in Schließrichtung beaufschlagt ist.

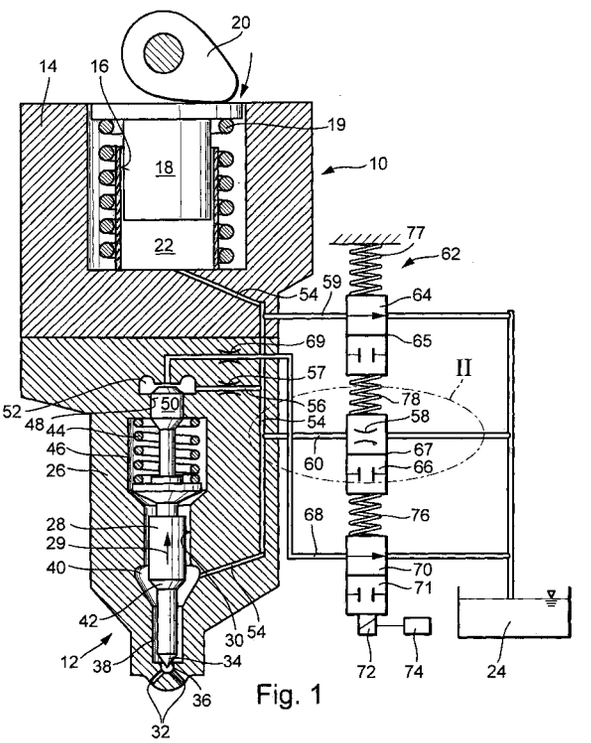

Fig. 1

EP 1 310 666 A2

Beschreibung

Stand der Technik

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

[0002] Eine solche Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist durch die EP 0 957 261 A1 bekannt. Diese Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine Kraftstoffhochdruckpumpe und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine auf. Die Kraftstoffhochdruckpumpe weist einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben auf, der einen Pumpenarbeitsraum begrenzt. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen mit dem Pumpenarbeitsraum verbundenen Druckraum und ein Einspritzventilglied auf, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird und das durch den im Druckraum herrschenden Druck gegen eine Schließkraft in Öffnungsrichtung zur Freigabe der wenigstens einen Einspritzöffnung bewegbar ist. Es ist eine erste Steuerventileinrichtung bestehend aus einem Steuerventil vorgesehen, durch das eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums mit einem Entlastungsraum gesteuert wird. Es ist außerdem eine zweite Steuerventileinrichtung bestehend aus einem Steuerventil vorgesehen, durch das eine Verbindung eines Steuerdruckraums mit einem Entlastungsraum gesteuert wird.

[0003] Das Einspritzventilglied ist durch den im Steuerdruckraum herrschenden Druck zumindest mittelbar in Schließrichtung beaufschlagt und der Steuerdruckraum ist mit dem Pumpenarbeitsraum verbunden. Beide Steuerventileinrichtungen werden durch einen einzigen gemeinsamen elektromagnetischen Aktor geschaltet. Nachteilig bei dieser bekannten Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist, daß eine Kraftstoffeinspritzung nur entsprechend dem durch die Kraftstoffpumpe erzeugten Druckniveau möglich ist und der Druck, mit dem die Kraftstoffeinspritzung erfolgt nicht verändert werden kann.

Vorteile der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß durch die erste Steuerventileinrichtung, wenn durch diese die gedrosselte Verbindung des Pumpenarbeitsraums mit dem Entlastungsraum oder die Verbindung des Pumpenarbeitsraums über die Drosselstelle oder das Druckventil mit dem Entlastungsraum geöffnet ist, eine Kraftstoffeinspritzung mit einem verringerten Druckniveau ermöglicht ist. Hierdurch kann eine Voreinspritzung von Kraftstoff mit verringertem Druckniveau erfolgen und/oder der Beginn einer Haupteinspritzung kann mit einem verringerten Druckniveau erfolgen, wodurch der Schadstoffausstoß und das Geräusch der Brennkraftmaschine verringert werden können.

[0005] In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzeinrichtung angegeben.

Zeichnung

[0006] Zwei 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 mit II bezeichneten Ausschnitt der Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit einer modifizierten Ausführung, Figur 3 einen Verlauf eines Druckes an Einspritzöffnungen eines Kraftstoffeinspritzventils der Kraftstoffeinspritzeinrichtung, Figur 4 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung in schematischer Darstellung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, Figur 5 eine konstruktive Ausführung der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel und Figur 6 einen mit VI bezeichneten Ausschnitt der Kraftstoffeinspritzeinrichtung von Figur 5 in vergrößerter Darstellung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0007] In den Figuren 1,2 und 4 bis 6 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise eine selbstzündende Brennkraftmaschine. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist vorzugsweise als sogenannte Pumpe-Düse-Einheit ausgebildet und weist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine jeweils eine Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil 12 auf, die eine gemeinsame Baueinheit bilden. Alternativ kann die Kraftstoffeinspritzeinrichtung auch als sogenanntes Pumpe-Leitung-Düse-System ausgebildet sein, bei dem die Kraftstoffhochdruckpumpe und das Kraftstoffeinspritzventil jedes Zylinders getrennt voneinander angeordnet und über eine Leitung miteinander verbunden sind. Die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 weist einen Pumpenkörper 14 mit einer Zylinderbohrung 16 auf, in der ein Pumpenkolben 18 dicht geführt ist, der zumindest mittelbar durch einen Nocken 20 einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine entgegen der Kraft einer Rückstellfeder 19 in einer Hubbewegung angetrieben wird. Der Pumpenkolben 18 begrenzt in der Zylinderbohrung 16 einen Pumpenarbeitsraum 22, in dem beim Förderhub des Pumpenkolbens 18 Kraftstoff unter Hochdruck verdichtet wird. Dem Pumpenarbeitsraum 22 wird Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 24 des Kraftfahrzeugs zugeführt.

[0008] Das Kraftstoffeinspritzventil 12 weist einen mit dem Pumpenkörper 14 verbundenen Ventilkörper 26 auf, der mehrteilig ausgebildet sein kann, und in dem ein Einspritzventilglied 28 in einer Bohrung 30 längsver-

schiebbar 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 in dessen dem Brennraum zugewandtem Endbereich 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 in seinem dem Ventilsitz 36 abgewandten Endbereich durch eine radiale Erweiterung der Bohrung 30 in einen das Einspritzventilglied 28 umgebenden Druckraum 40 übergeht. Das Einspritzventilglied 28 weist auf Höhe des Druckraums 40 durch eine Querschnittsverringerung 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 Einspritzventilglied 28 abgewandten Stirnseite einen Steuerdruckraum 52 im Ventilkörper 26. Im Ventilkörper 26 und im Pumpenkörper 14 ist ein Kanal 54 ausgebildet, über den der Druckraum 40 mit dem Pumpenarbeitsraum 22 verbunden ist.

