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

(11) EP 0 745 764 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.12.1996 Patentblatt 1996/49

(51) Int. Cl.[6]: **F02M 47/02**

(21) Anmeldenummer: **96107546.2**

(22) Anmeldetag: **21.05.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI SE

(30) Priorität: **02.06.1995 CH 1628/95**

(71) Anmelder: **GANSER-HYDROMAG AG**
8001 Zürich (CH)

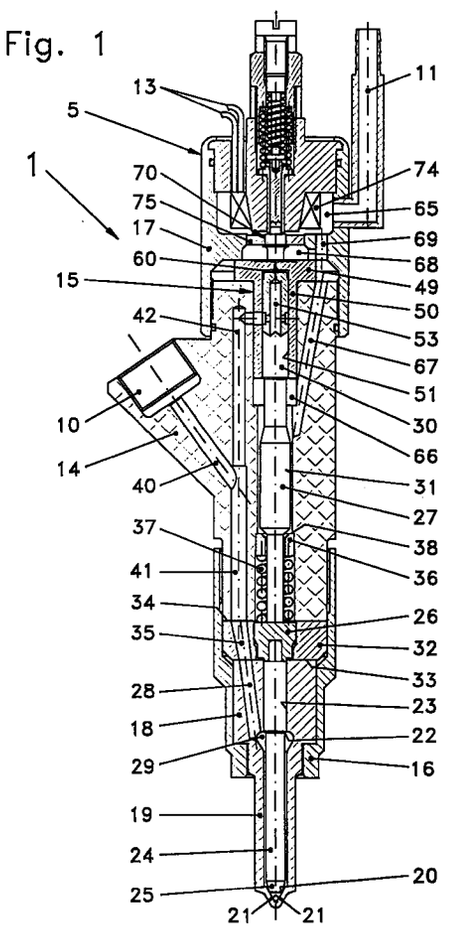
(72) Erfinder: **Ganser, Marco A.**
8001 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Schaad, Balass, Menzl & Partner AG
Dufourstrasse 101
Postfach
8034 Zürich (CH)

(54) Brennstoffeinspritzventil für Verbrennungskraftmaschinen

(57) Ein Brennstoffeinspritzventil (1) zur intermitierenden Brennstoffeinspritzung in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine ist mit einer hydraulischen Steuervorrichtung (15) ausgestattet. Mittels eines elektrisch gesteuerten Magnetventils (5) wird Öffnen oder Schliessen einer Steuerbohrung bewerkstelligt, wodurch ein Steuerdruck in einem Steuerraum (60) beeinflusst wird, was über einen Steuerkolben (30) und ein Einspritzventilglied (24) das Öffnen oder Schliessen von Einspritzöffnungen (21) in den Brennraum bewirkt. Der Einspritzvorgang wird zusätzlich durch Steuerung der Bewegung eines der Steuerbohrung zugeordneten Magnetventil-Pilotventilschaftes (70) gesteuert. Es sind Mittel vorgesehen, durch welche die Öffnungsbewegung in zwei nacheinanderfolgenden Phasen erfolgt. Durch diese zusätzliche Steuerung kann bei jedem gegebenen Systemdruck bei gleichbleibender Konstruktion der zeitliche Verlauf des Einspritzvorganges optimal den von der Verbrennungskraftmaschine verlangten Bedingungen angepasst und das Betriebsverhalten verbessert werden.

Fig. 1



EP 0 745 764 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffeispritzventil zur intermittierenden Brennstoffeinspritzung in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Brennstoffeinspritzventile dieser Art sind beispielsweise aus den Patentschriften EP 0 228 578 oder EP 0 262 539 bekannt.

Bei diesen bekannten Brennstoffeinspritzventilen erfolgt die Steuerung der Öffnungs- und Schliessbewegung des Einspritzventilgliedes ausschliesslich durch die Steuerung des Steuerraum-Druckes. Die Öffnungs- und Schliessgeschwindigkeit ist dabei vom Systemdruck abhängig; bei hohem Brennstoffdruck ist die Bewegung des Einspritzventilgliedes rascher als bei niedrigem. Der Pilotventilschaft Art bei jedem Schaltvorgang des Magnetventils eine konstante Bewegung mit gegebenen Verlauf aus.

Bei einem gegebenen Systemdruck und einer gegebenen Ventilkonstruktion ist demnach auch der Geschwindigkeitsverlauf des Einspritzvorganges vorgegeben und kann nicht mehr beeinflusst werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Brennstoffeispritzventil zu schaffen, das es ermöglicht, bei jedem gegebenen Systemdruck den zeitlichen Verlauf des Einspritzvorganges optimal den von der Verbrennungskraftmaschine verlangten Bedingungen anzupassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Dadurch, dass der Einspritzvorgang zusätzlich durch Steuerung der Bewegung des Magnetventil-Pilotventilschaftes steuerbar ist, kann eine wesentliche Verbesserung des Einspritzventil-Betriebsverhaltens erreicht werden.

Die Erfindung wird nun im folgenden anhand der Zeichnungen näher dargelegt.

Es zeigen:

Fig.1 eine erste Ausführungsform eines Brennstoffeinspritzventils im Längsschnitt;

Fig.2 einen vergrösserten, partiellen Längschnitt durch das Brennstoffeinspritzventil nach Fig.1 mit einem Magnetventil und mit Steuerorganen zur Steuerung des Einspritzvorganges;

Fig.3a,3b,3c drei Phasen der Relativstellung des Magnetventils und der Steuerorgane nach Fig.2 in Form eines Ausschnittes aus Fig.2 in vergrössertem Massstab;

Fig.4a ein Diagramm, der einen zeitlichen Stromverlauf der elektromagnetischen Steuerung des Brennstoffeinspritzventils nach Fig.1 und 2 darstellt;

Fig.4b ein Diagramm, der einen zeitlichen Verlauf der Magnetventilbewegung darstellt;

Fig.4c ein Diagramm, der einen zeitlichen Verlauf der Bewegung eines Steuerkolbens zur Steuerung des Einspritzvorganges darstellt;

Fig.5 eine der Fig.2 entsprechende Darstellung einer zweiten Ausführungsform des Brennstoffeinspritzventils mit einer zweiten Ausbildungsform des Magnetventils;

Fig.6 eine dritte Ausbildungsform des Magnetventils verwendbar für beide Ausführungsformen des Brennstoffeinspritzventils nach Fig.2 oder Fig.5;

Fig.7a,7b,7c den Figuren 4a,4b,4c entsprechende Diagramme für die in Fig.6 dargestellte Ausbildungsform des Magnetventils;

Fig.8 einen Flachsitz zwischen einem Magnetventilschaft und einem Steuerkörper im Querschnitt;

Fig.9 einen Schnitt nach Linie IX-IX in Fig.8;

Fig.10 einen Schnitt nach Linie X-X in Fig.8.

Gemäss Fig.1 ist ein Brennstoffeinspritzventil 1 über einen Brennstoffhochdruckanschluss 10 und über einen Brennstoffrücklaufanschluss 11 mit einer Hochdruck-Fördereinrichtung für den Brennstoff und über elektrische Anschlüsse 13 mit einer elektronischen Steuerung verbunden. Die Hochdruck-Fördereinrichtung und die elektronische Steuerung sind in der Zeichnung nicht dargestellt.

