

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 949 415 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.10.1999 Patentblatt 1999/41

(51) Int. Cl.⁶: F02M 47/02, F02M 45/08

(21) Anmeldenummer: 98123745.6

(22) Anmeldetag: 14.12.1998

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

(30) Priorität: 11.04.1998 DE 19816316

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

(72) Erfinder:
• Heinz, Rudolf Dr.
71272 Renningen (DE)
• Kienzler, Dieter
71229 Leonberg (DE)
• Potschin, Roger
74336 Brackenheim (DE)
• Schmoll, Klaus-Peter Dr.
74251 Lehensteinfeld (DE)
• Boecking, Friedrich
70499 Stuttgart (DE)

(54) Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen

(57) Es wird eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen vorgeschlagen, die aus einer Kraftstoffhochdruckquelle (1) Kraftstoffeinspritzventile (9) gesteuert durch eine Steuereinrichtung (8) mit Kraftstoff versorgt. Das Kraftstoffeinspritzventil weist dabei ein Einspritzventilglied (14) auf, dessen Öffnungs- oder Schließstellung durch einen dieses Einspritzventilglied beaufschlagenden in einem Steuerraum (24) eingestellten Druck bestimmt wird. Dazu muß zur Durchführung einer Einspritzung der Druck im Steuerraum (24) entlastet werden, was mit einem Steuerventil (31) erzielt wird, das sequentiell zwei unterschiedliche Abschlußquerschnitte eines Abflußkanals (49) des Steuerraums (24) nacheinander aufsteuert. Damit ist es möglich, eine angepaßte Öffnung des Kraftstoffeinspritzventilglieds für eine Vor- und eine Haupteinspritzung zu bewirken.

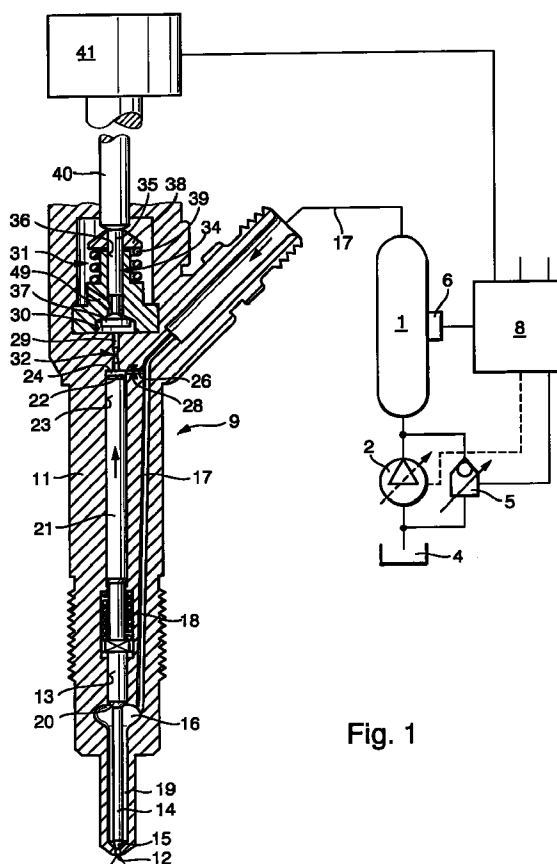


Fig. 1

EP 0 949 415 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen nach der Gattung des Patentanspruchs 1 aus. Bei einer solchen, durch die DE 196 24 001 A1 bekannten Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist der Ventilraum in einer ersten Ausführung ohne Querschnittsverminderung mit dem Steuerraum verbunden. Das Steuerventil steuert dabei bei Betätigung durch den Piezoaktor den Abflußerschnitt zum Abflußkanal hin entweder ganz auf oder schließt diesen. In einer weiteren Ausführung ist der Ventilraum über ein Verbindungskanal mit dem Steuerraum verbunden, wobei dieser Verbindungskanal koaxial zum Ventilsitz zur Seite des Abflußkanals liegt. Durch Betätigung des Steuerventilglieds durch den Piezoaktor wird dabei entweder der Abflußquerschnitt vom Ventilraum zum Abflußkanal hin ganz geöffnet oder geschlossen oder es wird zur Erzielung einer Voreinspritzung das Steuerventilglied vom Ventilsitz zum Abflußkanal hin weg zum Eintritt des Verbindungskanals in den Ventilraum bewegt, wobei in der Folge dieser Bewegung der Steuerraum kurzzeitig über den Ventilraum zum Abflußkanal hin geöffnet ist. Für eine anschließende Haupteinspritzung wird das Steuerventilglied in eine Mittelstellung bewegt, in der sowohl der Querschnitt zum Abflußkanal hin als auch der Querschnitt des Verbindungskanals in den Ventilraum hinein ganz geöffnet sind. Diese Ausgestaltung hat den Nachteil, daß zur Entlastung des Druckes im Steuerraum nur ein einziger geometrisch festgelegter Abflußquerschnitt zum Abflußkanal hin besteht. Die Menge der Voreinspritzung ist dabei in der zweiten geschilderten Ausführung so, daß die Verstellgeschwindigkeit des Steuerventilgliedes durch den Piezoaktor und der geometrisch festgelegte Weg des Steuerventilglieds bestimmende Größen für den Grad der Entlastung des Druckes im Steuerraum sind. Insbesondere ist der maximale Entlastungsquerschnitt sowohl für die Entlastung für die Voreinspritzung als auch für die Entlastung für die Haupteinspritzung gleich groß, was für eine Feinabstimmung der Öffnungsgeschwindigkeit des Einspritzventils bei verschiedenen Betriebszuständen von Nachteil ist.

Vorteile der Erfindung

[0002] Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat dagegen den Vorteil, daß durch das erfindungsgemäße Steuerventil sequentiell zwei Abflußquerschnitte nacheinander aufsteuerbar sind. Somit kann eine Gradation des Abflußquerschnittes in Abhängigkeit vom Hub erzielt werden. Insbesondere für geringe Entlastungen des Steuerdrucks im Steuerraum kann dabei ein erster kleinerer Abflußquerschnitt zur

Wirkung kommen, mit dem mit höherer Genauigkeit die Voreinspritzung eingestellt werden kann. Für die Haupteinspritzung steht danach ein großer Abflußquerschnitt zur Verfügung, der eine schnelle Bewegung des Einspritzventilgliedes erlaubt. In vorteilhafter Weise ist dabei gemäß Patentanspruch 2 ein hülsenförmiges Schleppventilglied vorgesehen, das einen zweiten Abflußquerschnitt des Abflußkanals steuert, wenn das Steuerventilglied einen ersten, den Steuerraum entlastenden Hub durchgeführt hat. Die dabei vor der Öffnung des zweiten Abflußquerschnittes durch das Schleppventilglied erfolgende Druckabsenkung im Ventilraum beziehungsweise Steuerraum erleichtert ein schnelles Öffnen des zweiten Abflußquerschnitts in der Nachfolge auf die Öffnung des ersten Abflußquerschnitts bei der ersten Bewegung des Schleppventilglieds. Damit kann insbesondere ein schnelles Öffnen des Einspritzventilgliedes zum Beginn der Haupteinspritzung erzielt werden.

[0003] In der weiteren Ausgestaltung gemäß den Patentansprüche 3 bis 5 werden vorteilhafte Arten der Abflußquerschnittsbildung vorgeschlagen. Zur Öffnung des zweiten Abschlußquerschnitts durch das Schleppventilglied kann dieses vorteilhaft gemäß Patentanspruch 6 durch einen Mitnehmer am Steuerventilglied von seinem Hauptventilsitz abgehoben werden. In alternativer Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 8 kann das Schleppventilglied vorteilhaft auch durch eine Druckfeder bei entsprechender Absenkung des Druckes im Ventilraum in Öffnungsstellung bewegt werden, indem es nach Absenkung des Druckes dem Steuerventilglied folgen kann. Dabei ist in einer Endstellung des Steuerventilglieds der Abflußquerschnitt durch den Querschnitt am Hauptventilsitz bestimmt. Die Ausgestaltung gemäß Patentanspruch 9 bietet eine genaue Führung des Schleppventilglieds auf dem Ventilstößel. Weiterhin kann die Führungsqualität des Ventilstößels dadurch vergrößert werden, daß gemäß Patentanspruch 11 auf dem Ventilstößel eine Hülse vorgesehen ist, deren Außendurchmesser größer ist als der Durchmesser der inneren Begrenzungsfläche des Schleppventilglieds. Dabei wird vorteilhaft gemäß Patentanspruch 12 diese Hülse nach dem Auffädeln des Schleppventilglieds auf den Stößel auf diesen aufgepreßt und kann dann als Ganzes eingebaut werden. Patentanspruch 13 zeigt eine alternative Befestigung der Hülse auf dem Ventilstößel auf. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung mit deren Vorteilen sind der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung zu entnehmen.

Zeichnung

[0004] In der Zeichnung sind sechs Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, sie werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine schematische Darstellung einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit Kraftstoffversorgung aus einem

Kraftstoffhochdruckspeicher und einem Kraftstoffeinspritzventil bekannter Bauart, Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Steuerventilglied, auf dem ein Schleppventilglied angeordnet ist, das durch einen Mitnehmer am Ventilstößel von seinem Ventil Sitz wegbewegt wird, Figur 3 eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels nach Figur 2 mit einem Steuerventilglied, das eine verbesserte Führung aufweist, Figur 4 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Weiterbildung zum Ausführungsbeispiel nach Figur 2, wobei statt eines Mitnehmers zur Mitnahme des Schleppventilglieds eine Druckfeder vorgesehen ist, Figur 5 ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung bei dem am Schleppventilglied ein dritter Ventil Sitz vorgesehen ist, Figur 6 ein fünftes Ausführungsbeispiel mit einem Steuerventilglied, das sowohl den Abflußquerschnitt vom Ventilraum zum Abflußkanal als auch den Verbindungskanal zwischen Ventilraum und Steuerraum steuert, und Figur 7 ein sechstes Ausführungsbeispiel, bei dem das Steuerventil in analoger Ausgestaltung zur Figur 2 den Druck eines Steuerraumes mit Hilfe einer 3/2-Ventilgestaltung steuert, wobei vom Ventilraum unverschießbar eine Verbindung zum Steuerraum besteht und coaxial zum Steuerventilglied ein Hochdruckzufluß zum Steuerraum vorgesehen ist, der durch eine Extremstellung des Steuerventilglieds verschließbar ist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0005] Eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung, mit der bei hohen Einspritzdrücken mit geringem Aufwand eine große Variation der Kraftstoffeinspritzung bezüglich Einspritzmenge und Einspritzzeitpunkt möglich ist, wird durch ein sogenanntes Common Rail System verwirklicht. Dieses stellt eine andere Art von Kraftstoffhochdruckquelle zur Verfügung als es durch die üblichen Kraftstoffhochdruckeinspritzpumpen gegeben ist. Dabei ist jedoch die Erfindung prinzipiell auch bei konventionellen Kraftstoffeinspritzpumpen verwendbar. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung jedoch bei einem Common Rail Einspritz-System.