[0009] Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist in Figur 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Vom Kanal 54 zweigt eine Verbindung 56 zum Steuerdruckraum 52 ab, wobei in der Verbindung 56 vorzugsweise wenigstens eine Drosselstelle 57 vorgesehen ist. Vom Kanal 54 zweigt eine erste Verbindung 59 zu einem Entlastungsraum ab, als der beispielsweise zumindest mittelbar der Kraftstoffvorratsbehälter 24 oder ein anderer Bereich mit geringem Druck dient. Vom Kanal 54 zweigt außerdem eine zweite Verbindung 60 zu einem Entlastungsraum 24 ab. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist beim ersten Ausführungsbeispiel eine erste Steuerventileinrichtung 62 auf, die aus zwei Steuerventilen 64 und 66 besteht. Durch ein erstes Steuerventil 64 wird dabei die erste Verbindung 59 des Kanals 54 und damit des Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Entlastungsraum 24 gesteuert und durch ein zweites Steuerventil 66 wird die zweite Verbindung des Kanals 54 und damit der Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Entlastungsraum 24 gesteuert. Die beiden Steuerventile 64,66 sind jeweils als 2/2-Wegeventil ausgebildet und zwischen einer ersten Schaltstellung, in der die Verbindung 59 bzw. 60 geöffnet ist, und einer zweiten Schaltstellung, in der die Verbindung 59 bzw. 60 getrennt ist, umschaltbar. In der ersten, geöffneten Schaltstellung wird durch das erste Steuerventil 64 über die Verbindung 59 eine ungedrosselte Verbindung freigegeben. In der ersten, geöffneten Schaltstellung wird durch das zweite Steuerventil 66 über die Verbindung 60 eine gedrosselte Verbindung mit einer Drosselstelle 58 freigegeben.

[0010] Vom Steuerdruckraum 52 führt eine Verbindung 68 zu einem Entlastungsraum ab, als der wiederum zumindest mittelbar der Kraftstoffvorratsbehälter 24 dienen kann. In der Verbindung 68 ist vorzugsweise eine Drosselstelle 69 vorgesehen. Die Verbindung 68 wird durch eine zweite Steuerventileinrichtung 70 gesteuert, die aus einem Steuerventil besteht, das als 2/2-Wegeventil ausgebildet ist und das zwischen einer ersten Schaltstellung, in der die Verbindung 68 geöffnet ist, und einer zweiten Schaltstellung, in der die Verbindung 68 getrennt ist, umschaltbar ist.

[0011] Beide Steuerventileinrichtungen 62 und 70 werden durch einen einzigen gemeinsamen elektromagnetischen Aktor 72 betätigt. Der Aktor 72 wird durch eine elektronische Steuereinrichtung 74 angesteuert. Die Steuerventile 64,66 und 70 weisen jeweils ein Ventilglied 65,67 und 71 auf, wobei der Aktor 72 beispielsweise am Ventilglied 71 des Steuerventils 70 angreift. Das Ventilglied 67 des Steuerventils 66 ist über eine erste Feder 76 mit dem Ventilglied 71 des Steuerventils 70 gekoppelt. Das Ventilglied 65 des Steuerventils 64 ist über eine zweite Feder 77 mit dem Ventilglied 67 des Steuerventils 66 gekoppelt. Am Ventilglied 65 des Steuerventils 64 greift außerdem der Feder 77 entgegenwirkend eine dritte Feder 78 an. Die Federn 76,77 und 78 sind derart aufeinander abgestimmt, daß die Steuerventile 64,66 und 70 bei Bestromung des Aktors 72 mit unterschiedlichen Stromniveaus teilweise unabhängig voneinander zwischen ihren ersten und zweiten Schaltstellungen umgeschaltet werden können. Wenn der Aktor 72 nicht bestromt ist, so befinden sich alle Steuerventile 64,66 und 70 jeweils in ihrer ersten Schaltstellung, so daß die Verbindungen 59,60 und 68 geöffnet sind. Es ist dann möglich bei Bestromung des Aktors 72 mit einem geringen ersten Stromniveau zunächst das erste Steuerventil 64 in seine zweite Schaltstellung gebracht wird, so daß die Verbindung 59 getrennt ist. Die Steuerventile 66 und 70 verbleiben dabei in ihrer ersten Schaltstellung, so daß die Verbindungen 60 und 68 geöffnet sind. Der Kanal 54 und damit der Pumpenarbeitsraum 22 weisen somit über das geöffnete Steuerventil 66 eine gedrosselte Verbindung 60 mit dem Entlastungsraum 24 auf und im Steuerdruckraum 52 kann sich kein Hochdruck aufbauen, da dieser über das geöffnete Steuerventil 70 mit dem Entlastungsraum 24 verbunden ist. Bei Bestromung des Aktors 72 mit einem zweiten höheren Stromniveau verbleibt das Steuerventil 64 in seiner geschlossenen Schaltstellung und zusätzlich wird auch das Steuerventil 66 in seine zweite geschlossene Schaltstellung gebracht, während das Steuerventil 70 weiterhin in seiner ersten geöffneten Schaltstellung verbleibt. Somit sind der Kanal 54 und

der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 getrennt und in diesen baut sich Hochdruck entsprechend der Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 auf. Bei Bestromung des Aktors 72 mit einem dritten nochmals höheren Stromniveau bleiben die Steuerventile 64,66 in ihrer geschlossenen Schaltstellung und es wird schließlich auch das Steuerventil 70 in seine zweite geschlossene Schaltstellung umgeschaltet. Somit ist der Steuerdruckraum 52 vom Entlastungsraum 24 getrennt und in diesem baut sich Hochdruck wie im Pumpenarbeitsraum 22 auf.