Das Gehäuse des Brennstoffeinspritzventils 1 ist mit 14 bezeichnet. Am unteren Ende ist das Gehäuse 14 mit einem als Überwurfmutter ausgebildeten Halteteil 16, am oberen Ende mit einem Aussenteil 17 eines Magnetventils 5 festgeschraubt.

Im Halteteil 16 ist ein Düsenkörper 18 eingesetzt, dessen Düsenspitze 19 aus dem Halteteil 16 hinausragt. Die Düsenspitze 19 ist mit einem Düsennadelsitz 20 versehen und weist in diesem Bereich mehrere Einspritzöffnungen 21 auf. Im Düsenkörper 18 ist eine ein Einspritzventilglied bildende, axial verstellbare Düsennadel 24 in einer Nadelführungsbohrung 23 gleitend geführt. Die Einspritzöffnungen 21 der Düsenspitze 19 sind durch ein unteres Ende 25 der Düsennadel 24 abschliessbar. Über ein Zwischenelement 26 und eine Verbindungsstange 27 ist die Düsennadel 24 mit einem

Steuerkolben 30 wirkverbunden. Die Verbindungsstange 27 ist in einer zentralen Bohrung 31 des Gehäuses 14 axial verstellbar angeordnet. Die Bewegung des Steuerkolbens 30 und somit auch der Düsennadel 24 wird mittels einer mit dem Magnetventil 5 zusammenwirkenden Steuervorrichtung 15 gesteuert, die weiter unten anhand der Fig.2 näher beschrieben wird.

Zwischen dem Düsenkörper 18 und dem Gehäuse 14 ist eine das Zwischenelement 26 aufnehmende Druckplatte 32 angeordnet und durch den Halteteil 16 festgeklemmt, wobei zwischen dem Düsenkörper 18 und der Druckplatte 32 und zwischen der Druckplatte 32 und dem Gehäuse 14 Dichtflächen 33,34 gebildet sind.

Zwischen einer sich an einem Absatz 38 des Gehäuses 14 abstützenden Federspannscheibe 36 und dem Nadel-Zwischenelement 26 ist eine Düsennadelfeder 37 vorgespannt angeordnet.

Der Brennstoff wird durch die Hochdruck-Fördereinrichtung über den Brennstoffhochdruckanschluss 10 und eine erste kurze Brennstoffzufuhrbohrung 40 in zwei im Gehäuse 14 parallel zur Bohrung 31 angeordneten Hochdruckzufuhrleitungen 41,42 gefördert. Die obere Hochdruckzufuhrleitung 42 führt zur Steuervorrichtung 15. Die untere Hochdruckzufuhrleitung 41 ist über eine schräg in der Druckplatte 32 angeordnete Verbindungsbohrung 35 an eine Düsenkörperbohrung 28 angeschlossen, die in einen Ringraum 29 im Düsenkörper 18 mündet. Vom Ringraum 29 gelangt der Brennstoff über nicht näher dargestellte Durchgänge zum Düsennadelsitz 20 bzw. zu den Einspritzöffnungen 21. Im Bereich des Ringraumes 29 ist die Düsennadel 24 mit einem Absatz 22 versehen.

In die zentrale Bohrung 31 des Gehäuses 14 ist im oberen Bereich ein Steuerkörper 50 der Steuervorrichtung 15 eingesetzt und über seinen Flansch 49 vom Aussenteil 17 des Magnetventils 5 festgehalten. Der Steuerkörper 50 weist eine Führungsbohrung 51 auf, in welcher der Steuerkolben 30 axial verschiebbar und eng gleitend angeordnet ist. Der Steuerkolben 30 ist mit einer zentralen Bohrung 53 versehen, die über eine Querbohrung 54 und eine Ringnut 55 im Steuerkolben 30 und über Qerbohrungen 56,57 im Steuerkörper 50 und im Gehäuse 14 an die obere Hochdruckzufuhrleitung 42 angeschlossen ist (Fig.2). Oben verjüngt sich die zentrale Bohrung 53 des Steuerkolbens 30 in eine erste Steuerbohrung 58, die in einen zwischen dem Steuerkolben 30 und dem Steuerkörper 50 stirnseitig zum Steuerkolben 30 angeordneten Steuerraum 60 mündet und diesen mit der Hochdruckzone verbindet. Der Steuerkörper 50 ist mit einer zweiten Steuerbohrung 61 versehen, die den Steuerraum 60 mit einer Stirnfläche 62 des Steuerkörpers 50 verbindet, und die in der in Fig.1 und 2 dargestellten Stellung durch einen Pilotventilschaft 70 des Magnetventils 5 geschlossen ist.

Der beim Anheben des Pilotventilschaftes 70 aus der zweiten Steuerbohrung 61 austretende Brennstoff wird in einem Abflussraum 68 gesammelt und über eine Abflussbohrung 69 dem Brennstoffrücklaufanschluss 11 zugeführt. In den Abflussraum 68 fliesst auch über eine Entlastungsbohrung 67 der durch Leckagen in einem Raum 66 unterhalb des Steuerkörpers 50 angesammelte Brennstoff. Somit wird ein Teil des Brennstoffes praktisch drucklos der Hochdruck-Fördereinrichtung zurückgeführt. Der Raum 66, die Entlastungsbohrung 67, der Abflussraum 68, die Abflussbohrung 69 sowie ein weiterer Abflussraum 65 oberhalb der Abflussbohrung 69 bilden mit dem anschliessenden Brnnstoffrücklaufanschluss 11 einen sogenannten Niederdruckteil des Brennstoffeinspritzventils 1. Der Steuerkörper 50 wird vorzugsweise mit einem leichten Press- oder einem engem Schiebesitz in der Führungsbohrung 48 eingebaut, so dass keine nennenswerte Leckage stattfinden kann. Allerdings könnten auch andere brennstoffdichte Verbindungen, beispielsweise unter Verwendung von geeigneten Dichtungsringen realisiert werden.

Das Magnetventil 5 weist gemäss Fig.2 einen im Aussenteil 17 eingesetzten Innenteil 73 auf, der mit einer Spule 74 versehen ist. Die Spule 74 ist über die bereits erwähnten elektrischen Anschlüsse 13 mit der nicht dargestellten elektronischen Steuerung verbunden. Dem Magnetventil 5 ist ein mit dem Pilotventilschaft 70 fest verbundener Anker 75 zugeordnet. Der den Anker 75 aufnehmende Teil des Pilotventilschaftes 70 ist mit 76 bezeichnet; seine obere Absatzfläche 84 liegt etwas höher als die obere Stirnfläche 85 des Ankers 75, was insbesondere aus Fig.3a, 3b, 3c gut ersichtlich ist (vgl.Distanz L1). Der Pilotventilschaft 70 ist aus hartem Material, der Anker 75 aus weichmagnetischem Werkstoff hergestellt.