[0006] Bei dem in Figur 1 dargestellten Common Rail-Einspritzsystem ist als Kraftstoffhochdruckquelle ein Kraftstoffhochdruckspeicher 1 vorgesehen, der von einer Kraftstoffhochdruckförderpumpe 2 aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 4 mit Kraftstoff versorgt wird. Der Druck in dem Kraftstoffhochdruckspeicher 1 wird durch einen Drucksensor 6 erfaßt und einer elektrischen Steuereinrichtung 8 zugeführt, die über ein Drucksteuerventil 5 den Druck im Kraftstoffhochdruckspeicher steuert. Die Steuereinrichtung steuert ferner auch das Öffnen und Schließen von Kraftstoffhochdruckeinspritzventilen 9, die zur Einspritzung von Kraftstoff vom Kraftstoffhochdruckspeicher versorgt werden.

[0007] In einer bekannten Ausgestaltung weist das Kraftstoffeinspritzventil 9 ein Ventilgehäuse 11 auf, das an seinem einen Ende, das zum Einbau an der Brenn-

kraftmaschine bestimmt ist, Einspritzöffnungen 12 besitzt, deren Austritt aus dem Innern des Kraftstoffeinspritzventils durch ein Einspritzventilglied 14 gesteuert wird. Dieses ist im ausgeführten Beispiel als langgestreckte Ventilnadel ausgebildet, die an ihrem einen Ende eine konische Dichtfläche 15 besitzt, die mit einem innenliegenden Ventil Sitz am Ventilgehäuse zusammenwirkt, von dem aus die Einspritzöffnungen 12 abführen. Die Ventilnadel ist in einer Längsbohrung 13 an ihrem oberen, der Dichtfläche 15 abgewandten Ende geführt und wird am der Dichtfläche 15 abgewandten, aus der Längsbohrung 13 heraustretenden Ende durch eine Druckfeder 18 in Schließrichtung beaufschlagt. Zwischen der Führung in der Längsbohrung 13 und dem Ventil Sitz ist die Ventilnadel 14 von einem Ringraum 19 umgeben, der in einen Druckraum 16 mündet, welcher wiederum über eine Druckleitung 17 in ständiger Verbindung mit dem Kraftstoffhochdruckspeicher 1 steht. Im Bereich dieses Druckraumes weist die Ventilnadel 14 eine Druckschulter 20 auf, über die sie vom Druck im Druckraum 16 entgegen der Kraft der Feder 18 beaufschlagt wird im Sinne eines Abhebens der Dichtfläche 15 vom Ventil Sitz.

[0008] Die Ventilnadel wird weiterhin durch einen Stößel 21 beaufschlagt, dessen der Ventilnadel 14 abgewandte Stirnseite 22 in einer Stößelführungsbohrung 23 einen Steuerraum 24 begrenzt. Dieser ist über einen Zulaufkanal 26, in dem eine Zulaufdrossel 28 vorgesehen ist, ständig mit der Druckleitung 17 beziehungsweise dem Kraftstoffhochdruckspeicher 1 verbunden. Der Zulaufkanal mündet seitlich unverschießbar in den Steuerraum 24 ein. Coaxial zum Stößel 21 führt vom Steuerraum 24 ein Verbindungskanal 29 ab, der in einen Ventilraum 30 eines Steuerventils 31 mündet. In dem Verbindungskanal, der zugleich auch einen Abflußkanal darstellt, ist eine Durchmesserbeschränkung, vorzugsweise in Form einer Abflußdrossel 32 vorgesehen. Der nähere Aufbau des Steuerventils 31 ist in den verschiedenen Ausführungsbeispielen 2 bis 7 detaillierter dargestellt. Diesen Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, daß das Steuerventil 31 ein Steuerventilglied 34 aufweist, bestehend aus einem Ventilstößel 35, der in einer Stößelbohrung 36 geführt ist, und einem Ventilkopf 37 an dem in den Ventilraum 30 ragenden Ende des Steuerventilglieds 34. An dem dem Ventilkopf gegenüberliegenden Ende des Ventilstößels 35 ist eine Federteller 38 vorgesehen, an dem sich eine Druckfeder 39 abstützt, die bestrebt ist, das Steuerventilglied in Schließstellung zu bringen. In entgegengesetzter Richtung wird das Steuerventilglied 34 durch einen Kolben 40 beaufschlagt, der Teil eines Piezoaktors 41 ist und bei Erregen des Piezos je nach Grad der Erregung das Steuerventilglied in verschiedene Öffnungsstellungen bringen kann. Dabei kann der Kolben direkt mit dem Piezo des Piezoaktors verbunden sein oder mittels einer hydraulischen oder mechanischen Übersetzung von diesem bewegt werden.

[0009] Zur genaueren Darstellung der erfindungs-

gemäßen Ausgestaltung des Sternerventils 31 wird dieses anhand von Figur 2 näher beschrieben. Dort ist wiederum das Ende des Stößel 21, der die Ventilnadel 14 betätigt, dargestellt. Der Stößel 21 schließt in der Stößelführungsbohrung 23 mit seiner als bewegliche Wand dienenden Stirnseite 22 den Steuerraum 24 ein. Die Verstellung des Stößels 21 wird nach oben hin durch einen Anschlag 42 begrenzt, der einen außenliegenden Ringraum 43 freiläßt, in den der Zulauf 26 mündet. Axial führt im Bereich des Anschlags 42 der Verbindungskanal 29 ab, der die Abflußdrossel 32 enthält und in den Ventilraum 30 mündet. Dieser hat eine kreiszylindrische Umfangswand 45, die über einen konischen Ventilsitz 46 in einen den Ventilstößel 35 umgebenden Ringraum 48 übergeht. Von diesem führt ein Abflußkanal 49 zu einem Kraftstoffrücklauf oder einem Entlastungsraum ab.

[0010] Der am Ende des Ventilstößels 35 angeordnete Ventilkopf 37 weist eine konische dem Eintritt des Verbindungskanals 29 in den Ventilraum 30 abgewandte Ventilkopfdichtfläche 51 auf, die mit einem Vorventilsitz 52 unter Bildung eines Vorventils 58 zusammenwirkt. Dieser Vorventilsitz 52 befindet sich am Übergang zu einer inneren Durchgangsbohrung 53 eines hülsenförmigen Schleppventilglieds 54, das den Ventilstößel mit Abstand umgibt. Die innere Umfangswand der inneren Durchgangsbohrung 53 bildet somit zusammen mit der Mantelfläche 55 des Ventilstößels 35 einen Durchtrittsquerschnitt 56. Zur Festlegung der Lage des hülsenförmigen Schleppglieds 54 ist diese über Abstandsrippen 57 am Ventilstößel 35 geführt. Diese Rippen lassen den ausreichend bemessenen Durchtrittsquerschnitt 56 frei.

[0011] An dem Vorventilsitz 52 axial gegenüberliegenden Ende weist das hülsenförmige Schleppglied 54 eine Ventilglieddichtfläche 59 auf, die ebenfalls konisch ausgebildet ist, mit einem kleineren Konusspitzenwinkel als der Konusspitzenwinkel des konischen Ventilsitzes 46 und mit dem Ventilsitz 46 zusammenwirkt. Dabei stellt der konische Ventilsitz 46 einen Hauptventilsitz eines Hauptventils 61 dar, der einen wesentlich größeren Durchtrittsquerschnitt vom Ventilraum 30 zum Ringraum 48 begrenzt als der Durchtrittsquerschnitt der zwischen Ventilkopf 37 und Vorventilsitz 52 des Vorventils 58 begrenzt wird. Weiterhin sind zur besseren Führung des hülsenförmigen Schleppventilglieds zwischen diesem und der Umfangswand 45 des Ventilraumes 30 ebenfalls Langrippen 60 mit dazwischen liegenden Nuten vorgesehen, die einen ausreichend großen Durchtrittsquerschnitt 56 zum Hauptventil 61 freilassen.

[0012] In Figur 2 ist das Steuerventil 31 in Schließstellung gezeigt, dabei ist der Ventilkopf 37 mit seiner Dichtfläche 51 zur Anlage an dem Vorventilsitz 52 gelangt und hat über diesen das hülsenförmige Schleppventilglied 54 mit dessen Schleppventildichtfläche 59 zur Anlage an dem Hauptventilsitz 46 gebracht, so daß eine Verbindung zwischen Ventilraum 30 und Ringraum 48 beziehungsweise Abflußkanal 49 unterbunden ist.

[0013] In dieser Schließstellung des Steuerventilglieds wird der Steuerraum 24 durch den ständigen Zufluß von Kraftstoffhochdruckmengen auf den Druck des Kraftstoffhochdruckspeichers 1 gehalten, was bewirkt, daß der Stößel 21 das Einspritzventilglied 14 in seiner Schließstellung auf dem Ventilsitz hält. Dies ergibt sich daraus, daß die Fläche der beweglichen Wand 22 wesentlich größer ist als die Fläche der mit dem selben Druck beaufschlagten Druckschulter 20 des Einspritzventilglieds 14. Dieser hohe Druck im Steuerraum 24 beaufschlagt auch den Ventilkopf 37 und das hülsenförmige Schleppglied 54 in jeweils deren Schließrichtung.

[0014] Zur Einleitung einer Einspritzung wird der Piezoaktor angesteuert der dadurch das Steuerventilglied um einen Öffnungshub verstellt. Dabei wird zunächst das Vorventil 58 geöffnet, indem der Ventilkopf 37 von dem Vorventilsitz 52 abhebt. Es kann eine Teilmenge von Kraftstoff zum Abflußkanal 49 über den Durchtrittsquerschnitt 56 aus den Ventilraum bzw. Steuerraum abfließen. Dennoch bleibt der Druck im Ventilraum 30 so groß, daß das Schleppventilglied mit seiner Ventilglieddichtfläche in Schließstellung am Hauptventilsitz 46 verbleibt. Erst wenn der Hub des Steuerventilglieds so groß ist, daß ein Mitnehmer 63, der am Ventilstößel 35 z.B. in Form eines U-förmigen Spannelements befestigt ist, in Anlage an der Stirnfläche 64 des hülsenförmigen Schleppventilglieds gelangt, wird dieses mit der Weiterbewegung des Ventilstößels 35 von dem Hauptventilsitz 46 abgehoben, so daß nun ein größerer Abflußquerschnitt freigegeben wird zur Entlastung des Ventilraums 30 beziehungsweise des Steuerraums 24. Mit Abfall der Erregung des Piezoaktors gelangt der Ventilstößel 35 unter Einwirkung der Feder 39 zusammen mit dem geschleppten hülsenförmigen Schleppventilglied 54 wieder in die gezeigte Ausgangsschließstellung zurück.