[0012] Nachfolgend wird die Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erläutert. In Figur 3 ist der Verlauf des Druckes p an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 über der Zeit t während einem Einspritzzyklus dargestellt. Beim Saughub des Pumpenkolbens 18 wird diesem Kraftstoff aus dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 zugeführt. Beim Förderhub des Pumpenkolbens 18 beginnt die Kraftstoffeinspritzung mit einer Voreinspritzung, wobei das Steuerventil 64 geschlossen wird, indem der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem ersten Stromniveau angesteuert wird. Der Kanal 54 und der Pumpenarbeitsraum 22 weisen dann nur noch die geöffnete gedrosselte Verbindung 60 mit dem Entlastungsraum 24 auf, so daß sich in diesen ein erhöhter Druck aufbaut, der jedoch geringer ist als der volle durch die Hubbwegung des Pumpenkolbens 18 erzeugte Druck. Der Steuerdruckraum 52 ist mit dem Entlastungsraum 24 verbunden, so daß sich in diesem kein Hochdruck aufbauen kann. Wenn der im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 herrschende Druck eine derartige Höhe erreicht hat, daß dieser über die Druckschulter 42 auf das Einspritzventilglied 28 eine in Öffnungsrichtung 29 wirkende Kraft ausübt, die größer ist als die Kraft der Schließfeder 44 und die durch den im Steuerdruckraum 52 herrschenden Restdruck auf den Kolben 50 ausgeübte Kraft, so hebt das Einspritzventilglied 28 mit seiner Dichtfläche 34 vom Ventilsitz 36 ab und Kraftstoff wird durch die Einspritzöffnungen 32 in den Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine eingespritzt. Der Öffnungsdruck des Kraftstoffeinspritzventils 12 ist dabei wegen dem geöffneten zweiten Steuerventil 68 nur von der Kraft der Schließfeder 44 und der durch den im Steuerdruckraum 52 herrschenden Restdruck auf den Kolben 50 ausgeübten Kraft abhängig. Die Voreinspritzung entspricht einer in Figur 3 mit I bezeichneten Einspritzphase. Die Voreinspritzung erfolgt wegen der geöffneten gedrosselten Verbindung 60 des Pumpenarbeitsraums 22 mit einem reduzierten Druck.

[0013] Zur Beendigung der Voreinspritzung wird das Steuerventil 64 wieder geöffnet, so daß die ungedrosselte Verbindung 59 des Pumpenarbeitsraums 22 mit dem Entlastungsraum 24 geöffnet ist, so daß sich im Pumpenarbeitsraum 22 kein erhöhter Druck aufbauen kann und das Kraftstoffeinspritzventil 12 bedingt durch die Schließfeder 44 schließt. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß zur Beendigung der Voreinspritzung der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem hohen dritten Stromniveau bestromt wird, so daß das Steuerventil 70 geschlossen wird, wodurch sich im Steuerdruckraum 52 Hochdruck aufbaut, der auf den Kolben 50 wirkt und über diesen das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt.

[0014] Für eine nachfolgende Haupteinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem ersten Stromniveau bestromt, so daß das Steuerventil 64 sich in seiner geschlossenen Schaltstellung befindet und der Pumpenarbeitsraum 22 die geöffnete gedrosselte Verbindung 60 mit dem Entlastungsraum 24 aufweist, so daß sich in diesem ein erhöhter Druck aufbaut, der jedoch geringer ist als der sich bei völliger Trennung vom Entlastungsraum 24 entsprechend der Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 sich aufbauende Hochdruck ist. Wenn der Druck im Druckraum 40 über die Druckschulter 42 eine höhere Kraft auf das Einspritzventilglied 28 erzeugt als die Schließfeder 44 und der im Steuerdruckraum 52 herrschende Druck, so öffnet das Kraftstoffeinspritzventil 12 für die Haupteinspritzung. Die Haupteinspritzung ist in Figur 3 mit II bezeichnet und beginnt mit einem reduzierten Druckniveau. Zu einem vorgegebenen Zeitpunkt wird durch Bestromung des Aktors 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem erhöhten zweiten Stromniveau das Steuerventil 66 in seine geschlossene zweite Schaltstellung gebracht, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 ganz getrennt ist und sich in diesem Hochdruck entsprechend der Hubbewegung des Pumpenkolbens 18 aufbaut. Die weitere Haupteinspritzung erfolgt dann wie in Figur 2 dargestellt mit hohem Druck. Durch Variation des Zeitpunkts, zu dem das Steuerventil 66 in seine geschlossene Schaltstellung gebracht wird, kann der Zeitpunkt des Druckanstiegs und der Verlauf des Druckanstiegs während der Haupteinspritzung variiert werden und damit optimal an die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine angepasst werden. Außerdem kann vorgesehen sein, daß vor Beginn der Haupteinspritzung sämtliche Steuerventile 64,66 und 70 in ihre geschlossene Stellung gebracht werden, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 getrennt ist und der Steuerdruckraum 52 vom Entlastungsraum 24 getrennt ist. Durch Variation des Zeitpunkts, zu dem das Steuerventil 70 in seine geöffnete Stellung gebracht wird, kann der Druck, bei dem das Kraftstoffeinspritzventil 12 öffnet und die Kraftstoffeinspritzung beginnt variiert werden, wie dies in Figur 2 mit gestrichelten Linien dargestellt ist.

[0015] Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird das Steuerventil 70 in seine geschlossene Schaltstellung gebracht, indem der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem dritten hohen Stromniveau bestromt wird. Der Steuerdruckraum 52 ist dann vom Entlastungsraum 24 getrennt, so daß sich in diesem Hochdruck aufbaut, durch den das Kraftstoffeinspritzventil 12 geschlossen wird. Für eine Nacheinspritzung wird das

Steuerventil 70 durch Bestromung des Aktors 72 mit dem zweiten Stromniveau nochmals geöffnet, so daß der Steuerdruckraum 52 wieder entlastet ist und das Kraftstoffeinspritzventil 12 öffnet. Die Nacheinspritzung entspricht einer in Figur 3 mit III bezeichneten Einspritzphase. Zur Beendigung der Nacheinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 stromlos geschaltet, so daß alle Steuerventile 64,66 und 70 in ihre geöffnete erste Schaltstellung gelangen und das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt.

[0016] Die Drosselstelle 58 kann wie in Figur 1 dargestellt im Steuerventil 66 angeordnet sein. Die Drosselstelle 58 kann jedoch alternativ auch in der Verbindung 60 vor oder nach dem Steuerventil 66 angeordnet sein. Weiterhin kann alternativ anstelle der Drosselstelle 58 auch wie in Figur 2 dargestellt ein zum Entlastungsraum 24 hin öffnendes Druckventil 61 vorgesehen sein. Das Druckventil 61 öffnet bei Überschreiten eines vorgegebenen Druckes im Pumpenarbeitsraum 22 und ermöglicht somit eine Voreinspritzung und den Beginn einer Haupteinspritzung mit reduziertem Druck. Das Druckventil 61 kann auch als Gleichdruckventil ausgebildet sein.