Ein oberer Teil 72 des Pilotventilschaftes 70 ragt axial verschiebbar in einen hülsenförmigen Hubanschlag 78 hinein, der ebenfalls axial verschiebbar in einer zentralen Bohrung 77 des Innenteiles 73 eingesetzt ist. Ein der zweiten Steuerbohrung 61 zugeordnetes Abschlussende des Pilotventilschaftes 70 ist mit 71 bezeichnet. Der mit dem Pilotventilschaft 70 axialbewegliche Anker 75 ist in einer Bohrung 79 des Aussenteiles 17 verschiebbar angeordnet.

Der axialbewegliche Hubanschlag 78 weist im oberen Bereich einen Flansch 80 auf. In der in Fig.2 dargestellten Stellung liegt der Flansch 80 an einem Absatz 81 an, wobei das untere Ende des Hubanschlages 78 mit seiner unteren Stirnfläche 82 aus dem Innenteil 73 hinausragt (in Fig. 3a, die der in Fig.1 und 2 gezeigten Stellung des Brennstoffeinspritzventils 1 entspricht, ist dies mit H2 bezeichnet). Eine Polfläche des Magnet-Innenteils 73 ist mit 83 bezeichnet.

In den Innenteil 73 des Magnetventils 5 ist oben eine Verstellschraube 88 eingeschraubt, der eine Distanzscheibe 89 zugeordnet ist. Zwischen der Verstellschraube 88 und dem Flansch 80 des Hubanschlages 78 ist eine zum Pilotventilschaft 70 koaxiale Feder 90 vorgespannt.

In den oberen Teil 72 des Pilotventilschaftes 70 ist ein mit einer Schulter 93 versehener Zapfen 92 einge-

setzt. Zwischen der Schulter 93 und einer in die Verstellschraube 88 eingeschraubten, weiteren Einstellschraube 95 ist eine weitere Feder 97 vorgespannt, die ebenfalls zur Pilotventilachse koaxial im Innern der Feder 90 angeordnet ist. Der mit einem Führungszapfen 98 für die Feder 97 versehenen Einstellschraube 95 ist eine Distanzscheibe 96 zugeordnet.

Zusammen mit der Beschreibung der Figuren 3a, 3b, 3c sowie 4a, 4b, 4c wird nun die Wirkungsweise des Brennstoffeinspritzventils 1 dargelegt.

Fig. 3a, 3b, 3c zeigen in drei verschiedenen Phasen einerseits die Relativstellung der Pilotventilschaftteile 76,72 mit dem Anker 75, des beweglichen Hubanschlags 78, und des Magnetventil-Innenteiles 73, anderseits die Relativstellung vom Abschlussende 71 des Pilotventilschaftes 70 zur oberen Stirnfläche 62 bzw. zur Steuerbohrung 61 des Steuerkörpers 50.

Fig.4a, 4b, 4c charakterisieren den zeitlichen Verlauf des Einspritzvorganges, wobei Fig.4a die Stromgrösse für das Magnetventil 5, Fig.4b den Hub des Magnetventils 5 (d.h. des Pilotventilschaftes 70 und des Ankers 75) und Fig.4c den Hub des Steuerkolbens 30 und somit auch der Düsennadel 24 zeigen.

Vor dem Einspritzvorgang herrscht im Hochdruckteil des Brennstoffeinspritzventils 1, d.h. in der Brennstoffzuführbohrung 40, in beiden Hochdruckzufurhrleitungen 41,42, in den Ringräumen 29,55 und im Steuerraum 60 der gleiche Hochdruck bzw. Einspritzdruck, der bis über 1500 bar betragen kann. Das Brennstoffeinspritzventil 1 befindet sich in der in Fig. 1, 2 und 3a dargestellten Schliessstellung. Die obere Stirnfläche 85 des Ankers 75 ist gemäss Fig.3a um einen Abstand L von der unteren Polfläche 83 des Magnet-Innenteils 73 entfernt.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt (bezogen auf eine bestimmte Kurbelwellenlage des mit dem Brennstoffeinspritzventil 1 ausgerüsteten Motors) wird von der Steuerung ein erster elektrischer Impuls dem Magnetventil 5 erteilt. Die Spule 74 wird erregt. Erreicht der Strom eine bestimmte Grösse I1 (vgl. Fig.4a), wird die Kraft der den Anker 75 mit dem Pilotventilschaft 70 in der Schliessstellung haltenden Feder 97 überwunden und der Anker 75 wird angezogen. Der Beginn dieser Bewegung ist in Fig.4a und 4b mit Zeit t1 bezeichnet. Zusammen mit dem Pilotventilschaft 70 führt er einen ersten Hub H1 (vgl. Fig.3a und 3b sowie 4b) durch, wobei der obere Teil 72 des Pilotventilschaftes 70 im Hubanschlag 78 nach oben bewegt wird, bis der den Anker 75 aufnehmende Teil 76 des Pilotventilschaftes 70 mit der Absatzfläche 84 an der unteren Stirnfläche 82 des Hubanschlags 78 zur Anlage kommt und an einer Weiterbewegung durch die Kraft der auf den Hubanschlag 78 wirkenden Feder 90 gehindert wird. Diese Stellung ist in Fig.3b dargestellt. Das Abschlussende 71 des Pilotventilschaftes 70 wurde ebenfalls um den Hub H1 von der Stirnfläche 62 des Steuerkörpers 50 angehoben, die Steuerbohrung 61 dadurch geöffnet. Mit der Öffnung der Steuerbohrung 61 sinkt der Druck im Steuerraum 60. Der Druckabfall bewirkt, dass die Düsennadel 24 sowie auch der Steuerkolben 30 durch den im Ringraum 29 herrschenden und auf den Absatz 22 wirkenden Brennstoffdruck vom Düsennadelsitz 20 angehoben wird und beginnt, sich nach oben zu bewegen (vgl. Zeitpunkt t2 in Fig.4c). Die Einspritzöffnungen 21 werden freigegeben, und es findet eine erste Phase des Einspritzvorganges mit langsamer Öffnung der Düsennadel 24 statt.

Zu einem weiteren, wählbaren Zeitpunkt (t3 in Fig.4a) wird durch die Steuerung ein zweiter elektrischer Impuls dem Magnetventil 5 erteilt. Der Anker 75 wird zusammen mit dem Pilotventilschaft 70 entsprechend dem grösseren Strom I2 nach Fig.4a mit einer erhöhten Zugskraft angezogen, die es vermag, neben der Kraft der Feder 97 auch noch die Kraft der Feder 90 zu überwinden und den Hubanschlag 78 über die Absatzfläche 84 des Pilotventilschaftes 70 weiter nach oben zu bewegen. Der Flansch 80 des Hubanschlags 78 wird vom Absatz 81 angehoben, der Hubanschlag 78 ins Innere des Magnetventil-Innenteils 73 gedrückt, bis der den Anker 75 aufnehmende Teil 76 des Pilotventilschaftes 70 mit seiner Absatzfläche 84 am Innenteil 73 anliegt. Um diese in Fig.3c dargestellte Stellung zu erreichen, führt der Pilotventilschaft 70 mit dem Anker 75 den in Fig.3b und 4b mit H2 bezeichneten zweiten Hub aus. Auch das Abschlussende 71 des Pilotventilschaftes 70 entfernt sich weiter um den Hub H2 von der Stirnfläche 62 des Führungselements 50, wodurch der Querschnitt des Brennstoffdurchflusses vergrössert, der Druckabfall im Steuerraum 60 beschleunigt und die Düsennadel 24 schneller nach oben bewegt wird (ab dem Zeitpunkt t4 in Fig.4b und 4c). Es findet eine zweite Phase des Einspritzvorganges mit rascher Öffnung der Düsennadel 24 statt.