[0015] Der große Vorteil eines Piezoantriebs ist die Tatsache, daß ein davon betätigtes Steuerventilglied entsprechend der Erregung des Aktors in definierte Stellungen gebracht werden kann. Somit lassen sich auch einfach und exakt Einspritzungen in eine Vor- und in eine Haupteinspritzung unterteilen. Für eine Voreinspritzung bedarf es bei der oben vorgestellten Konstruktion des Kraftstoffeinspritzventils nur einer geringen Entlastung des Steuerraums 24 so, daß das Einspritzventilglied nur eine kurzzeitige Öffnung der Einspritzöffnungen 12 bewirkt. Für eine Haupteinspritzung dagegen muß zur Durchführung eines großen, schnellen Hubes des Einspritzventilglieds 14 der Steuerraum 24 schnell und wirksam entlastet werden. Je schneller das Einspritzventil öffnen bzw. schließen kann, desto genauer wird die Einspritzphase bestimmbar. Dadurch daß der Zulauf 26 die Zulaufdrossel 28 enthält und diese kleiner ist als der Querschnitt auf der Abflußseite des Steuerraums 24, insbesondere der Querschnitt der Abflußdrossel 32, kann die wirksame Entlastung des Steuerraumes erzielt werden. Die end-

gültige Steuerung des Querschnitts zum Abflußkanal 49 hin übernimmt das Steuerventil. Dabei muß dieses zunächst gegen den hohen Druck im Steuerraum 24 beziehungsweise im Ventilraum 30 anarbeiten. Da nun aber der Abflußquerschnitt am Vorventil 58 im Verhältnis zum Hauptventil 61 klein ist, wird eine relativ geringe Arbeit für das Öffnen des Vorventils 58 erforderlich. Durch das Öffnen des Vorventils wird der Druck im Ventilraum 30 bereits wesentlich abgebaut, so daß dann, wenn eine größere vom Druck im Ventilraum 30 beaufschlagte Wand gegen diesen Druck verstellt werden muß, die aufzuwendende Kraft bereits geringer ist. Mit dieser geringeren als bei einstufigem Öffnen erforderlichen Kraft wird der Querschnitt des Hauptventils schnell geöffnet, was zu einer entsprechend schnellen Entlastung von Ventilraum und Steuerraum führt. Die Steuerung des Steuerventils kann dabei so erfolgen, daß mit dem Öffnen des Vorventils 58 der Druck im Steuerraum 24 bereits so abgesenkt wird, daß ein kurzer Öffnungshub des Einspritzventilglieds 14 ermöglicht ist. Daran anschließend kann das Steuerventilglied 35 nochmals weiterbewegt werden und über das Schleppventilglied 54 den größeren Abflußquerschnitt aufsteuern, um mit der dann folgenden schnellen Entlastung die Öffnung des Einspritzventilglieds 14 zur Haupteinspritzung zu initiieren. Die Beendigung der Haupteinspritzung wird durch Schließen des Steuerventils gesteuert und somit auch die Einspritzmenge.

[0016] In einer alternativen Ausgestaltung der Ansteuerung des erfindungsgemäßen Steuerventils kann der Druck nach dem Öffnen des Vorventils nur soweit entlastet werden, daß das Einspritzventilglied 14 noch geschlossen bleibt, aber eine nur noch geringere weitere Entlastung ein Öffnen desselben bewirkt. Durch eine anschließende weitere Verstellung des Ventilstößels 35 kann dann durch die Vergrößerung des Öffnungsgrades des Vorventils und/oder durch geschlepptes Öffnen des Schleppventilglieds eine kurze weitere Entlastung des Druckes im Steuerraum 24 beziehungsweise Ventilraum 30 vorgenommen werden, zur Erzeugung einer Voreinspritzung und anschließend durch Rücknahme des Ventilstößelhubes eine Beendigung derselben. Dem folgt dann ein größerer Ventilstößelhub, bei dem über das Schleppventilglied 54 wiederum eine volle Entlastung des Steuerraums 24 zur Durchführung der Haupteinspritzung bewirkt wird.

[0017] Mit Hilfe des Hubes h1 des Ventilstößel 35, der notwendig ist, damit der Mitnehmer 63 zur Anlage an der Stirnseite 64 des Schleppventilglieds 54 gelangt, kann der Öffnungshub des Vorventils definiert werden. Die Stirnseite 64 ist dabei so gestaltet, daß auch bei Anlage des ringförmigen Mitnehmers 63 der ausreichende Durchtrittsquerschnitt 56 vom Ventilraum 30 zum Ringraum 48 zur Verfügung steht. Dabei kann die Stirnseite zum Beispiel kronenartig ausgeführt werden, mit radialen Durchtrittsquerschnitten. Die Begrenzung des Ablaufquerschnittes durch die Ablaufdrossel 32, die im ausgeführten Beispiel im Verbindungskanal 29

angeordnet ist, kann auch an einer anderen Stelle folgen, zum Beispiel im Ablaufkanal 49 oder durch Dimensionierung eines maximalen Durchflußquerschnittes 56 dazwischen.

[0018] Den Figuren 8a bis 8c sind die Steuerabläufe dieses Steuerventils zu entnehmen. In Figur 8a ist der Hub des Einspritzventilglieds 14 über den Drehwinkel der Brennkraftmaschine beziehungsweise der Zeit aufgetragen. Man erkennt den kleineren Vorhub V der Einspritzventilnadel 14 zur Durchführung der Voreinspritzung, die dazwischenliegende Pause P, bei dem das Steuerventil ganz oder soweit geschlossen wird, daß sich ein das Einspritzventilglied wieder in Schließstellung bringender Druck im Steuerraum 24 einstellt, und dem daran anschließenden Hub H, über dessen Dauer die Haupteinspritzung definiert ist. Ausgelöst wird dies durch die in der darunterliegenden Folge dargestellten Hübe des Steuerventilglieds. Man erkennt den Hub V1, durch den bei Erreichen der Maximalöffnungsposition beim Hub h1 des Stößels 35, bevor also zum Beispiel das Schleppventilglied vom Hauptventilsitz abgehoben wird, der Steuerraum 24 so entlastet ist, daß der Hub des Einspritzventilglieds 14 für den Hub V beginnen kann. Über den Hub V1 bleibt die Entlastung zur Voreinspritzung bestehen. In der Betätigungspause P1 des Steuerventilglieds, d.h. bei nicht erregtem Piezo bleibt das Einspritzventilglied 14 geschlossen. Am Ende von P1 beginnt die Wiederbetätigung des Steuerventilglieds 35 durch den Piezo bis zu einem Hub h2, in dem der gesamte Absteuerquerschnitt nach Öffnen des Hauptventils 61 durch das Schleppventilglied 54 aufgesteuert ist und der Steuerraum 24 maximal entlastet ist. Bereits im Bereich zwischen h1 und h2 öffnet das Einspritzventilglied und bleibt über die Länge des Geöffnetseins des Steuerventils in Offenstellung, so lange, bis bei der Schließbewegung des Steuerventilglieds wieder der Druck im Steuerraum 24 unterschritten wird, der in der Lage ist das Einspritzventilglied geöffnet zu halten.

[0019] In dem darunterliegenden Diagramm 8c wird der Druckverlauf im Steuerraum 24 dargestellt mit entsprechenden Druckeinbrüchen dann, wenn gemäß Diagramm 8b das Steuerventilglied h1 geöffnet hat.

[0020] Eine Modifikation des Steuerventils gemäß Figur 2 wird in Figur 3 dargestellt. Soweit diese Ausgestaltung mit Figur 2 übereinstimmt, werden die gleiche Bezugsziffern verwendet. Es wird hierzu auf die entsprechende Beschreibung zu Figur 2 verwiesen. Abweichend von der Ausführung nach Figur 2 ist bei Figur 3 in dem Bereich, in dem bei Figur 2 der Ventilstößel 135 in der Stößelbohrung 36 geführt ist, eine Hülse 166 auf dem Stößel 135 angeordnet. In der Figur 3 ist diese Hülse axial zwischen einem Anschlag 167 und einer Haltescheibe 168 am Stößel fixiert. Der Anschlag wird durch eine Schulter des Stößels gebildet, die am Ende der aus den hülsenförmigen Schleppglied 54 herausragenden Abstandsrippen 57 vorgesehen ist. Die Haltescheibe kann zum Beispiel als Sprengring in eine

Ringnut 69 des Stößels an seinem aus der Stößelbohrung 136 herausragendem Ende verwicklicht sein. Alternativ kann jedoch die Hülse auch auf den Stößel 135 aufgepreßt sein. Durch den Anschlag 167 wird ferner der Hub h_1 definiert, ab dem der Stößel, der sich zusammen mit der Hülse 166 bewegt, zur Anlage an dem hülsenförmigen Schleppglied 54 gelangt. Ferner besitzt die Hülse 166 an ihrem unteren zum Schleppventilglied 54 weisenden Ende eine Durchmesserreduzierung, mit der im Ersatz zu dem Ringraum 48 von Figur 2 hier wiederum ein Ringraum 148 gebildet wird, der ständig in Verbindung mit dem Abflußkanal 49 steht. Das Schleppglied 54 ist wie auch im vorigen Ausführungsbeispiel nach Figur 2 an seiner Stirnfläche so gestaltet, daß einen Überströmquerschnitt freigelassen wird, der in der Größenordnung des Durchtrittsquerschnitt 56 liegt.

[0021] Mit dieser Ausgestaltung ergibt sich der Vorteil, daß die Führungsfläche innerhalb der Stößelbohrung 136 größer ist und somit das Steuerventilglied exakter geführt wird. Da der Stößel 135 zum Zusammenbau durch die innere Durchgangsbohrung 53 hindurchgeführt werden muß, wäre einer Vergrößerung des Führungsdurchmessers des Stößels im Bereich der Stößelbohrung gemäß Figur 2 eigentlich eine Grenze gesetzt. Durch die Hinzufügung der Hülse 166 kann dennoch die Führungsfläche vergrößert werden, wobei die Hülse nachträglich nach Auffädung des Schleppventilglieds 54 auf den Ventilstößel montiert wird. Der Außendurchmesser der Hülse ist dabei größer als der Durchmesser der inneren Durchgangsbohrung 53 des Schleppventilglieds und kleiner als der Durchmesser des Ventilraums 30.