[0017] In den Figuren 4 bis 6 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt. Der grundsätzliche Aufbau mit der Kraftstoffhochdruckpumpe 10, dem Kraftstoffeinspritzventil 12 und der zweiten Steuerventileinrichtung 70 ist dabei gleich wie beim ersten Ausführungsbeispiel, jedoch ist die Ausführung der ersten Steuerventileinrichtung 162 modifiziert und wird nachfolgend näher erläutert. Vom Kanal 54 und damit dem Pumpenarbeitsraum 22 führt nur eine Verbindung 59 zum Entlastungsraum 24, die durch die erste Steuerventileinrichtung 162 gesteuert wird. Die erste Steuerventileinrichtung 162 besteht aus einem einzigen Steuerventil, das als 2/3-Wegeventil ausgebildet ist. Das Steuerventil 162 ist zwischen drei Schaltstellungen umschaltbar, wobei dieses in einer ersten Schaltstellung ganz geöffnet ist, in einer zweiten Schaltstellung eine Durchlass mit einer Drosselstelle 158 freigibt und in einer dritten Schaltstellung ganz geschlossen ist.

[0018] Das erste Steuerventil 162 und das zweite Steuerventil 70 werden durch den einzigen gemeinsamen elektromagnetischen Aktor 72 betätigt, der durch die Steuereinrichtung 74 angesteuert wird. Das erste Steuerventil 162 weist ein Ventilglied 163 auf, das mit dem Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 über eine Feder 176 gekoppelt ist. Das Ventilglied 163 des ersten Steuerventils 162 stützt sich über eine der Feder 176 entgegen wirkende zweite Feder 177 ab. Es ist außerdem eine dritte Feder 178 vorgesehen, die sich über eine bewegliche Abstützung 179 abstützt, an der das Ventilglied 163 nach Erreichen seiner zweiten Schaltstellung zur Anlage kommt und die der ersten Feder 176 entgegen wirkt.

[0019] Nachfolgend wird die Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erläutert. In nicht bestromtem Zustand des Aktors 72 befinden sich beide Steuerventile 162 und 70 jeweils in ihrer ganz geöffneten Stellung. Für die Voreinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit einem ersten erhöhten Stromniveau bestromt, so daß das erste Steuerventil 162 in seine zweite geöffnete Sschaltstellung gebracht wird, in der der Pumpenarbeitsraum 22 über die Drosselstelle 158 mit dem Entlastungsraum 24 verbunden ist. Das zweite Steuerventil 70 bleibt dabei geöffnet. Zur Beendigung der Voreinspritzung wird das erste Steuerventil 162 in seine erste geöffnete Schaltstellung gebracht, indem der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 stromlos geschaltet wird, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 entlastet ist und das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt. Für den Beginn der Haupteinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 wieder mit dem ersten erhöhten Stromniveau bestromt, so daß das erste Steuerventil 162 in seine zweite geöffnete Schaltstellung gebracht wird und die Verbindung 59 über die Drosselstelle 158 geöffnet ist. Für die weitere Haupteinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem zweiten weiter erhöhten Stromniveau bestromt, so daß das erste Steuerventil 162 in seine dritte, geschlossene Schaltstellung gebracht wird und der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 getrennt ist. Das zweite Steuerventil 70 bleibt dabei weiterhin geöffnet. Alternativ kann auch wie beim ersten Ausführungsbeispiel beschrieben vorgesehen sein, daß vor der Haupteinspritzung beide Steuerventile 162 und 70 geschlossen sind und für die Haupteinspritzung das Steuerventil 70 geöffnet wird, so daß sich der in Figur 2 gestrichelt dargestellte Druckverlauf bei der Haupteinspritzung II ergibt. Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem dritten höchsten Stromniveau bestromt, so daß auch das zweite Steuerventil 70 in seine geschlossene Schaltstellung gebracht wird. Der Steuerdruckraum 52 ist dann vom Entlastungsraum 24 getrennt, so daß sich in diesem Hochdruck wie im Pumpenarbeitsraum 22 aufbaut und das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt. Für eine folgende Nacheinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 mit dem zweiten Stromniveau bestromt, so daß das zweite Steuerventil 70 in seine geöffnete Schaltstellung gebracht wird und der Steuerdruckraum 52 entlastet ist, so daß das Kraftstoffeinspritzventil 12 nochmals öffnet. Für die Beendigung der Kraftstoffeinspritzung wird der Aktor 72 durch die Steuereinrichtung 74 stromlos geschaltet, so daß beide Steuerventile 162 und 70 ganz geöffnet sind und das Kraftstoffeinspritzventil 12 schließt.

[0020] In Figur 5 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel in einer konstruktiven Ausführung dargestellt. Es wird nachfolgend die konstruktive Ausbildung der Steuerventile 162 und 70 anhand der Figur 5 näher erläutert. Zwischen dem Pumpenkörper 14 und dem Ventilkörper 26 sind zwei Zwischenkörper 210 und 212 angeordnet, durch die der

Kanal 54 vom Pumpenarbeitsraum 22 zum Druckraum 40 verläuft. Der Zwischenkörper 210 weist neben dem Kanal 54 eine gestufte Bohrung 214 auf, die zum Pumpenkörper 14 hin einen kleineren Durchmesser aufweist als zum Zwischenkörper 212 hin. In den im Durchmesser größeren Bereich der Bohrung 214 ist der elektromagnetische Aktor 72 eingesetzt, der eine in einem Spulenkörper 215 angeordnete feststehende Magnetspule 216 und einen beweglichen Magnetanker 218 aufweist. Mit dem Magnetanker 218 ist das Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 verbunden. Das Ventilglied 71 ragt in eine im Zwischenkörper 212 ausgebildete Bohrung 220 hinein, die sich an ihrem dem Ventilkörper 26 zugewandten Endbereich unter Bildung eines konischen Ventilsitzes 222 erweitert. Das Ventilglied 71 weist an seinem zum Ventilkörper 26 weisenden Ende einen größeren Durchmesser auf als in seinem übrigen, in der bohrung 220 angeordneten Bereich, wobei am Ende des Ventilglieds 71 eine konische Dichtfläche 224 ausgebildet ist. Zwischen der Dichtfläche 224 und dem in der Bohrung 220 geführten Schaft des Ventilglieds 71 ist ein im Durchmesser verringerter Bereich 226 am Ventilglied 71 ausgebildet. In die Bohrung 220 mündet dort, wo der Bereich 226 des Ventilglieds 71 angeordnet ist, eine Bohrung 228, die mit dem Steuerdruckraum 52 verbunden ist. Vom Endbereich der Bohrung 220, wo diese einen größeren Durchmesser aufweist, führt eine Bohrung 230 durch den Zwischenkörper 212 ab und führt zum Entlastungsraum 24. Wenn das Ventilglied 71 mit seiner Dichtfläche 224 mit Abstand vom Ventilsitz 222 angeordnet ist, so ist das Steuerventil 70 geöffnet und der Steuerdruckraum 52 ist durch die Bohrung 228, die Bohrung 220 am Bereich 226 des Ventilglieds 71 entlang und durch die Bohrung 230 mit dem Entlastungsraum 24 verbunden. Wenn das Ventilglied 71 mit seiner Dichtfläche 224 am Ventilsitz 222 anliegt, so ist das Steuerventil 70 geschlossen und der Steuerdruckraum 52 ist vom Entlastungsraum 24 getrennt.