Dadurch, dass auch in der obersten Lage des Ankers 75 (Fig.3c) ein kleiner Spalt L1 zwischen dem Anker 75 und der unteren Polfläche 83 des Magnet-Innenteils 73 vorhanden ist, wird ein schnelles Ansprechen des Magnetventils 5 beim Abschalten des Stromes erreicht. Somit kann rasch wieder die Schliessstellung des Brennstoffeinspritzventils 1 eingestellt werden.

Durch die Unterteilung des Einspritzvorganges in zwei Phasen wird eine wesentliche Verbesserung des Betriebsverhaltens des Motors hinsichtlich Lärm- und Schadstoffemissionen bewirkt. Die pro Zeiteinheit eingespritzte Brennstoffmenge kann beliebig gesteuert und den vom Motor verlangten Bedingungen optimal angepasst werden. Der Zeitpunkt des Überganges von der ersten zu der zweiten Phase ist frei wählbar. Selbstverständlich kann auch ein einstufiger Einspritzvorgang realisiert werden, indem der Strom sofort auf den zweiten Wert I2 eingestellt wird.

Um sicherzustellen, dass das Magnetventil 5 für die erste Hubbewegung sicher anspricht kann zu Beginn der Stromimpuls kurzzeitig höher gewählt werden als I1, wie das in Fig.4a gestrichelt dargestellt ist.

Fig.5 zeigt ein weiteres Brennstoffeinspritzventil 2, das mit einem Magnetventil 6 und mit einer Steuervor-

richtung 100 versehen ist. Der untere Teil des Einspritzventils ist in der Zeichnung nicht dargestellt; er kann die gleiche Form aufweisen wie der entsprechende Teil des aus Fig.1 bekannten Brennstoffeinspritzventils 1. Die aus Fig. 1 bis 3c bereits bekannten, identischen und gleichwirkenden Teile werden weiterhin mit gleichen Bezugsziffern bezeichnet.

Die Steuervorrichtung 100 weist einen Steuerkörper 101 auf, der mit einem leichten Presssitz oder einem engen Schiebesitz in die zentrale Bohrung 31 des Gehäuses 14 eingesetzt und über seinen oberen Flansch 102 vom Aussenteil 17 des Magnetventils 6 festgehalten wird. In der Führungsbohrung 31 ist ein mit der hier nicht dargestellten Düsennadel wirkverbundener Steuerkolben 110 eng gleitend axial verschiebbar angeordnet. Oben weist der Steuerkolben 110 einen im Durchmesser abgesetzten Kolbenteil 111 auf. Die entsprechende Absatzfläche ist mit 112 bezeichnet. Durch die Absatzfläche 112 sowie durch eine untere Sitzfläche 103 des Steuerkörpers 101 wird axial ein innerhalb der Führungsbohrung 31 gebildeter Steuerraum 114 begrenzt.

Ebenfalls axial verschiebbar ist in der Führungsbohrung 31 bzw. im Steuerraum 114 ein Zwischenteil 115 angeordnet, der in der dargestellten Stellung von einer vorgespannten, den Kolbenteil 111 umgebenden Feder 113 mit einer oberen Sitzfläche 116 an die untere Sitzfläche 103 des Steuerkörpers 101 angedrückt ist. Zwischen dem Zwischenteil 115 und der Führungsbohrung 31 ist ein Ringraum 117 vorhanden.

Der Steuerkörper 101 ist mit einer ringförmigen Umfangsnut 104 versehen, durch welche ein an die obere Hochdruckzufuhrleitung 42 angeschlossener Ringraum 105 gebildet ist. Eine Anzahl Bohrungen 106 verbindet den Ringraum 105 mit der Sitzfläche 103. Der Ringraum 105 bzw. die Umfangsnut 104 ist ferner über eine kleine Bohrung 107 mit einer zentralen, zur Längsachse des Brennstoffeinspritzventils 2 koaxialen Bohrung 108 verbunden, die sich oben in eine Steuerbohrung 109 verjüngt, die funktionell der zweiten Steuerbohrung 60 nach Fig.2 entspricht und ebenfalls in die obere Stirnfläche des Steuerkörpers 101 mündet. Diese obere Stirnfläche des Steuerkörpers 101 ist gleich ausgebildet wie diejenige des Drucksteuerelements 50 nach Fig.2 und daher ebenfalls mit 62 bezeichnet; eine genaue Ausgestalltung dieser Stirnfläche 62 wird weiter unten anhand der Fig.8 bis 10 näher beschrieben.

Der Zwischenteil 115 weist eine kleine, zentral angeordnete Steuerbohrung 118 auf, die den Steuerraum 114 mit der Bohrung 108 und somit auch über die kleine Bohrung 107 mit der Hochdruckzone verbindet.

Das Magnetventil 6 weist wiederum einen mit der Spule 74 versehenen Innenteil 73 auf. In der zentralen Bohrung 77 des Innenteils 73 ist ein Pilotventilschaft 125 mit seinem oberen Teil 126 axial verschiebbar angeordnet. Im unteren Bereich weist der Pilotventilschaft 125 die gleiche Form auf wie der aus Fig.2 bekannte Pilotventilschaft 70. Der den Anker 75 aufnehmende Teil sowie das Abschlussende sind daher in Fig.5 mit den gleichen Bezugszeichen 76,71 versehen. In der Bohrung 77 ist unten ein Anschlagelement 122 aus verschieissfestem Material eingesetzt; dieses Anschlagelement wird vorzugsweise auch bei der in Fig.2 dargestellten Ausführungsform des Magnetventils 5 verwendet, ist jedoch in Fig.2 nicht dargestellt.

In den oberen Teil 126 des Pilotventilschaftes 125 ist wiederum ein mit einer Schulter 129 versehener Zapfen 128 eingesetzt, dem in gleicher Weise wie in Fig.2 die über die Einstellschraube 95 vorgespannte Feder 97 zugeordnet ist.

Am Zapfen 128 ist eine Anschlagplatte 130 angeordnet, die von der Feder 90, deren Druckkraft durch die Verstellschraube 88 einstellbar ist, an eine zwischen der Anschlagplatte 130 und dem Absatz 81 angeordnete Distanzscheibe 132 angedrückt wird. In der in Fig.5 dargestellten Schliessstellung des Piloventilschaftes 125 ist zwischen einer oberen Stirnfläche 127 des Pilotventilschaftes 125 bzw. seines Teiles 126 und einer unteren Stirnfläche 131 der Anschlagplatte 130 eine dem ersten Hub H1 entsprechende Distanz vorhanden.