[0022] Eine weitere Variante eines Steuerventils in Abwandlung zum Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ist in Figur 4 wiedergegeben. Auch hier werden zwei unterschiedliche Abflußquerschnitte des Abflußkanals aufeinander folgend aufgesteuert. Wie auch in Figur 2 ist hier wiederum der von dem Stößel 21 des Einspritzventilglieds 14 begrenzte Steuerraum 24 vorgesehen, der über den die Drossel 32 enthaltenen Verbindungskanal 29 mit dem Ventilraum 30 verbunden ist. In diesen Ventilraum ragt der Stößel 235 mit dem Ventilkopf 237 und der Ventilkopfdichtfläche 251, die im Schließzustand des Steuerventils in Anlage am Vorventilsitz 52 des hülsenförmigen Schleppventilglieds 54 ist, unter Bildung des Vorventils 58. Über den Ventilkopf 237 wird dieses zusätzlich mit ihrer Ventilglieddichtfläche 59 in Anlage am Hauptventilsitz 46 des Hauptventils 61 gehalten. Jenseits dieses Ventilsitzes 46 befindet sich wiederum der Ringraum 48, der vom Stößel 235 durchdrungen ist und der in ständiger Verbindung mit dem Ablaufkanal 49 ist. Wie auch in den Ausführungsbeispielen nach Figur 2 und 3 ist das hülsenförmige Schleppventilglied 54 an seinem Außenumfang über Längsrippen 60, die durch zwischen diesen liegende Nute gebildet sind, an der Umfangswand 45 des Ventilraums 30 geführt. Diese Längsrippen lassen den Durchflußquerschnitt zum

Hauptventil 61 hin frei. Die innere Durchgangsbohrung 53 des Schleppventilglieds 54 ist vom Ventilstößel 35 beabstandet, so daß ausgehend vom Vorventil ein entsprechender Durchflußquerschnitt 56 zum Ringraum 48 beziehungsweise Abflußkanal 49 besteht.

[0023] Der Verbindungskanal 29 liegt dem Ventilkopf 237 koaxial gegenüber und mündet dort in einer axialen Begrenzungswand 270 des Ventilraums 30. Der Einmündung des Verbindungskanals 29 gegenüberliegend ist der Ventilkopf 237 an seiner Stirnseite mit einer Dichtfläche 271 versehen, die entweder eben kegelförmig oder konisch sein kann. Entsprechend ist der Bereich des Austritts des Verbindungskanals 29 an der axialen Begrenzungswand 270 als Ventilsitz ausgebildet, so daß der Verbindungskanal durch die Dichtfläche 271 verschlossen werden kann. Die axiale Begrenzungswand ist somit als Ventilsitz eines dritten Ventils 279 mit dem Ventilkopf 237 als Ventilglied ausgebildet.

[0024] Bei diesem Ventil folgt die Betätigung des Ventilstößels 235 so, daß zur Realisierung einer Voreinspritzung der Ventilkopf 237 in einem Zug von seiner Anlage am Vorventilsitz 52 wegbewegt wird, bis zur Anlage seiner Dichtfläche 271 an dem Ventilsitz 270 des dritten Ventils 279 beziehungsweise an der axialen Begrenzungswand 270. Über den Weg des Ventilkopfs erfolgt eine kurzzeitige Entlastung des Ventilraums 30 und des Steuer-raums 24, die bei entsprechender Bemessung ausreichend ist, eine Öffnung des Einspritzventilglieds 14 zur Durchführung einer Voreinspritzung zu bewirken. Liegt der Ventilkopf 237 mit seiner Dichtfläche 271 dicht an der axialen Begrenzungswand 270 an, ist also der Verbindungskanal 29 ganz geschlossen, so kann sich der Druck im Ventilraum weiter entspannen, währenddessen der Druck im Steuer-raum 24 über den Zulauf 26 wieder aufgebaut wird, was ein Schließen der Einspritzventilnadel 14 nachsichzieht. Die Druckentlastung im Ventilraum 30 führt wiederum dazu, daß die Rückführungskräfte einer im Ringraum 48 angeordneten Druckfeder 272, die sich zwischen dem Gehäuse und der ringraumseitigen Stirnseite des Schleppventilglieds 54 abstützt, überwiegt und das Schleppventilglied 54 der Verstellung des Ventilkopfes 237 nachführt bis zur wiederum dichten Anlage an dessen Ventilkopfdichtfläche 251. Wenn dann in der Folge durch entsprechende Steuerung des Piezoaktors der Ventilkopf in eine Zwischenstellung zwischen den Ventilsitzen 270 und 46 bewegt wird, kann der Steuer-raum 24 über den Ventilraum 30 und den großen Öffnungsquerschnitt des Hauptventils 61 sehr schnell im vollen möglichen Umfang entlastet werden, so daß hier zur Durchführung einer Haupteinspritzung eine maximale, schnelle Verstellung des Einspritzventilglieds in Öffnungsrichtung erfolgen kann. Die Abkopplung des Steuer-raums 24 von der Druckquelle 1 über die Zulaufdrossel 28 erlaubt hier eine Entlastung auf nahezu vollständigen Entlastungsdruck, begünstigt durch den großen Abströmquerschnitt am Außenumfang des Schleppventilglieds. Zur Beendigung der Haupteinspritz-

zung wird der Ventilkopf zusammen mit dem Schleppventilglied 54 wieder zurückgeführt, unter dichtem Verschuß des Vorventils 58 und des Hauptventils 61. Der große Vorteil bei dieser Ausgestaltung besteht darin, daß zur Durchführung der Voreinspritzung nur eine einzige Bewegung des Steuerventilglieds in einer Richtung erforderlich ist und zur Durchführung der Haupteinspritzung weiterhin nur eine Rückbewegung in Form eines Teilhubes in Richtung Ausgangsstellung und einer sich anschließenden endgültigen Rückführung.

[0025] Während bei den Ausführungsbeispielen Figuren 2 und 3 jeweils nur zwei Ventile im Zusammenhang mit dem Steuerventilglied und dem Schleppventilglied verwirklicht wurden, waren im vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel Figur 4 insgesamt drei Ventile verwirklicht, das Vorventil 58 mit dem Vorventilsitz 52, das Hauptventil 61 mit dem Hauptventilsitz 46 und das dritte Ventil 279 mit dem Ventilsitz 270. In alternativer Ausgestaltung nach Figur 5 sind auch hier drei Ventile verwirklicht. Diese Ausführung baut jedoch auf die Ausgestaltung nach Figur 3 auf. Wie in Figur 3 ist auch hier wieder der Ventilraum 30 vorgesehen, in dem koaxial zum Ventilstößel 35 der Verbindungskanal 29 vom Steuerraum 24 herkommend, einmündet.

[0026] Es ist hier wieder am in den Ventilraum 30 ragenden Ende des Stößels 335 der Ventilkopf 337 vorgesehen, mit der Ventilkopfdichtfläche 351, die mit dem Vorventilsitz 52 am Schleppventilglied 354 unter Bildung des Vorventils 58 zusammenwirkt. Dieses hat wiederum an seinem dem Ventilkopf 337 abgewandten Ende außen zu seiner Umfangswand kegelförmig geneigt oder kugelförmig angeordnet die Ventilglieddichtfläche 59, die mit dem Hauptventilsitz 46 unter Bildung des Hauptventils 61 am Übergang zwischen Ventilraum 30 zum Ringraum 48 zusammenwirkt. Das Schleppventilglied ist am Außenumfang durch Längsrippen 60 an der Umfangswand des Ventilraumes geführt. Auch ist auf dem Ventilstößel 335 eine Hülse 366 aufgepreßt, die einen vergrößerten Außenumfang bereithält, über den der Ventilstößel in der Stößelbohrung 336 geführt wird. Diese Hülse 366 ragt in den mit dem Abflußkanal 49 verbundenen Ringraum 48 hinein und überragt dort eine Ringnut 374 des Stößels 335, die axial von der Ventilkopfdichtfläche des Ventilkopfes 337 begrenzt ist und den radialen Abstand zur inneren Durchgangsbohrung 53 des Schleppgliedes 54 hält und somit den Durchflußquerschnitt 56 bildet. Die Hülse 366 hat nun in ihrem die Ringnut 374 überlappenden Bereich stirnseitig eine kegelförmige Dichtfläche 375, die bei entsprechender Bewegung des Ventilstößels 335 zur Anlage auf einen kegelförmigen Ventilsitz 376 an der Stirnseite des Schleppventilglieds 354 bringbar ist. Dieser Ventilsitz 376 bildet somit zusammen mit der kegelförmigen Dichtfläche 375 ein drittes Ventil 379. Der kegelförmige Ventilsitz 376 ist dabei zum Innern der inneren Durchgangsbohrung 53 des Schleppventilglieds 354 hin geneigt, also in Gegenrichtung der Nei-

gung der Ventilglieddichtfläche 59 des Hauptventils 61.

[0027] In der gezeigten Schließstellung des Steuerventils wird der Ventilkopf mit seiner Ventilkopfdichtfläche in Anlage an dem Vorventilsitz 52 gebracht und weiterhin das Schleppventilglied 354 mit seiner Ventilglieddichtfläche 59 in Anlage an den Hauptventilsitz 46 gebracht. Damit ist die Verbindung zwischen dem Ventilraum 30 und dem Ablaufkanal 49 unterbunden und es kann der Steuerraum 24 auf den von der Druckquelle vorgegebenen hohen Druck gebracht werden, mit dem Erfolg des Schließens des Einspritzventilglieds 14. Bei einer anschließenden Betätigung des Steuerventils zur Durchführung einer Voreinspritzung wird der Stößel 335 mit der Hülse 366 soweit bewegt, daß die kegelförmige Dichtfläche 375 der Hülse 366 in dichter Anlage an den kegelförmigen Ventilsitz 376 des Schleppventilglieds 354 gelangt. Über diesen Hub h_5 erfolgt eine kurzzeitige Entlastung des Ventilraums 30 und des Steuer-raums 24, die ausreicht, das Einspritzventilglied 14 in eine Voreinspritzstellung zu bewegen. Mit Schließen des dritten Ventils 379 durch Anlage der Dichtfläche 375 an den kegelförmigen Ventilsitz 376 nach Zurücklegen des Hubes h_5 , wird durch Druckaufbau im Steuer-raum 24 die Voreinspritzung beendet. Für die Haupteinspritzung wird nachfolgend das Steuerventilglied weiterbewegt. Dadurch wird das Schleppventilglied 354 vom Hauptventilsitz 46 abgehoben, so daß es zu einer vollen maximalen Entlastung des Steuer-raums 24 kommt. Für diese Entlastung steht ein wesentlich größerer Querschnitt zur Verfügung, als der der zur Durchführung der Voreinspritzung zur Verfügung stand, durch Öffnen des Vorventils bis Schließen des dritten Ventils. Der Vorteil bei dieser Ausgestaltung besteht darin, daß durch eine gestufte Bestromung des Piezo-aktors dieser für die Vor- und Haupteinspritzung in nur eine Richtung geschaltet werden muß. Es ergeben sich dabei sehr kurze Schaltzeiten, insbesondere ist durch das Durchschalten von dem einen Ventilsitz 52 zum anderen Ventilsitz 376 eine sehr kurze Entlastung und damit eine sehr kleine Voreinspritzmenge verwirklich-bar. Zur Beendigung der Einspritzung wird der Stößel in die gezeigte Ausgangsstellung zurückgebracht. Für jeden Einspritzvorgang steht ein separater Entlastungs-querschnitt zur Verfügung, der den entsprechenden Erfordernissen angepaßt werden kann.