[0021] Mit dem Magnetanker 218 ist außerdem eine durch eine Bohrung im Aktor 72 hindurchtretende Stange 232 verbunden, deren freies Ende 233 im Durchmesser vergrößert ist und in eine Hülse 234 hineinragt, die mit dem Ventilglied 163 des Steuerventils 162 verbunden ist. Das zum Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 weisende Ende der Hülse 234 ist mit einer Scheibe 236 abgedeckt, die eine Öffnung 237 aufweist, die im Durchmesser kleiner ist als das Ende 233 der Stange 232 und durch die die Stange 232 hindurchtritt. Zwischen der Scheibe 236 und dem Magnetanker 218 ist die erste Feder 176 eingespannt. Durch die erste Feder 176 wird das Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 zu seiner geöffneten Stellung hin beaufschlagt. Das Ventilglied 163 ragt mit seinem der Stange 232 abgewandten Schaft in eine Bohrung 238 im Pumpenkörper 14 hinein. Das Ventilglied 163 kann hohl ausgebildet sein und zwischen diesem und dem Grund der Bohrung 238 ist die zweite Feder 177 eingespannt.

[0022] An der Mündung der Bohrung 238 in die Bohrung 214 ist ein konischer Ventilsitz 240 gebildet und am Ventilglied 163 ist eine konische Dichtfläche 242 ausgebildet, die mit dem Ventilsitz 240 zusammenwirkt. An die Dichtfläche 242 schließt sich wie in Figur 6 vergrößert dargestellt am Ventilglied 163 in die Bohrung 238 hinein ein zylindrischer Abschnitt 244 und an diesen ein im Durchmesser verringerter Abschnitt 246 an. In die Bohrung 238 mündet im Bereich des Abschnitts 246 des Ventilglieds 163 ein vom Kanal 54 abführender Kanal 248. Im Zwischenkörper 210 ist eine in die Bohrung 214 mündende Bohrung 249 ausgebildet, die mit dem Entlastungsraum 24 verbunden ist. Das Ventilglied 163 in auf seinem in der Bohrung 214 angeordneten Abschnitt von einer Hülse 250 umgeben, die relativ zum Ventilglied 163 verschiebbar ist. Die Hülse 250 ist im Längsschnitt 1-förmig ausgebildet, wobei der kurze Schenkel zum Aktor 72 weist. Zwischen der Hülse 250 und dem die Bohrung 238 umgebenden Pumpenkörper 14 ist die dritte Feder 178 eingespannt.

[0023] Wenn die Magnetspule 216 stromlos ist, so wird der Magnetanker 218 nicht angezogen und bedingt durch die Kraft der ersten Feder 176 und der zweiten Feder 177 befinden sich das erste Steuerventil 162 und das zweite Steuerventil 70 in ihrer geöffneten Stellung. Das Ventilglied 163 des ersten Steuerventils 162 ist dabei mit seiner Dichtfläche 242 mit Abstand vom Ventilsitz 240 angeordnet und dessen zylindrischer Abschnitt 244 ragt nicht in die Bohrung 238 hinein. Durch das Ventilglied 163 ist somit eine ungedrosselte Verbindung des Kanals 248 durch die Bohrung 238 am Abschnitt 246 des Ventilglieds 163 entlang in die Bohrung 214 und von dieser über die Bohrung 249 mit dem Entlastungsraum 24 freigegeben. Das Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 befindet sich mit seiner Dichtfläche 224 ebenfalls im Abstand zum Ventilsitz 222. Die Hülse 250 liegt bedingt durch die Kraft der dritten Feder am Aktor 72 an.

[0024] Wenn die Magnetspule 216 mit dem erhöhten ersten Stromniveau bestromt wird, so wird der Magnetanker 218 zusammen mit dem Ventilglied 71 und zusammen mit der Stange 232 bewegt. Die erste Feder 176 ist dabei so steif ausgebildet, daß diese nicht komprimiert wird und über diese, da sie sich über die Scheibe 236 und die Hülse 234 am Ventilglied 163 abstützt, das Ventilglied 163 des ersten Steuerventils 162 unter Komprimierung der zweiten Feder 177 bewegt wird. Dabei taucht das Ventilglied 163 mit seinem zylindrischen Abschnitt 244 in die Bohrung 238 ein, so daß nur noch ein verengter Durchgang vorhanden ist und der Kanal 248 über eine Drosselstelle mit dem Entlastungsraum 24 verbunden ist. Die Scheibe 236 ragt radial über die Hülse 234 hinaus und kommt an der Hülse 250 zur Anlage. Wenn die Magnetspule 216 nun mit dem zweiten erhöhten Stromniveau bestromt wird, so wird der Magnetanker 218 mit einer erhöhten Kraft angezogen, so daß dann die Stange 232 und das Ventilglied 163 weiter gegen die Kraft der zweiten Feder 177 verschoben werden. Außerdem muß dabei auch die Hülse 250 gegen die Kraft der dritten Feder 178 mitbewegt werden, da

die Scheibe 236 an der Hülse 234 anliegt. Das Ventilglied 163 kommt dabei mit seiner Dichtfläche 242 am Ventilsitz 240 zur Anlage, so daß das erste Steuerventil 162 geschlossen ist. Wird nun die Magnetspule 216 mit dem dritten höchsten Stromniveau bestromt, so wird der Magnetanker 218 mit weiter erhöhter Kraft angezogen, so daß das Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 unter Komprimierung der ersten Feder 176 bewegt wird und mit seiner Dichtfläche 224 am Ventilsitz 222 zur Anlage kommt. Die Stange 232 kann sich dabei mit ihrem Ende 233 in der Hülse 234 bewegen, ohne daß dieses am Ventilglied 163 zur Anlage kommt.