Aus dem beschriebenen Aufbau ergibt sich folgende Wirkungsweise des Brennstoffeinspritzventils 2:

Der Einspritzvorgang verläuft im wesentlichen gleich wie beim Brennstoffeinspritzventil 1 in zwei Stufen. In der ersten Phase findet die erste Strombeaufschlagung des Magnetventils 6 statt, die das Anheben des Pilotventilschaftes 125 um den ersten Hub H1 entgegen der Kraft der Feder 97 zur Folge hat, bis seine obere Stirnfläche 127 zur Anlage an der unteren Stirnfläche 131 der von der Feder 90 nach unten gedrückten Anschlagplatte 130 kommt. Mit der Dicke der Distanzscheibe 132 wird die Grösse des ersten Hubes H1 wahlweise festgelegt. Durch das Anheben des Pilotventilschaftes 125 wird die Steuerbohrung 109 geöffnet und der Druckabfall im Steuerraum 114 eingeleitet. Auch die Düsennadel wird angehoben, und es findet die erste Phase der Einspritzung statt. In der zweiten Phase wird durch Erhöhen der Stromstärke und der Anzugskraft auch die Kraft der Feder 90 überwunden, und der mit dem Anker 75 verbundene Pilotventilschaft 125 führt den zweiten Hub H2 durch, wodurch der Druckabfall im Steuerraum 114 und die daraus folgende Bewegung der Düsennadel nach oben beschleunigt werden. Es findet die zweite Phase der Einspritzung statt.

Um den Einspritzvorgang zu beenden, wird von der Steuerung die Stromzufuhr zum Magnetventil 6 unterbrochen, der Anker 75 mit dem Pilotventilschaft 125 von den Federn 90,97 nach unten bewegt und der Auslass der Steuerbohrung 109 durch das Abschlussende 71 geschlossen. Der Druck in der zentralen Bohrung 108 des Steuerkörpers 101 steigt an und vermag zusammen mit dem in den Bohrungen 106 vorhandenen Brennstoffdruck, den Zwischenteil 115 momentan entgegen der Kraft der Feder 113 weg von der unteren Sitzfläche 103 des Steuerkörpers 101 zu bewegen. Dadurch wird ein grösserer Durchflussquerschnitt des

Brennstoffes über die Bohrungen 106 und den Ringraum 117 als nur über die Steuerbohrung 118 zum Steuerraum 114 freigegeben, was über den Steuerkolben 110 ein abruptes Schliessen der Einspritzöffnungen bewirkt.

Die Steuervorrichtung 100 entspricht im wesentlichen der aus EP-PS 0 426 205 bekannten Steuervorrichtung, bei welcher in gleicher Weise ein rasches und sauberes Abschliessen des Einspritzvorganges realisiert wird.

Es wäre selbstverständlich möglich, zusammen mit der Steuervorrichtung 100 das in Fig.2 dargestellte Magnetventil 5 für das Brennstoffeinspritzventil 2 zu verwenden, oder umgekehrt die Steuervorrichtung 15 des in Fig.1 gezeigten Brennstoffeinspritzventils 1 mit dem Magnetventil 6 nach Fig.5 zu kombinieren.

In Fig.6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Magnetventils 7 dargestellt, das ebenfalls sowohl im Zusammenwirken mit der Steuervorrichtung 15 des Brennstoffeinspritzventils 1 nach Fig. 1 und 2 als auch im Zusammenwirken mit der Steuervorrichtung 100 des Brennstoffeinspritzventils 2 nach Fig.5 verwendet werden könnte.

Der Pilotventilschaft des Magnetventils 7 weist im wesentlichen die gleiche Form aufwie derjenige nach Fig.5 und ist daher auch mit 125 bezeichnet.

In einen oben erweiterten Teil 140 der im Innenteil 73 des Magnetventils 7 angefertigten Bohrung 77 ist ein Ventilkopf 141 eingeschraubt, der mit einer zentralen, mit dem Pilotventilschaft 125 koaxialen Bohrung 142 versehen ist. Die Bohrung 142 weist unten eine Erweiterung 143 auf, in welcher ein über einen Zapfen 146 im Pilotventilschaft 125 eingesetzter und mit diesem axial verschiebbarer Kolben 145 eng gleitend angeordnet ist. In einer Bohrung 147 des Kolbens 145 ist eine Feder 150 angeordnet und auf einem Absatz 148 abgestützt, die anderseits durch eine in den Ventilkopf 141 eingeschraubte, mit einem Führungszapfen 152 versehene Einstellschraube 151 vorgespannt ist. Der Einstellschraube 151 ist eine Distanzscheibe 153 zugeordnet.

Unterhalb des Kolbens 145 wird in dem erweiterten Bohrungsteil 140 des Magnetventil-Innenteiles 73 ein unterer Raum 157 gebildet, der über eine Verbindungsbohrung 156 mit dem zum Niederdruckteil des Brennstoffeinspritzventils gehörenden Abflussraum 65 verbunden ist.

Ein sich oberhalb des Kolbens 145 befindender, oberer Raum ist in Fig.6 mit 158 bezeichnet. Dieser obere Raum 158 ist über eine Drosselbohrung 159 mit dem unteren Raum 157 verbunden.

Zusammen mit der Beschreibung der in Fig.7a, 7b und 7c dargestellten Diagramme, die analog wie Fig.4a, 4b, 4c den zeitlichen Verlauf des Einspritzvorganges bezüglich der Stromgrösse, des Magnetventilhubes und des Steuerkolben- bzw. Düsennadelhubes zeigen, wird nun die Funktionswese des Magnetventils 7 nach Fig.6 erläutert.

In Fig.6 ist wiederum die Schliessstellung des Magnetventils 7 dargestellt, bei welcher auch die Einspritzöffnungen des Brennstoffeinspritzventils in bereits beschriebenen Weise geschlossen sind.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt wird von der Steuerung ein elektrischer Steuerimpuls dem Magnetventil 7 erteilt.

Erreicht der Strom gemäss Fig.7a eine bestimmte Stromgrösse I1, so beginnt der mit dem Anker 75 fest verbundene Pilotventilschaft 125 durch die Anzugskraft der Spule 74 sich nach oben zu bewegen (Zeitpunkt t1 in Fig.7a und 7b). Dabei muss zu Beginn dieser Bewegung nicht nur die Kraft der Feder 150 überwunden werden, sondern auch die im Raum 158 oberhalb des Kolbens 145 angesammelte Brennstoffflüssigkeit durch die Drosselbohrung 159 in den unteren Raum 157 verdrängt werden, was eine Verzögerung des vollen Anhebens des Abschlussendes 71 von der Stirnfläche 62 und somit auch eine Verzögerung des Druckabfalls im Steuerraum der hier nicht dargestellten hydraulischen Steuervorrichtung zur Folge hat. Dadurch fängt auch erst zu einem verzögerten Zeitpunkt t2 der Steuerkolben und somit auch die Düsennadel an, sich nach oben zu bewegen, und der Einspritzvorgang in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine wird eingeleitet. Die zunächst langsame Bewegung des Pilotventilschaftes 125 und der Düsennadel wird nach dem vollständigen verdrängen des Brennstoffes aus dem Raum 158 beschleunigt. Wird die Stromzufuhr zum Magnetventil 7 von der Steuerung unterbrochen, um den Einspritzvorgang zu beenden, so wird der Pilotventilschaft 125 mit dem Anker 75, auf den nun keine Anzugskraft mehr ausgeübt wird, zusammen mit dem Kolben 145 von der Feder 150 zurück in die Schliessstellung gedrückt. Dadurch wird das Volumen des oberen Raumes 158 auf die ursprüngliche Grösse gebracht, was zu einem momentanen Unterdruck im Raum 158 führt; durch die Druckdifferenz zwischen dem unteren Raum 157 und dem oberen Raum 158 bedingt, gelangt die Brennstoffflüssigkeit durch die Drosselbohrung 159 zurück in den oberen Raum 158. Dabei steht genug Zeit zum erneuten Füllen des Raumes 158 zur Verfügung, da die Zeit, in der das Ventil geschlossen bleibt, etwa zwanzigmal länger ist als die Dauer des Einspritzvorganges. Die erwähnte Druckdifferenz beträgt in der Regel 1 bar, da im Brennstoffrücklaufanschluss 11 normalerweise der Atmosphärendruck herrscht. Sollte diese Druckdifferenz für einen zuverlässigen Betrieb nicht hoch genug sein, so kann der Druck im Brennstoffrücklaufanschluss 11 auf 2 bis 3 bar erhöht werden.