[0028] Ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Figur 6 dargestellt, das eine Weiterentwicklung des Ausführungsbeispiels nach Figur 4 darstellt. Wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 sind in Zusammenwirkung von Ventilkopf 437 und Schleppventilglied 454 drei Ventile verwirklicht. Wie auch bei Figur 4 mündet wiederum der Verbindungskanal 29 koaxial zum Ventilstößel 435 in den Ventilraum 30 ein. Wie auch beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 ist die axial gerichtete Wand 470 des Ventilraums 30 am Eintritt des Verbindungskanals 29 als Ventilsitz des dritten Ventils 479 ausgebildet, an dem die als Dichtfläche ausgebildete Stirnseite 471 des Ventilkopfes 437 in Anlage

bringbar ist. Der Ventilkopf 437 trägt die Ventilkopfdichtfläche 51, die mit dem Vorventilsitz 52 am Übergang von der Stirnseite des Schleppventilglieds 454 zu seiner inneren Durchgangsbohrung 53 unter Bildung des Vorventils 58 zusammenwirkt. Am gegenüberliegenden Ende trägt das Schleppventilglied 454 eine kegelförmige Ventilglieddichtfläche 459, die mit dem Hauptventilsitz 46 am Übergang des Ventilraums 30 zu dem Ringraum 48 unter Bildung des Hauptventils 61 zusammenwirkt. Wie auch beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 ist das Schleppventilglied 454 durch eine Druckfeder 472 in Richtung eines Öffnens des Hauptventils 61 belastet. Dabei setzt die Feder 472 über eine Druckscheibe 477 an einer stutzenförmigen Verlängerung 478 des Schleppventilglieds 54 an. Im Bereich dieser stutzenförmigen Verlängerung 478 wird das Schleppventilglied 454 dicht auf dem Außenmantel 455 des Ventilstößels 435 geführt, so, daß zwischen dem Ventilkopf 437 und dem Schleppventilglied 454 eine Ringausnehmung 480 eingeschlossen ist, die über eine durch das Schleppventilglied führende Drosselbohrung 481 in ständiger Verbindung mit dem Ringraum 48 steht.

[0029] Bei dieser Ausgestaltung sind somit drei Drosseln verwirklicht, zum einen ist das die Zulaufdrossel 28 im Zulauf 26 zum Steuerraum 24, zum zweiten ist es die Abflußdrossel 32 im Verbindungskanal 29 und zum dritten die oben erwähnte Drosselbohrung 81.

[0030] Wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 wird zur Erzielung einer Voreinspritzung das Steuerventilglied so betätigt, daß der Ventilkopf 437 vom Vorventilsitz 52 abgehoben wird und durchbewegt wird bis zur Anlage seiner Dichtfläche 471 am Ventilsitz 470 des dritten Ventils 479. Über diese Bewegungsdauer erfolgt eine kurze Entlastung des Steuerraums 24, die bestimmt ist durch den Querschnitt der Drosselbohrung 481 als einzige Verbindung zwischen Steuerraum 24 und Ringraum 48 bei zunächst noch am Hauptventilsitz 46 anliegendem Schleppventilglied. Anschließend in der Schließstellung des dritten Ventils 479 in Anlage an der axialen Begrenzungswand 470 des Ventilraums 30 wird der Ventilraum über die Drosselbohrung 481 weiter entlastet. Es entsteht dabei im Ventilraum 30 ein Entlastungsdruck, der es erlaubt, das Schleppventilglied 454 durch die Feder 472 von dem Hauptventilsitz 46 weg zur Anlage auf die Ventilkopfdichtfläche 51 des Ventilkopfes bewegt wird. Damit wird aber auch das Hauptventil 61 geöffnet, so daß sich der Steuerraum 30 weiterhin entlasten kann. Zur Durchführung der Haupteinspritzung wird darauf wiederum der Ventilkopf 437 zusammen mit dem Schleppventilglied 454 in eine Zwischenstellung bewegt, in der der große Verbindungsquerschnitt des Hauptventils 61 zwischen dem Abflußkanal 49 und dem Steuerraum 24 geöffnet ist.

[0031] Abweichend von der Ausführungsform nach Figur 4 bietet sich hier die Möglichkeit eines gezielten Einsatzes von Drosseln zur Bestimmung der Entlastungsdynamik des Steuerraums 24. Zur Durchführung der Voreinspritzung wird die Entlastung durch die Dros-

selbohrung 481 bestimmt und bei der Haupteinspritzung wird die Entlastung des Steuerraums 24 durch die größere Abflußdrossel 32 bestimmt, die kleiner ist als der Abströmquerschnitt des Hauptventils 61. Zusammen mit der Zulaufdrossel 29 stellt sich dann zur Definition der Haupteinspritzung in der gewünschten Gradation der Druck im Steuerraum 24 ein. Die Haupteinspritzung wird schließlich durch Zurückbewegen des Stößels 435 in die gezeigte Ausgangsstellung von Figur 6 erzielt, bei der das Vorventil 58 und das Hauptventil 61 geschlossen sind und das dritte Ventil 479 geöffnet ist. Man kann auf diese Weise im Endhubbereich der Ventile den Toleranzeinfluß des Ventilhubes minimieren. Die Querschnitte können für die Vor- und Haupteinspritzung individuelle angepaßt werden.

[0032] Im Diagramm, Figur 9a bis 9c ist aufgezeichnet, wie der Bewegungsabläufe der Einspritzventilnadel 14, des Ventilkopfes 437 und des Schleppventilglieds 454 ausgebildet sind. Im oben stehenden Diagramm 9a ist über den Hub und die Zeit die Bewegung der Einspritzventilnadel aufgezeichnet, mit einem kleinem Hub zur Voreinspritzung V, einer dazwischenliegenden Pause P, in dem das Einspritzventil geschlossen ist und einen anschließenden Haupteinspritzung H. Ausgelöst wird die Voreinspritzung gemäß dem darunterliegenden Diagramm 9b durch die Verstellung des Ventilkopfes 437. Ausgehend von der Schließstellung gemäß Figur 6 wird der Ventilkopf vom Vorventilsitz 52 durchbewegt bis zur Anlage am Ventilsitz 470 des dritten Ventils, was in dem Diagramm durch die Zahl 470 an der Ordinate dargestellt ist. Zu diesem Zeitpunkt ist der Steuerraum 24 wieder verschlossen, so daß sich über die Pause, in dem auch das dritte Ventil 479 verschlossen ist, der hohe Schließdruck im Steuerraum 24 einstellt und das Einspritzventilglied 14 geschlossen hält. In diesem Zeitraum bewegt sich aber gemäß Diagramm 9c das Schleppglied 454 ab Verschließen des dritten Ventils 479 bis zur Anlage am Ventilkopf 437. Diese Position wird in dem Diagramm mit der Zahl 52 an der Abszisse dargestellt. Nach Anlage verharret auch das Schleppventilglied 454 in dieser Endstellung bis zum Ende der Pause P. Dann wird das Steuerventilglied wieder zurück in eine Zwischenstellung bewegt wird. Hierbei bewegen sich der Ventilkopf 437 und das Schleppventilglied synchron in eine Zwischenstellung Z, die zur vollen Entlastung des Steuerraumes 24 führt. Mit der Rückführung von Ventilkopf 437 und Schleppventilglied 454 wird schließlich die Entlastung des Steuerraumes 24 wieder unterbrochen und es baut sich der das Schließen des Einspritzventilglieds bewirkende Steuerdruck wieder auf.

[0033] Im Vorstehenden wurden in verschiedenen Ausführungsformen des Steuerventils dargestellt, daß zur Steuerung des Druckes im Steuerraum 24 eine Verbindung zum Abflußkanal 49 hergestellt wird, was zu einer Entlastung des Steuerraums 24 führt. Zur Belastung des Steuerraums wird lediglich das Steuerventil wieder in Schließstellung gebracht und der ständige Zulauf von Kraftstoffhochdruck über den Zulaufkanal 26

eingestellt. Solche Ventile arbeiten im Prinzip als 2/2-Ventile. Im Vorliegenden wurde ein solches 2/2-Ventil durch das Schleppventilglied 54 modifiziert. Gemäß Figur 7 kann ein solches Ventil aber auch als 3/2-Ventil ausgeführt werden, wobei in einer ersten Stellung des Ventils eine Verbindung vom Kraftstoffhochdruckspeicher vom Steuerraum hergestellt wird unter gleichzeitigem Verschluß des Abflußkanals und in einer zweiten Stellung des Ventils die Verbindung zwischen Kraftstoffhochdruckspeicher 1 und Steuerraum unterbunden werden, unter Herstellung der Verbindung des Steuer- raums zum Entlastungskanal. Figur 7 zeigt in diesem Zusammenhang eine sehr ähnliche Ausgestaltung wie Figur 2 mit dem Unterschied, daß der Ventilraum 530 über den Verbindungskanal 529 in ständiger Verbindung mit dem hier nicht weiter gezeigten Steuerraum steht. Dieser Verbindungskanal zweigt von der Umfangswand des zylindrisch ausgebildeten Ventil- raums 530 ab. Der Zulauf von Hochdruckkraftstoff erfolgt hier an der axialen Stirnwand 570 des Ventil- raums 530, wobei dieser Zulauf 526 koaxial zur Achse des Ventilraums 530 beziehungsweise des Stößels 535 einmündet. Die Stirnseite 570 bildet dabei im Einmün- dungsbereich des Zulaufs 526 einen Ventilsitz, der mit einer stirnseitigen Dichtfläche 571 am Ventilkopf 537 in analoger Ausgestaltung zu Figur 4 als drittes Ventil 479, hier jedoch in abweichender Funktion, zusammenwirkt. Wie auch in den vorigen Ausführungsbeispielen ist der Ventilstößel 535 in einer Stößelbohrung 36 geführt und durchdringt den Ringraum 48, der wiederum über den Hauptventilsitz 46 den im Durchmesser größeren Ventil- raum 530 übergeht. Mit dem Hauptventilsitz 46 wirkt eine Ventilielddichtfläche 59 eines gleichermaßen wie bei Figur 2 ausgebildeten Schleppventilglieds 54 zusammen, wobei diese Ventilielddichtfläche konisch ausgebildet ist, analog dem konischen Übergang zwi- schen Ventilraum 530 und Ringraum 48 und am einen Ende des hülsenförmigen Schleppventilglieds 54 zu dessen Außenumfang geneigt angeordnet ist. Am gegenüberliegenden Ende des hülsenförmigen Ventil- glieds 54 befindet sich wiederum zur inneren Durch- gangsbohrung 53 geneigt eine kegelförmiger Vorventilsitz 52, der mit einer Ventilkopfdichtfläche 551, die ebenfalls kegelförmig ausgebildet ist, am Ventilkopf 537 zusammenwirkt. Im Bereich des Ringraumes 48 weist der Ventilstößel 535 ferner einen Mitnehmer 563, der zum Beispiel als Sprengring in eine Ringnut 583 des Ventilstößel eingeklippt sein kann. Befindet sich der Ventilkopf in Anlage an dem Vorventilsitz 52 des Vor- ventils 58 und die Ventilielddichtfläche 59 in Anlage am Hauptventilsitz 46 des Hauptventils 61, ist der Mitnehmer 563 um einen Hub h1 von einer Stirnseite 564 des Schleppventilglieds beabstandet. Auch bei Anlage des Mitnehmers 563 an der Stirnseite 564 bleibt genügend Querschnitt frei, um ein Kraftstofffluß vom Ventilraum 530 bei geöffnetem Vorventil durch den zwischen Ven- tilstößel 535 und der inneren Durchgangsbohrung gebildeten Durchtrittsquerschnitt 56 zum Ringraum 48

abfließen kann und von dort über den Abflußkanal zur Entlastungsseite.