[0025] Zwischen dem Ventilglied 163 und der zweiten Feder 177 kann ein Federteller 252 angeordnet sein, über dessen Dicke die Vorspannung der Feder 177 variiert werden kann. Zwischen dem Magnetanker 218 und der ersten Feder 176 kann ebenfalls ein Federteller 254 angeordnet sein, über dessen Dicke die Vorspannung der ersten Feder 176 variiert werden kann. Mit dem Ventilglied 71 des zweiten Steuerventils 70 kann eine in der Bohrung 214 angeordnete Scheibe 256 verbunden sein, durch die der maximale Hub des Ventilglieds 71 in Öffnungsrichtung begrenzt wird, indem diese am Zwischenkörper 212 zur Anlage kommt. Zwischen der Stange 232 und dem Magnetanker 218 kann eine Scheibe 258 angeordnet sein, über deren Dicke der Restluftspalt zwischen dem Magnetanker 218 und dem Spulenkörper 215 eingestellt werden kann. Der Restluftspalt ist der Abstand zwischen dem Magnetanker 218 und dem Spulenkörper 215 wenn die Magnetspule 216 mit dem höchsten dritten Stromniveau bestromt ist und beide Steuerventile 162 und 70 geschlossen sind.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe (10) und einem mit dieser verbundenen Kraftstoffeinspritzventil (12) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine, wobei die Kraftstoffhochdruckpumpe (10) einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen Pumpenkolben (18) aufweist, der einen Pumpenarbeitsraum (22) begrenzt und dem Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter (24) zugeführt wird, wobei das Kraftstoffeinspritzventil (12) einen mit dem Pumpenarbeitsraum (22) verbundenen Druckraum (40) und ein Einspritzventilglied (28) aufweist, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung (32) gesteuert wird und das durch den in im Druckraum (40) herrschenden Druck gegen eine Schließkraft in einer Öffnungsrichtung (29) zur Freigabe der wenigstens einen Einspritzöffnung (32) bewegbar ist, mit einer ersten Steuerventileinrichtung (62;162), durch die eine Verbindung (59) des Pumpenarbeitsraums (22) mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert wird und mit einer zweiten Steuerventileinrichtung (70), durch die eine Verbindung (68) eines Steuerdruckraums (52) des Kraftstoffeinspritzventils mit einem Entlastungsraum (24) gesteuert wird, wobei das Einspritzventilglied (28) zumindest mittelbar von dem im Steuerdruckraum (52) herrschenden Druck in Schließrichtung beaufschlagt ist und der Steuerdruckraum (52) mit dem Pumpenarbeitsraum (22) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch die erste Steuerventileinrichtung (62;162) eine ungedrosselte Verbindung (59) des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) und eine Verbindung (60) des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) über eine Drosselstelle (58) oder über ein Druckbegrenzungsventil (61) gesteuert wird.

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Steuerventileinrichtung (62;162) und die zweite Steuerventileinrichtung (70) durch einen gemeinsamen elektrisch angesteuerten, insbesondere elektromagnetischen Aktor (72) geschaltet werden.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Steuerventileinrichtung (62) ein erstes Steuerventil (64) aufweist, durch das die ungedrosselte Verbindung (59) des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) gesteuert wird, und ein zweites Steuerventil (66) aufweist, durch das die Verbindung (60) des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) über die Drosselstelle (58) oder über das Druckbegrenzungsventil (61) gesteuert wird.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die beiden Steuerventile (64,66) der ersten Steuerventileinrichtung (62) jeweils als 2/2-Wegeventile ausgebildet sind, die zwischen einer geöffneten und einer geschlossenen Schaltstellung umschaltbar sind.

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Steuerventileinrichtung (162) ein einziges Steuerventil (162) aufweist, das als 2/3-Wegeventil ausgebildet ist, das zwischen einer ersten geöffneten Schaltstellung, in der die ungedrosselte Verbindung (59) des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) geöffnet ist, einer zweiten geöffneten Schaltstellung, in der nur die Verbindung des Pumpenarbeitsraums (22) mit dem Entlastungsraum (24) über die Drosselstelle (58) geöffnet ist und einer dritten geschlossenen Schaltstellung umschaltbar ist, in der der Pumpenarbeitsraum (22) vom Entlastungsraum (24) getrennt ist.

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Aktor (72) zur Schaltung der Ventileinrichtungen (62;162;70) mit unterschiedlichen Stromniveaus bestromt wird.

7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich bei stromlosem Aktor (72) die Steuerventileinrichtungen (62;162;70) jeweils in einer die Verbindungen (59;61) freigebenden geöffneten Schaltstellung befinden.