In Fig.8,9 und 10 ist die Flachsitzgestaltung zwischen dem Magnetventil-Abschlussende 71 und der mit diesem zusammenwirkenden oberen Stirnfläche 62 eines der beschriebenen Steuerkörper näher dargestellt. Als Beispiel wird ein Teil des Steuerkörpers 101 nach Fig.5 gezeigt; die erfindungsgemässe Flachsitzgestaltung könnte jedoch bei allen bisher bekannten Brennstoffeinspritzventilen mit Vorteil angewendet werden.

Die Stirnfläche 62 ist mit einer ringförmigen Entlastungsvertiefung bzw. Stirnnut 163 versehen, durch

welche eine den Auslass der Steuerbohrung 109 umgebende, ringförmige Dichtfläche 162 kleineren Durchmessers begrenzt ist. Der Aussendurchmesser der Stirnnut 163 ist kleiner als der Durchmesser des Abschlussendes 71; dadurch steht für den Flachsitz zwischen dem Abschlussende 71 und der Stirnfläche 62 eine weitere, im wesentlichen ringförmige Sitzfläche 164 zur Verfügung (in der gleichen Ebene wie die Dichtfläche 162 liegend), die lediglich durch gegebenenfalls zwei in die ringförmige Stirnut 163 mündende, nutenförmige Entlastungsausgänge 165 unterbrochen ist. Die hier symetrisch angeordneten, als eine Nut hergestellte Entlastungsausgänge 165 erstrecken sich über den Durchmesser des Abschlussendes 71 hinaus. Sowohl die Stirnut 163 als auch die Entlastungsausgänge 165 können durch maschinelle spanabhebende Bearbeitung, durch Prägen, durch Elektroerosion oder durch chemische Materialabtragung angefertigt werden.

Ebene Dichtflächen sind nie ganz genau, um eine vollständige Dichtheit zu gewährleisten. Bei Unterwanderung der Dichtfläche mit Brennstoff unter hohem Druck entstehen aber erhebliche Kräfte, die bestrebt sind, das Abschlussende 71 von der Stirnfläche 62 unerwünschterweise abzuheben, was zu einer stark erhöhten Undichtheit führt. Dadurch, dass nun erfindungsgemäss die Dichtfläche 162, auf die der Brennstoffdruck durch Unterwanderung einwirkt, einen kleinen Durchmesser aufweist, und dadurch, dass der Brennstoff über die Entlastungsausgänge 165 unter Druckverlust entweichen kann, werden diese hydraulischen Kräfte möglichst klein gehalten, so dass das Magnetventil, das diese Kräfte steuert, möglichst klein gestaltet werden kann. Genügt ein Kleinerer Magnet zu dieser Steuerung, so wird weniger Platz beansprucht, raschere Funktionsweise erreicht und das Magnetventil ist billiger.

Eine kleine Dichtfläche ist aber besonders beim abrupten Schliessen des Auslasses einer grossen mechanischen Beanspruchung ausgestzt. Diese Beanspruchung wird durch die erfindungsgemässe Anordnung einer zusätzlichen Sitzfläche 164, die neben der Dichtfläche 162 die mechanischen Kräfte aufnimmt, erheblich reduziert.

Grundsätzlich wäre es auch möglich, die Dichtfläche, die ringförmige Stirnnut, die Sitzfläche sowie die Entlastungsausgänge im Abschlussende 71 anstatt im Steuerkörper anzufertigen.

Anstelle des beschriebenen Magnetventiles 5,6,7, bei dem die Bewegung des Pilotventilschaftes 70,125 durch elektromagnetische Kräfte erfolgt, können auch andere Arten von Betätigungselementen, insbesondere piezoelektrische Betätigungselemente, verwendet werden, mit denen der zeitliche Verlauf des Einspritzvorganges auf die beschriebene Weise gesteuert werden kann.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil zur intermittierenden Brennstoffeinspritzung in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem Gehäuse (14), mit einem mit Einspritzöffnungen (21) versehenen Ventilsitzelement (19), mit einem in das Gehäuse (14) längsverstellbar eingebauten Einspritzventilglied zum Verschliessen oder Öffnen der Einspritzöffnungen (21), mit einer Steuervorrichtung (15;100) zur Steuerung der Verstellbewegung des Einspritzventilgliedes, wobei die Steuervorrichtung (15;100)) einen längsverschiebbar angeordneten, mit dem Einspritzventilglied wirkverbundenen Steuerkolben (30;110) aufweist, der durch den Brennstoffsystemdruck aus einer Hochdruckzufuhrleitung (40;41) einerseits und durch den Brennstoff-Steuerdruck in einem Steuerraum (60;114) anderseits beaufschlagt wird, wobei der Steuerraum (60;114) über eine erste Steueröffnung (58;107,118) mit der Hochdruckzufuhrleitung (40) in Verbindung steht, und der Steuerdruck im Steuerraum (60;114) durch Öffnen oder Schliessen von mindestens einer zweiten Steueröffnung (61;109) steuerbar ist, wozu der Steuervorrichtung (15;100) ein elektrisch steuerbares Betätigungselement (5;6;7;) zugeordnet ist, das einen in seiner Schliessstellung die zweite Steueröffnung (61;109) abschliessenden, axial verstellbaren Pilotventilschaft (70;125) aufweist, dessen Öffnungsbewegung bei Aktivierung des Betätigungselementes (5;6;7) entgegen der Kraft einer Feder (97;150) und dessen Schliessbewegung bei Desaktivierung des Betätigungselementes (5;6;7) durch die Kraft dieser Feder (97;150) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, mittels derer nach Aktivierung des Betätigungselementes (5;6;7) der Verlauf der Öffnungsbewegung des Pilotventilschaftes (70;125) beeinflussbar ist.

2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Betätigungselement ein Magnetventil (5;6;7) ist, das einen mit dem Pilotventilschaft (70;125) verbundenen Anker (75) und eine Spule (74) aufweist, die zur Aktivierung des Magnetventils (5;6;7) mit Strom beaufschlagt wird.