[0034] Bei Betätigung des Ventilstößels 535 durch den Aktor kann dieser mit dem Ventilkopf vom Vorventil- sitz 52 abgehoben werden, so daß unter gleichzeitigem Zufluß von Kraftstoff über den Zulaufkanal 536 und Abfluß von Kraftstoff über den Durchtrittsquerschnitt 56 zum Abflußkanal 49 sich im Steuerraum ein mittlerer Druck einstellt, der ausreichend ist, um eine Voreinsprit- zung durch Öffnen des Einspritzventilglieds 14 zu bewirken. Für die Haupteinspritzung wird das Steuer- ventilglied mit dem Ventilkopf 537 durchgeschaltet bis zur Anlage der Dichtfläche 571 am Ventilsitz 570 beziehungsweise Schließen des dritten Ventils 579. Damit ist der Zulauf von Hochdruckkraftstoff in den Ventilraum und damit auch in den Steuerraum unterbunden und der Steuerraum kann zum Abflußkanal 49 ganz entla- stet werden. Im Laufe dieser Bewegung ist zusätzlich der Mitnehmer 563 in Anlage an die Stirnseite 564 gelangt und hat das Schleppventilglied 54 vom Haupt- ventilsitz 46 abgehoben, so daß auch ein sehr großer Entlastungsquerschnitt vom Steuerraum 24 zum Abflußkanal 49 hergestellt ist. Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird daraufhin der Ventilstößel mit Ventilkopf 537 wieder in die gezeigte Ausgangsstellung zurückbewegt, bei der das dritte Ventil 579 geöffnet und das Vorventil 58 und das Hauptventil 61 geschlossen sind. Es kann sich dann durch den zulaufenden Hoch- druckkraftstoff wieder der hohe Druck im Steuerraum aufbauen und das Einspritzventilglied 14 in Schließstel- lung bringen. In analoger Weise können bei einem sol- chen 3/2-Steuerventils auch analog die Ausgestaltungen nach Figuren 3 und 5 Anwendung fin- den.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschi- nen mit einer Kraftstoffhochdruckquelle (1), aus der ein Kraftstoffeinspritzventil (9) mit Kraftstoff ver- sorgt wird, das ein Einspritzventilglied (14) zur Steuerung einer Einspritzöffnung (12) und einen Steuerraum (24) aufweist, der von einer bewegli- chen Wand (22), die mit dem Einspritzventilglied (14) wenigstens mittelbar verbunden ist, begrenzt wird und der einen von einer Hochdruckquelle, vor- zugsweise von der Kraftstoffhochdruckquelle (1) kommenden Zuflußkanal (26), und einem zu einem Entlastungsraum führenden Abflußkanal (29) auf- weist, und dessen Druck durch ein den Zuflußkanal (26, 126) oder den Abflußkanal (29, 49) steuerndes Steuerventil (31), das von einem Piezoaktor (41) betätigt wird, gesteuert wird, wobei das Steuerven- til (31) ein Steuerventilglied (34) hat mit einem in einem Gehäuse geführten Ventilstößel (35), an dessen Ende ein in einen Ventilraum (30) ragender Ventilkopf (37, 137) vorgesehen ist, der eine zu einem Ventilsitz (52) weisende Ventilkopfdichtflä-

- che (51) hat und der einen Abflußquerschnitt eines Abflußkanals (49) steuert wobei der Ventilraum (30, 130) mit dem Steuerraum (24) verbunden ist und bei geschlossenem Abflußquerschnitt dem Druck der Kraftstoffhochdruckquelle (19) ausgesetzt ist, *dadurch gekennzeichnet*, daß durch das Steuer-ventil aufeinanderfolgend zwei unterschiedlich große Abflußquerschnitte nacheinander aufsteuerbar sind.
2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Ventilraumes (30, 530) der Ventilstößel (35) von einem hülsenförmigen Schleppventilglied (54) umgeben ist, mit einer inneren Begrenzungsfläche (53) zwischen der und dem Ventilstößel (35, 135) ein innerer Durchtrittsquerschnitt (56) besteht und das Schleppventilglied (54) an seinem einen axialen Ende zur Seite der Ventilkopfdichtfläche (51) hin einen Vorventilsitz (52) aufweist, der zusammen mit der Ventilkopfdichtfläche (51) ein Vorventil (58) bildet, das einem ersten über den inneren Durchtrittsquerschnitt (56) mit dem Abflußkanal (49) verbundenen Abflußquerschnitt steuert und an seinem anderen axialen Ende eine Ventilglieddichtfläche (59) aufweist, die mit einem gehäusefesten Hauptventilsitz (46) zusammenwirkt, unter Bildung eines einem zweiten Abflußquerschnitt des Abflußkanals steuernden Hauptventils (61), stromabwärts von dem der Abflußkanal (49) weiterführt.
 3. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 2 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Wand (45) des Ventilraumes (30) und dem Schleppventilglied (54) ein äußerer Durchtrittsquerschnitt zum Hauptventilsitz (46) besteht.
 4. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptventilsitz (46) am Übergang des Ventilraumes (30) zu einem vom Ventilstößel (35) durchdrungenen Ringraum (48), gebildet wird, von dem der Abflußkanal (49) weiterführt.
 5. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuerventilglied (34) durch den Piezoaktor (41) um festgelegte Hübe bewegbar ist und bei Betätigung des Steuerventilglieds (34) zur einer Entlastung des Drucks im Ventilraum (30) über den ersten Abflußquerschnitt des Abflußkanals bei einem ersten Hub die Ventilkopfdichtfläche (51) des Vorventil (58) vom Vorventilsitz (52) abgehoben wird und bei einer anschließenden weiteren Hub des Steuerventilglieds (34) das Schleppventilglied (54) von dem Hauptventilsitz (46) abgehoben und der zweite Abflußquerschnitt des Abflußkanals (49) geöffnet wird.
 6. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppventilglied (54) durch einen am Steuerventilglied (34) angeordneten Mitnehmer (63) vom Hauptventilsitz (46) abgehoben wird.
 7. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Mitnehmer (63) ein in eine Ringnut des Stößels (35) eingesetzter Ring ist, der bei geschlossenem Vorventil (58) einen einen Vorsteuerhub definierenden Abstand h1 von der Stirnseite (64) des Schleppventilglieds (54) hat.
 8. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppventilglied (54) durch eine sich gehäusefest abstützende Druckfeder (272, 472) zur Ventilkopfdichtfläche (251, 451) hin belastet ist und nach dem Öffnen des Vorventils (58) und entsprechenden Druckabbau stromaufwärts des Vorsteuerventils vom Hauptventilsitz (46) weg zur Ventilkopfdichtfläche (251, 451) hin und dieser nachgeführt wird. (Figuren 4 und 6)
 9. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppventilglied (54) mittels Abstandslängsrippen (57) vom benachbarten Stößel (35) unter Bildung des inneren Durchtrittsquerschnitts beabstandet und geführt ist.
 10. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppventilglied (54) auf seiner äußeren Mantelfläche Abstandslängsrippen (60) aufweist, mittels der es an einer zylindrischen Umfangswand (45) des Ventilraumes (30) unter Bildung des äußeren Durchtrittsquerschnitts geführt ist.
 11. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilstößel (135, 335) im Bereich seines vom Ringraum (48) wegführenden, im Gehäuse geführten Teils mit einer Hülse (166, 366) versehen ist, deren Außendurchmesser größer als der Durchmesser der inneren Begrenzungsfläche (53) des Schleppventilglieds (54) ist. (Figuren 3 und 5)
 12. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (166, 366) auf den Ventilstößel (135, 335) aufgepreßt ist. (Figur 3)
 13. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (166) auf den Ventilstößel (135) zwischen einer außerhalb seiner Führung am Ventilstößel festgelegten

Haltescheibe (168) und einem Anschlag (167) am Ventilstößel (135) gespannt wird. (Figur 3)

14. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 8
dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppventil-
glied (54) mit einer zylindrischen inneren Begren-
zungsfläche (453) auf dem zylindrischen
Außenmantel (455) des Stößels (435) geführt ist
und im Überdeckungsbereich von der inneren
Begrenzungsfläche mit dem Außenmantel des Stö-
ßels (435) eine Ringausnehmung (480) vorgese-
hen ist, die in ständiger Verbindung mit dem
Ringraum (48) ist. (Figur 6) 5
15. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem der
Ansprüche 11 bis 13 dadurch gekennzeichnet, daß
an der Stirnseite der Hülse (366) eine Dichtfläche
(375) vorgesehen ist und die gegenüberliegende
Seite des Schleppventilgliedes (354) ebenfalls eine
zusätzliche Dichtfläche (376) aufweist, welche
Dichtflächen zusammen ein zum inneren Durch-
trittsquerschnitt öffnendes drittes Ventil (379) bil-
den, das geschlossen wird, wenn der Ventilstößel
(335) sein Hub zum Öffnen des ersten Abflußquer-
schnitts des Vorventils (58) zurückgelegt hat. (Figur
5) 15 20 25
16. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtflächen des
dritten Ventils (479) konisch ausgebildet sind. 30
(Figur 5)
17. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem der vor-
stehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
daß der Steuerraum (24) über eine Zulaufdrossel
(28) ständig mit der Hochdruckquelle (1) verbunden
ist, wobei der Durchflußquerschnitt der Zulaufdros-
sel kleiner ist als der erste Abflußquerschnitt (32)
des Abflußkanals (29, 49). 35 40
18. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß der wirksame
Abflußquerschnitt des Abflußkanals (49) durch eine
Abflußdrossel (32) begrenzt ist. 45
19. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 17
oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuer-
raum (24) über einen coaxial zur Achse des Ventil-
stößels (35) abführenden Verbindungskanal (29)
mit dem Ventilraum (30) verbunden ist. 50
20. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, daß der Austritt des Ver-
bindungskanals (29) in den Ventilraum (30) vom
Steuerraum her durch eine als Dichtfläche ausgebi-
dete Stirnseite (271, 471) des Ventilkopfes (235,
435) des Steuerventils (231, 431) verschließbar ist
und am Ende des Vorsteuerhubes des Steuer-ven- 55

tilgliedes nach einer durch die Stellbewegung des
Steuerventilgliedes bestimmten Dauer der Entla-
stung des Steuerraumes (24) verschlossen wird.
(Figuren 4 und 6)

21. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet, daß in dem Verbindungs-
kanal (29) die Abflußdrossel (32) angeordnet ist.
22. Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach einem der
Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß
der Ventilraum (530) über einen coaxial zur Achse
des Ventilstößels (535) in den Ventilraum (530) ein-
tretenden Druckkanal (526) mit dem Kraftstoffhoch-
druckspeicher (1) und über einen
unverschließbaren Verbindungskanal (529) mit
dem Steuerraum verbunden ist, wobei der Eintritt
des Druckkanals (526) in den Ventilraum durch
eine als Dichtfläche ausgebildete Stirnseite (571)
des Ventilkopfes (537) des Steuerventilgliedes am
Ende des der Entlastung des Steuerraumes (530)
zur Voreinspritzung dienenden Hubes des Steuer-
ventilgliedes verschließbar ist, zur Festlegung des
Beginns der Entlastung des Steuerraumes zur
Haupteinspritzung. (figur 7)

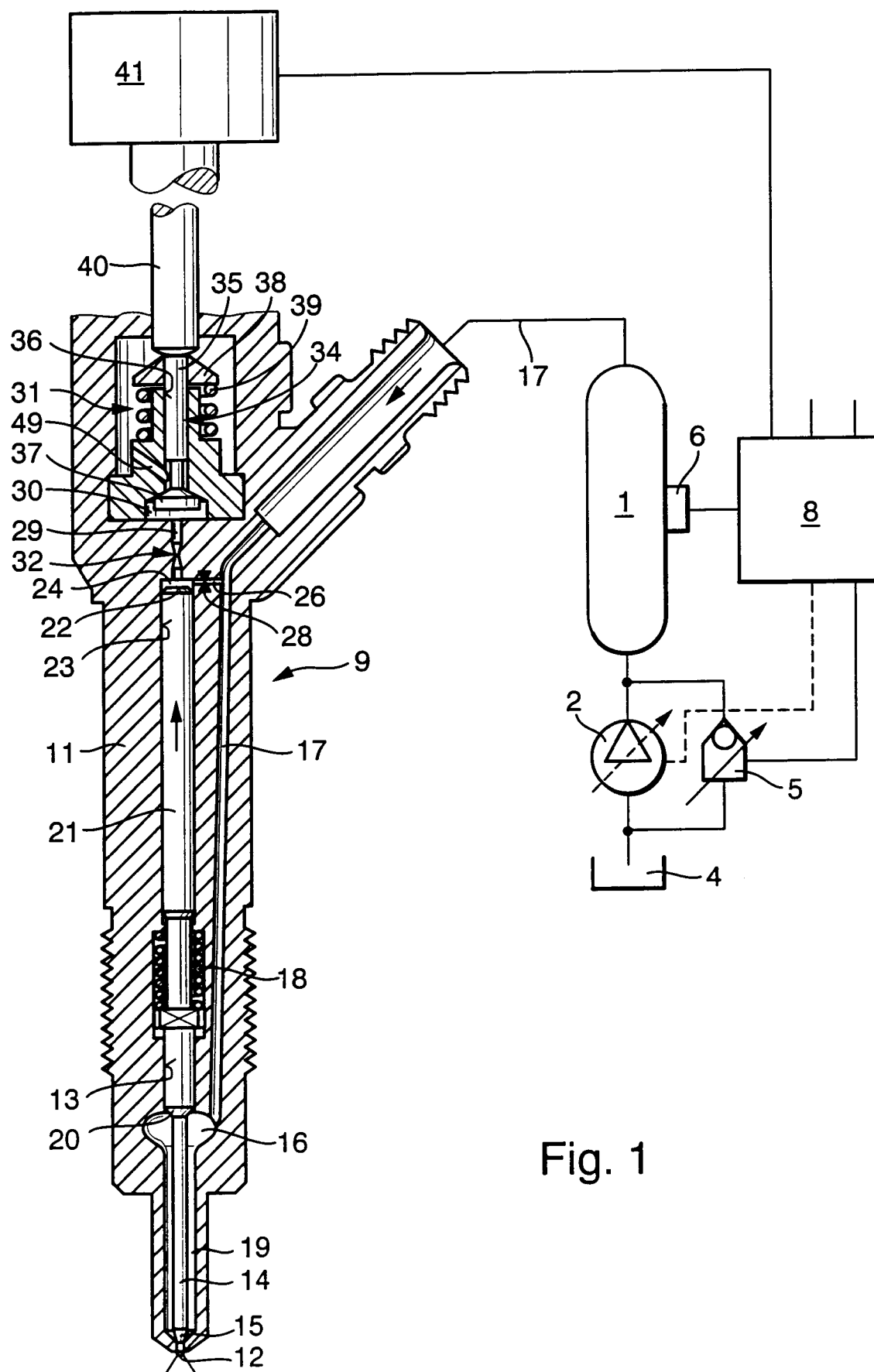
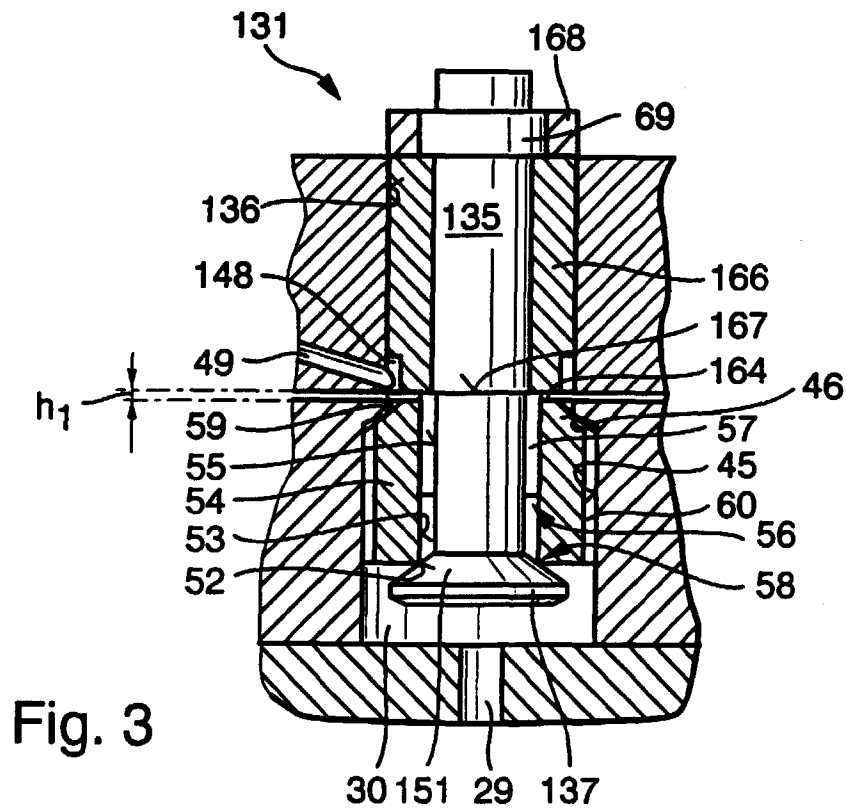
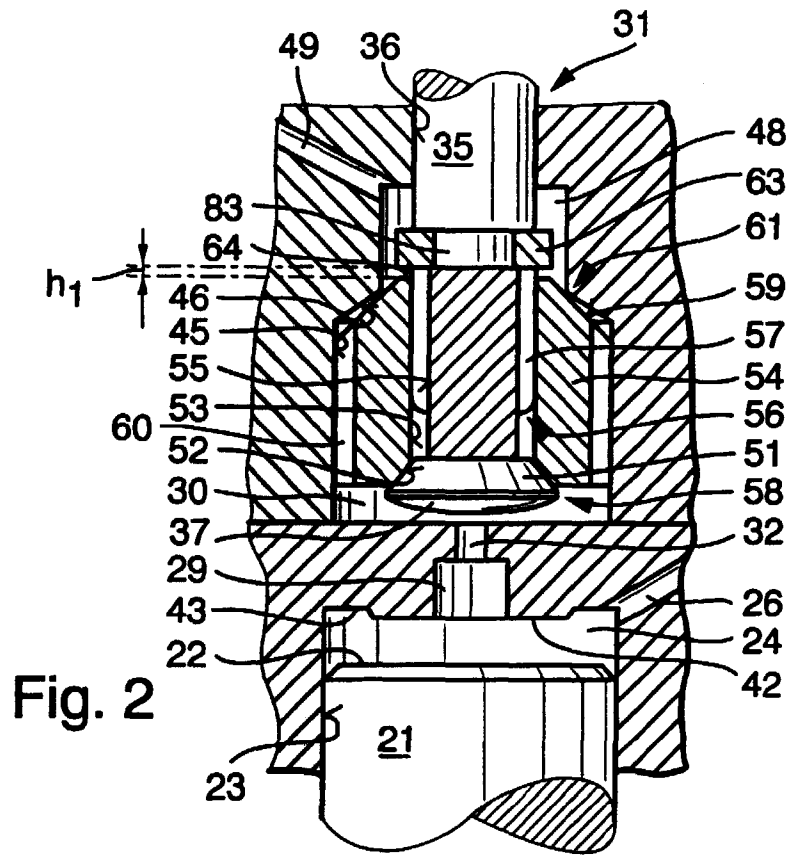
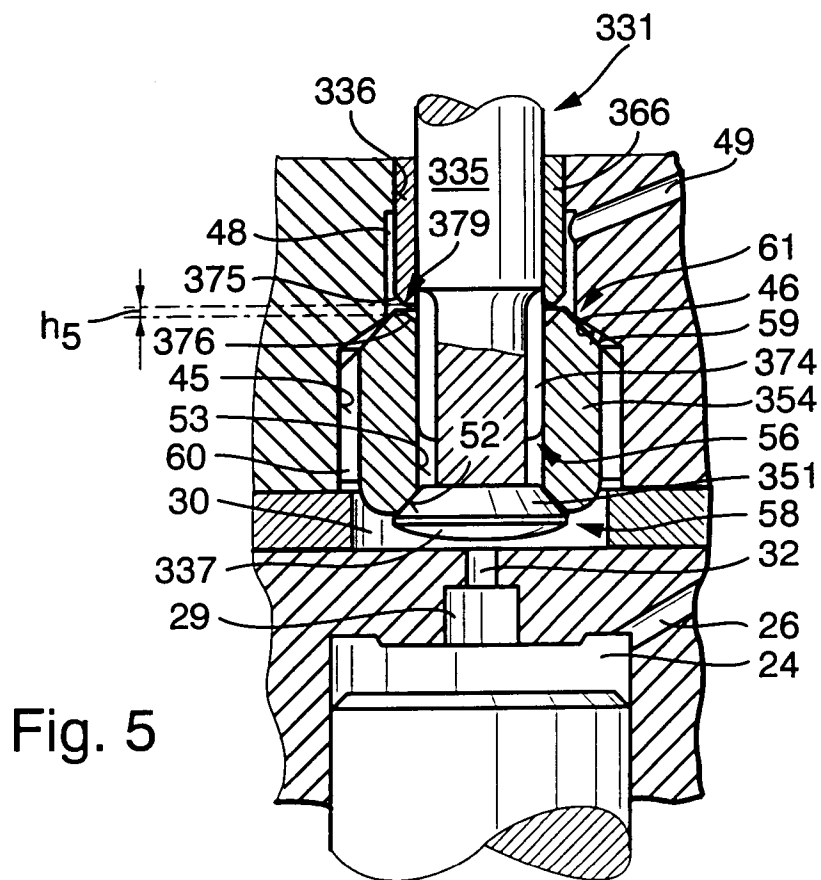
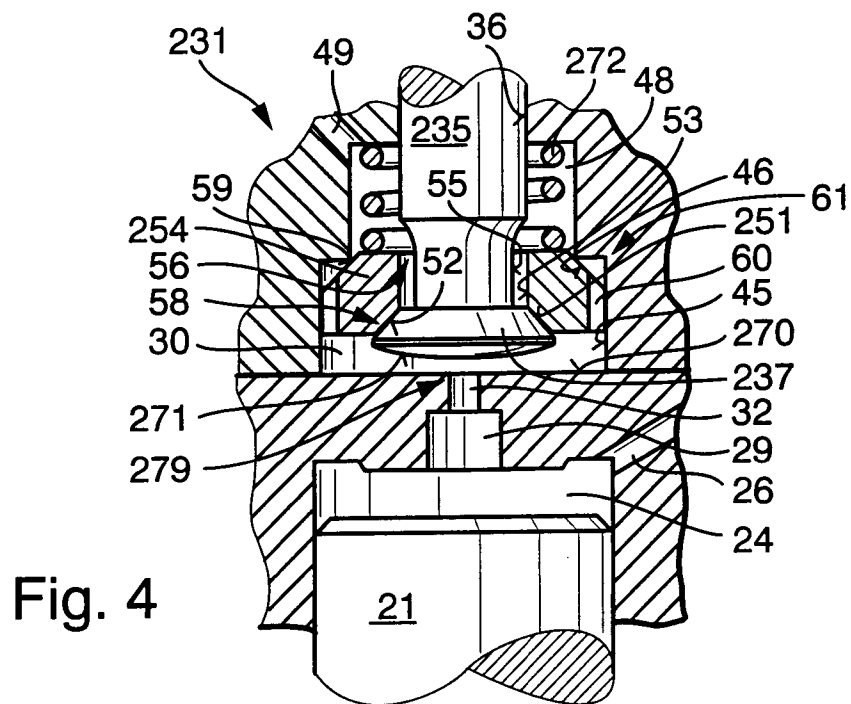