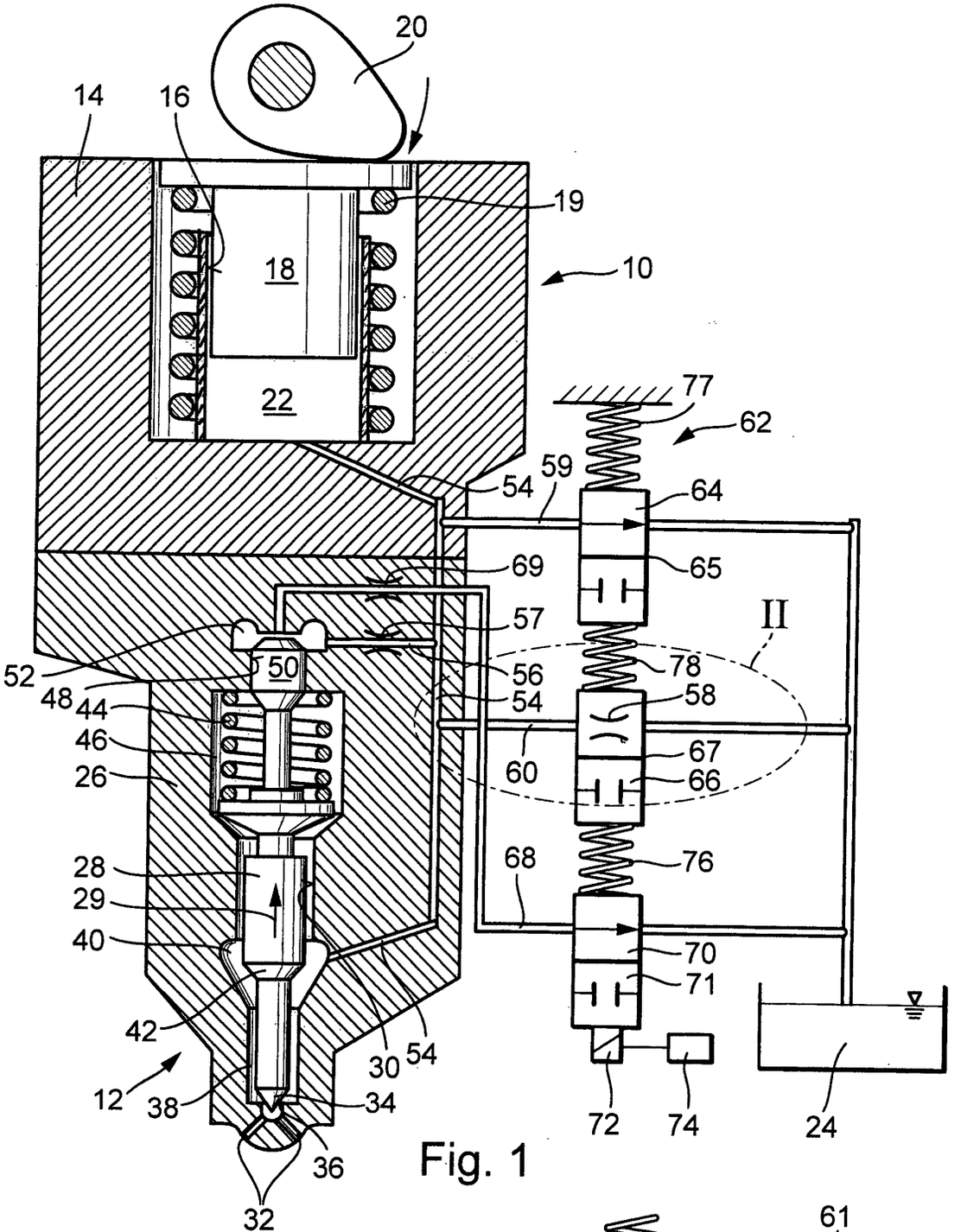
20
14
16
19
18
10
22
77
62
59
54
64
69
65
57
II
52
50
56
78
48
44
54
58
46
60
67
26
66
68
76
28
29
40
70
71
42
30
54
12
38
34
72
74
24
36
32