3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel ein mit einer zweiten Feder (90) wirkverbundenes, entgegen der Kraft dieser Feder (90) verstellbares Anschlagelement (78;130) umfassen, bis zu welchem durch einen ersten Stromimpuls der Pilotventilschaft (70;125) in der ersten Phase der Öffnungsbewegung entgegen der Kraft der Feder (97) anhebbar ist, wobei zur Überwindung der Kraft der mit dem Anschlagelement (78;130) wirkverbundenen zweiten Feder (90) die Betätigungskraft in

einer zweiten Stufe durch Erteilen eines zweiten Stromimpulses erhöht wird.

4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel einen mit dem Pilotventilschaft (125) wirkverbundenen Kolben (145) umfassen, welcher in einen bis auf eine Drosselöffnung (159) geschlossenen Raum (158) eng gleitend axialverschiebbar hineinragt, wobei der Raum (158) über die Drosselöffnung (159) mit einer Brennstoff-Niederdruckzone verbunden ist, wobei nach Aktivierung des Betätigungselementes (5;6;7) der Brennstoffdruck im Raum (158) der Öffnungsbewegung des Pilotventilschaftes (125) und des Kolbens (145) wegen Verdrängung des Brennstoffes über die Drosselbohrung (159) entgegenwirkt.

5. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (145) zusammen mit dem Pilotventilschaft (125) nach einer Desaktivierung des Betätigungselementes (5;6;7) zwecks Schliessung der zweiten Steueröffnung (61,109) durch die Feder (150) bewegbar ist, wobei der sich damit vergrössende Raum (158) durch die dabei entstehende Druckdifferenz bedingt über die Drosselöffnung (159) mit Brennstoff nachfüllbar ist.

6. Brennstoffeinspritzventil nach den Ansprüchen 2 und 3, mit einem mit der Spule (74) versehenen, ortsfesten Magnetventil-Innenteil (73), der eine Führungsbohrung (77) für den axialbeweglichen Pilotventilschaft (70;125) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Anschlagelement als ein hülsenförmiger Hubanschlag (78) ausgebildet ist, der axial verschiebbar in der Führungsbohrung (77) angeordnet ist und im oberen Bereich einen Flansch (80) aufweist, mit welchem er von der Feder (90) an einen Absatz (81) der Führungsbohrung (77) andrückbar ist, in welcher Stellung er im unteren Bereich mit seiner unteren Stirnfläche (82) aus dem Innenteil (73) hinausragt, wobei der Pilotventilschaft (70) im Hubanschlag (78) axial verstellbar ist, und wobei die Verstellung des Pilotventilschaftes (70) im Hubanschlag (78) nach oben durch eine an die Stirnfläche (82) anschlagende Absatzfläche (84) begrenzt ist.

7. Brennstoffeinspritzventil nach den Ansprüchen 2 und 3, mit einem mit der Spule (74) versehenen, ortsfesten Magnetventil-Innenteil (73), der eine Führungsbohrung (77) für den axialbeweglichen Pilotventilschaft (70;125) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Anschlagelement als eine in einem erweiterten Teil der Führungsbohrung (77) angeordnete Anschlagplatte (130) ausgebildet ist, die über eine Distanzscheibe (132) an einen Absatz (81) der Führungsbohrung (77) von der Feder (90) andrückbar ist, wobei bei desaktiviertem Magnetventil (6) zwischen einer oberen Stirnfläche (127) des Pilotventilschaftes (125) und einer unteren Stirnfläche (131) der Anschlagplatte (130) ein durch die Dicke der Distanzscheibe (132) definierter Abstand vorhanden ist.

8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt für die Erteilung des zweiten Stromimpulses (I) zum Einleiten der zweiten Phase der Pilotventilschaft-Öffnungsbewegung wählbar ist.

9. Brennstofteinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein den Anker (75) aufnehmender Teil (76) des Pilotventilschaftes (70;125) in der obersten Stellung mit einer Absatzfläche (84) an einem Anschlagelement (122) aus verschleissfesten Material anliegt, das in den mit der Spule (74) versehenen Magnetventil-Innenteil (73) ortsfest eingesetzt ist, wobei zwischen der oberen Stirnfläche (85) des Ankers (75) und der unteren Polfläche (83) des Magnet-Innenteils(73) ein Abstand (L) vorhanden ist.

10. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem mit der zweiten Steueröffnung (61;109) versehenen Steuerkörper (50;101), der eine einem Abschlussende (71) des Pilotventilschaftes (70;125) zugewandte Stirnfläche (62) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnfläche (62) mit einer zu der zweiten Steueröffnung (61;109) koaxialen Entlastungsvertiefung (163) versehen ist, durch welche eine den Auslass der Steueröffnung (61;109) umgebende Dichtfläche (162) kleiner Fläche begrenzt ist, wobei der Aussenrand der Entlastungsvertiefung (163) kleiner ist, als der Durchmesser des Abschlussendes (71), wobei die Stirnfläche (62) mit mindestens einem Entlastungs-ausgang (165) versehen ist, der in die Entlastungsvertiefung (163) mündet und sich über den Durchmesser des Abschlussendes (71) erstreckt.

11. Flachsitz zwischen einem Abschlussende eines elektrisch betätigbaren Pilotventilschaftes und einem mit einer durch den Pilotventilschaft abschliessbaren Steuerbohrung versehenen Steuerkörper einer hydraulischen Steuervorrichtung für das Einspritzventilglied eines Brennstoffeinspritzventils, insbesondere des Brennstoffeinspritzventils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine zur Steuerbohrung koaxiale, diese umgebende, ringförmige Dichtfläche (162) durch eine Ringnut (163) von einer in gleicher Ebene liegenden, ringförmigen, koaxialen Sitzfläche (164) getrennt ist, wobei die Sitzfläche (164) durch mindestens einen in die Ringnut (163) mündenden Entlastungsausgang (165) unterbrochen ist zum Wegleiten des durch Undichtheiten der Dichtfläche

(162) aus der Steuerbohrung austretenden Brennstoffes aus dem Flachsitzbereich.