Fig. 1





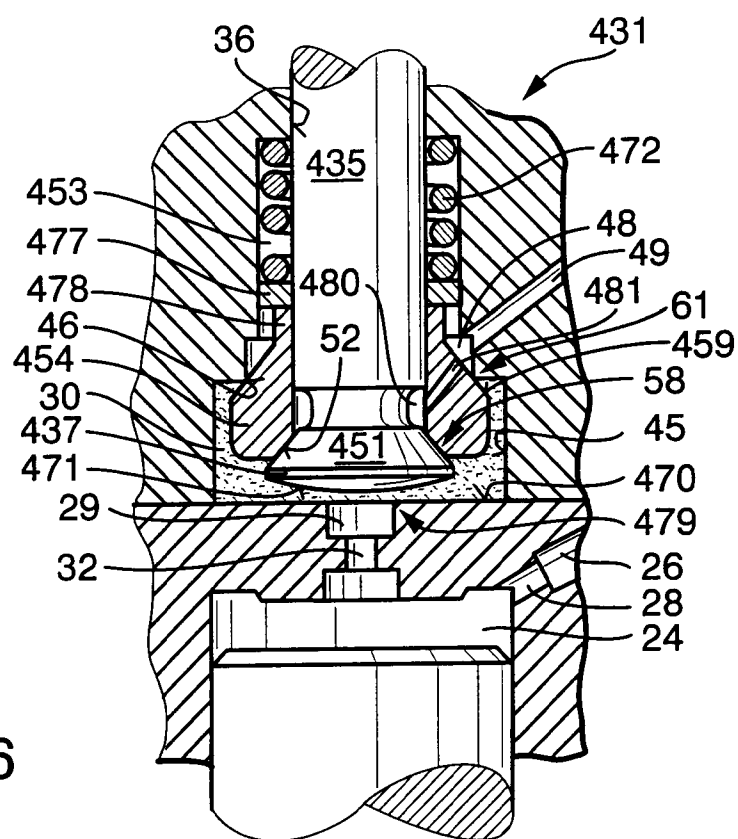


Fig. 6

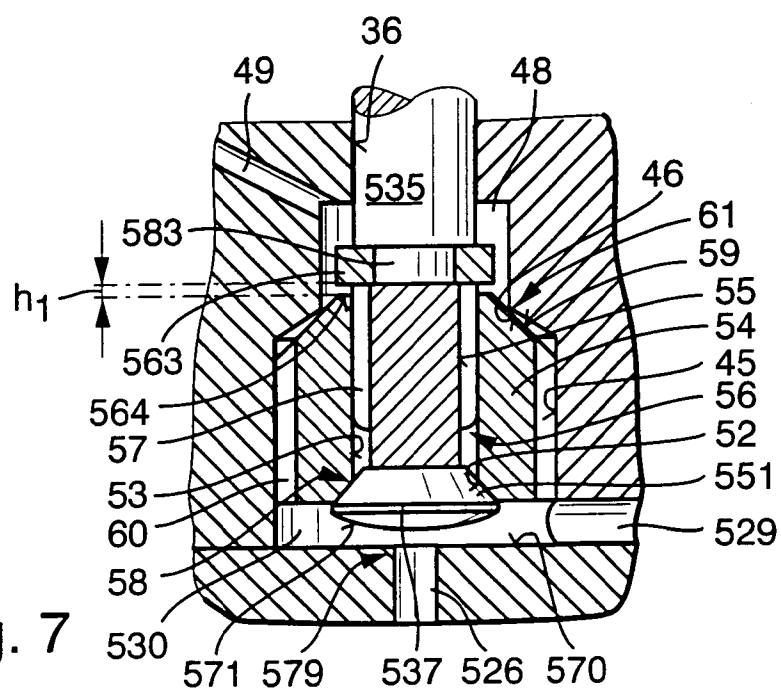


Fig. 7

Fig. 8a

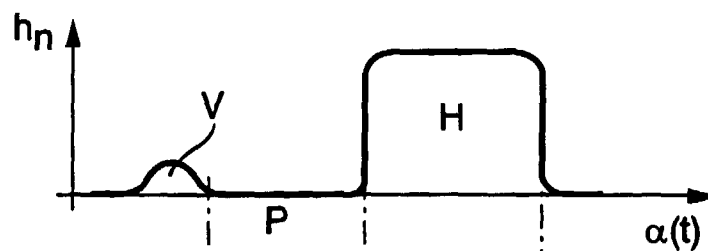


Fig. 8b

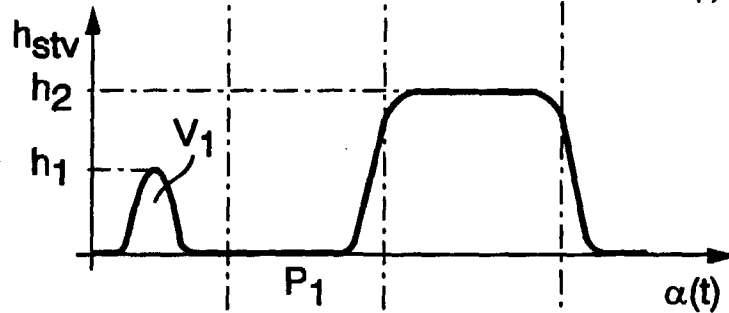


Fig. 8c

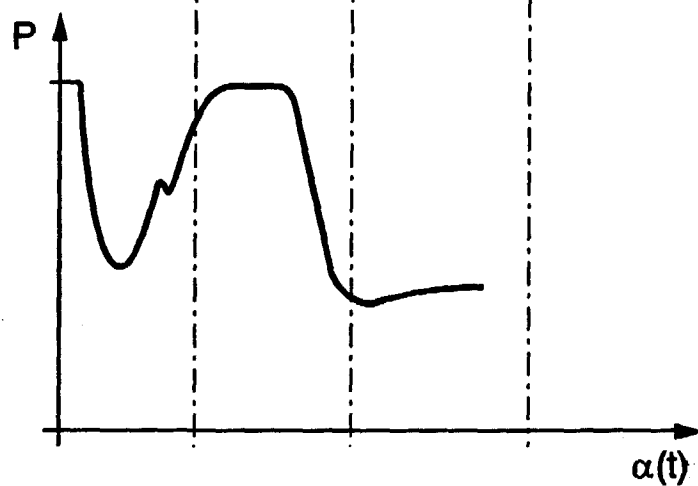


Fig. 9a

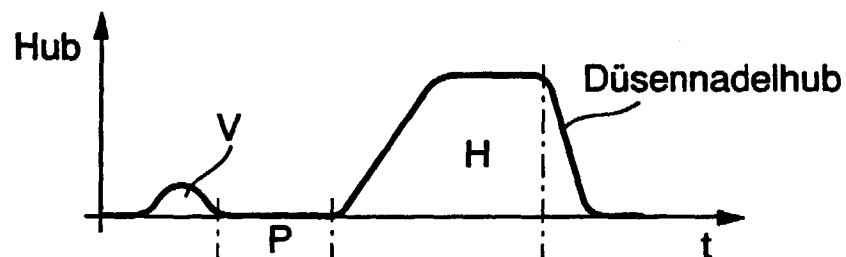


Fig. 9b

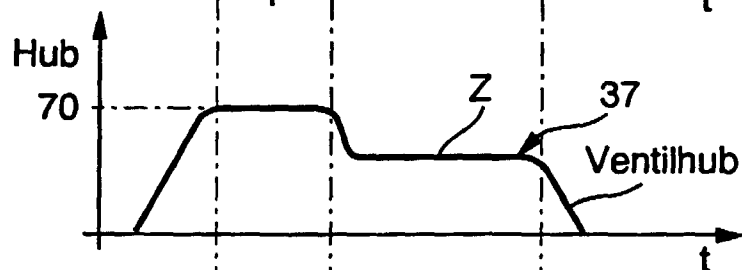


Fig. 9c