Fig. 1

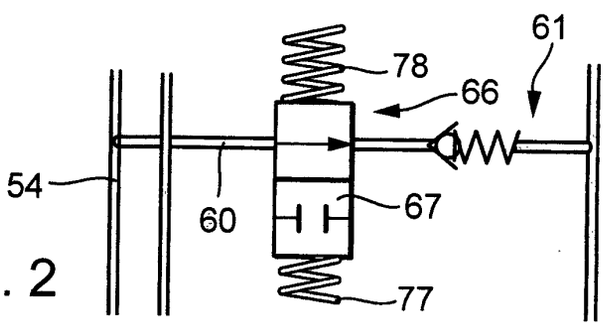
61
78
66
54
60
67
77

Fig. 2

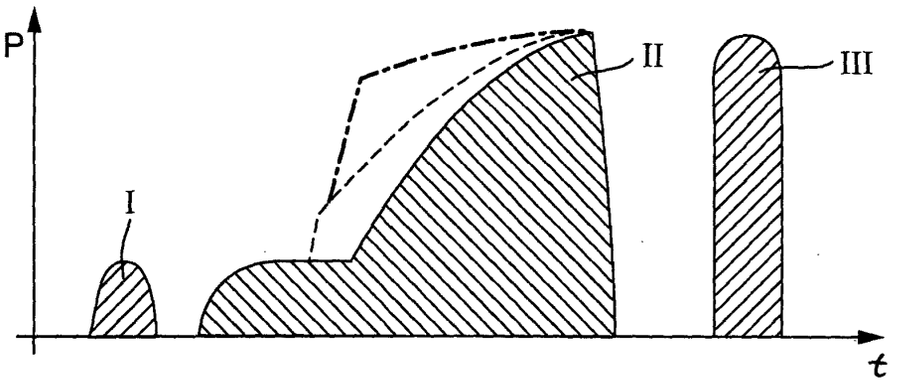
P
I
II
III
t

Fig. 3

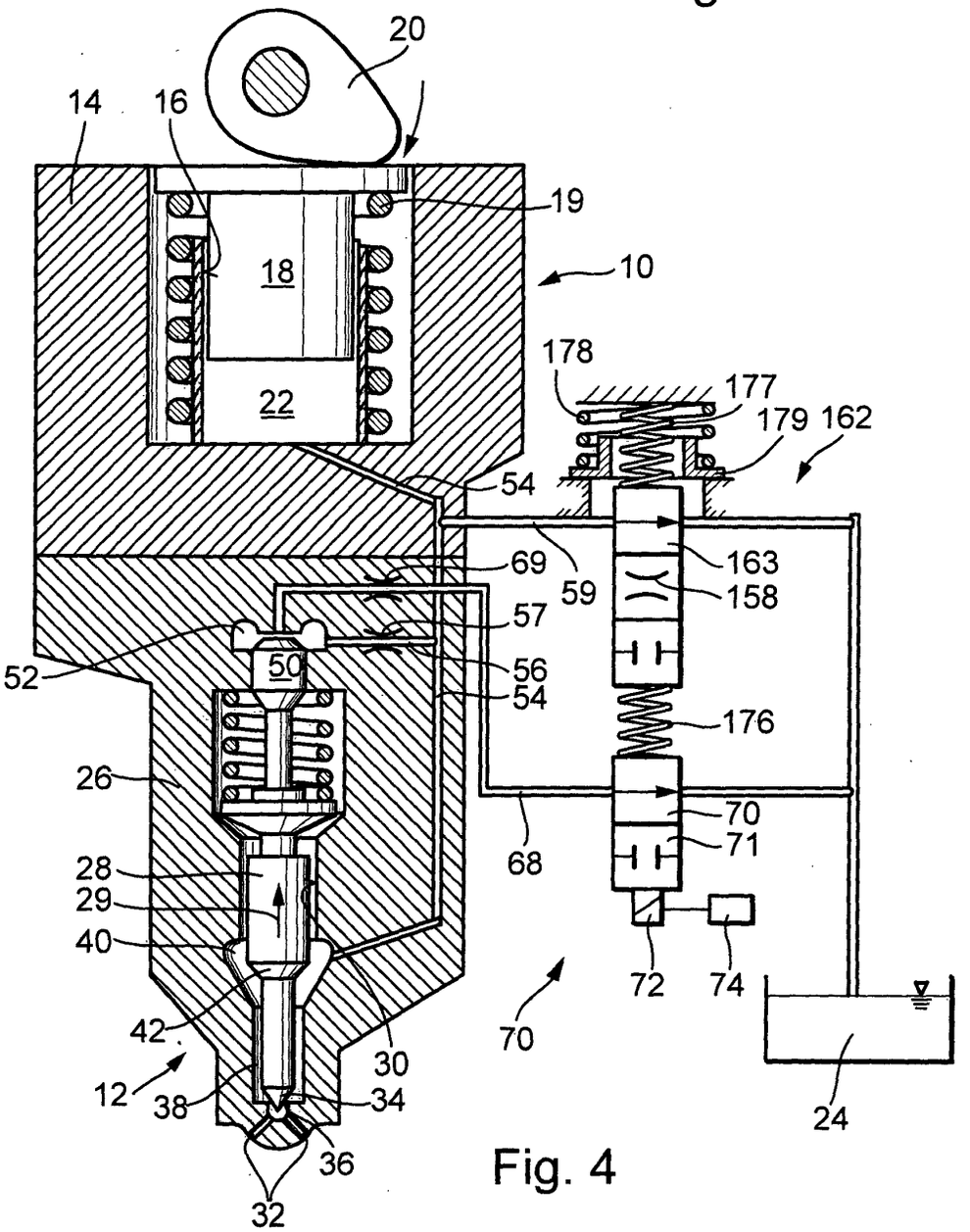
20
14
16
19
18
10
22
178
177
179
162
54
69
59
163
158
57
52
50
56
54
176
26
70
71
68
28
29
40
72
74
70
42
30
12
38
34
24
36
32

Fig. 4

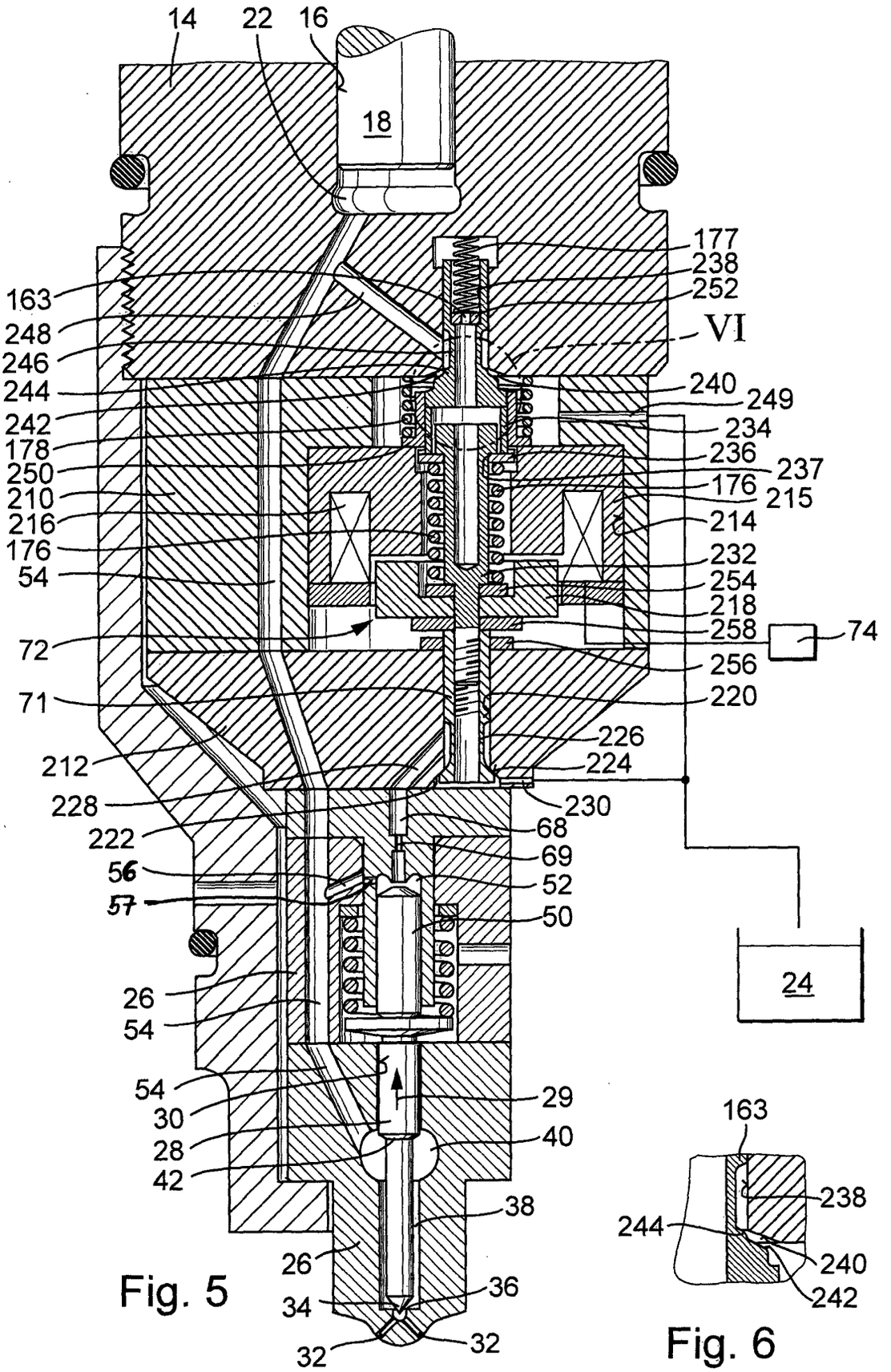
14
22
16
18
177
238
252
VI
163
248
246
244
242
178
250
210
216
176
54
72
71
212
228
222
56
57
26
54
54
30
28
42
26
34
32
32
36
38
40
29
68
69
52
50
240
249
234
236
237
176
215
214
232
254
218
258
74
256
220
226
224
230
24

Fig. 5

163
238
244
240
242

Fig. 6