Fig. 1

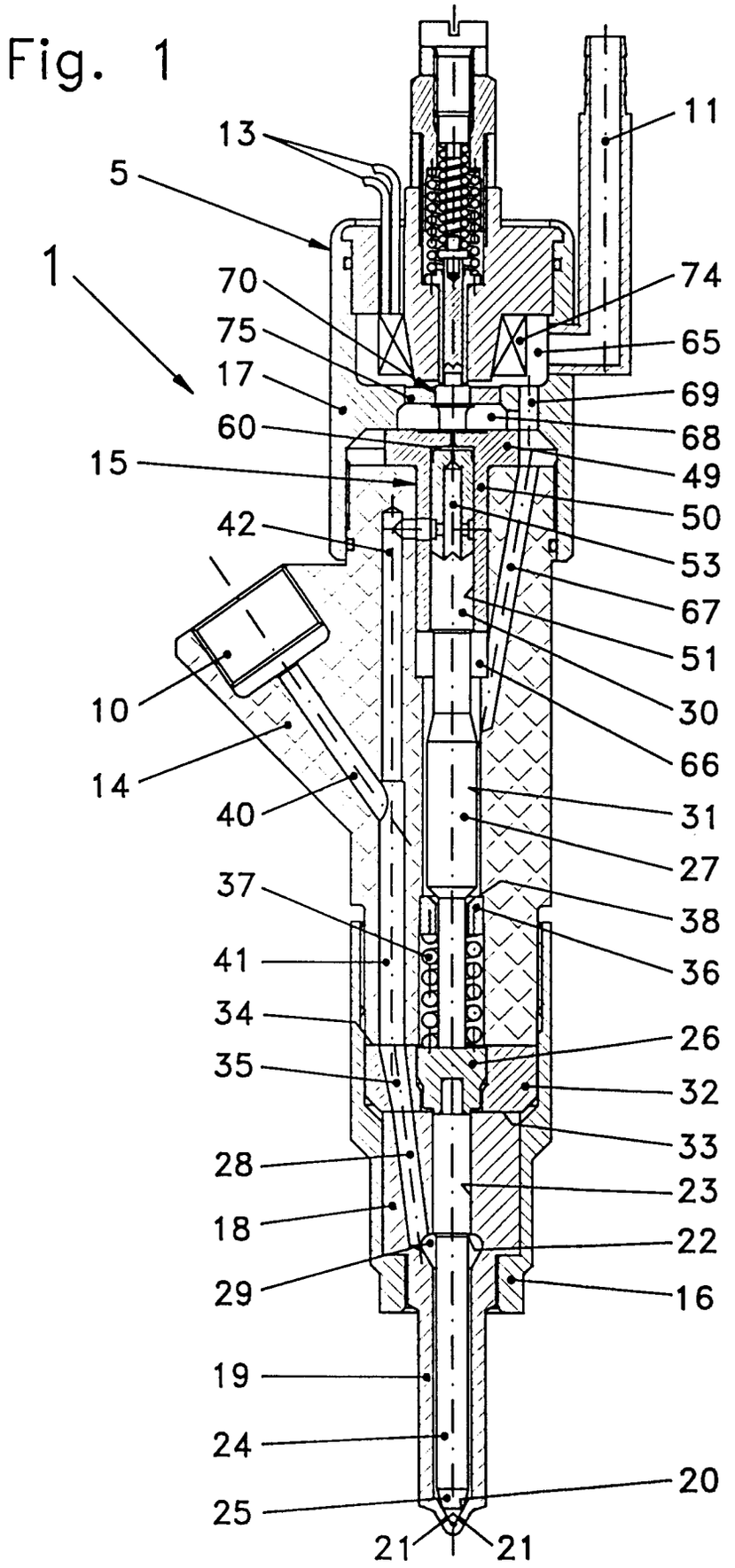

13
5
1
70
75
17
60
15
42
10
14
40
37
41
34
35
28
18
29
19
24
25
21
21
11
74
65
69
68
49
50
53
67
51
30
66
31
27
38
36
26
32
33
23
22
16
20

Fig. 2

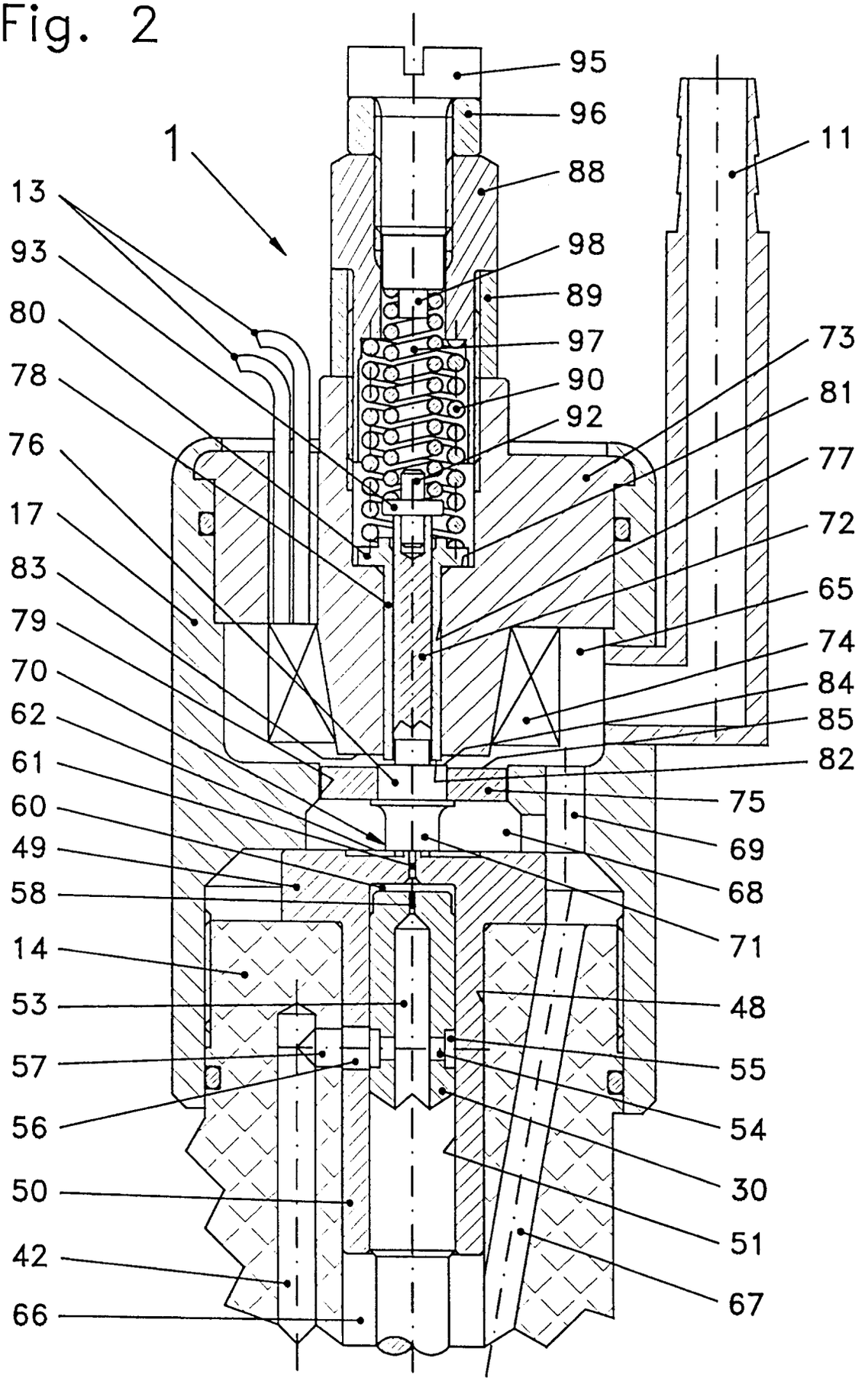

1
95
96
11
88
13
98
93
89
80
97
73
78
90
81
92
76
77
17
72
83
65
79
74
70
84
62
85
61
82
60
75
49
69
58
68
71
14
53
48
57
55
56
54
30
50
51
42
67
66

Fig. 3a

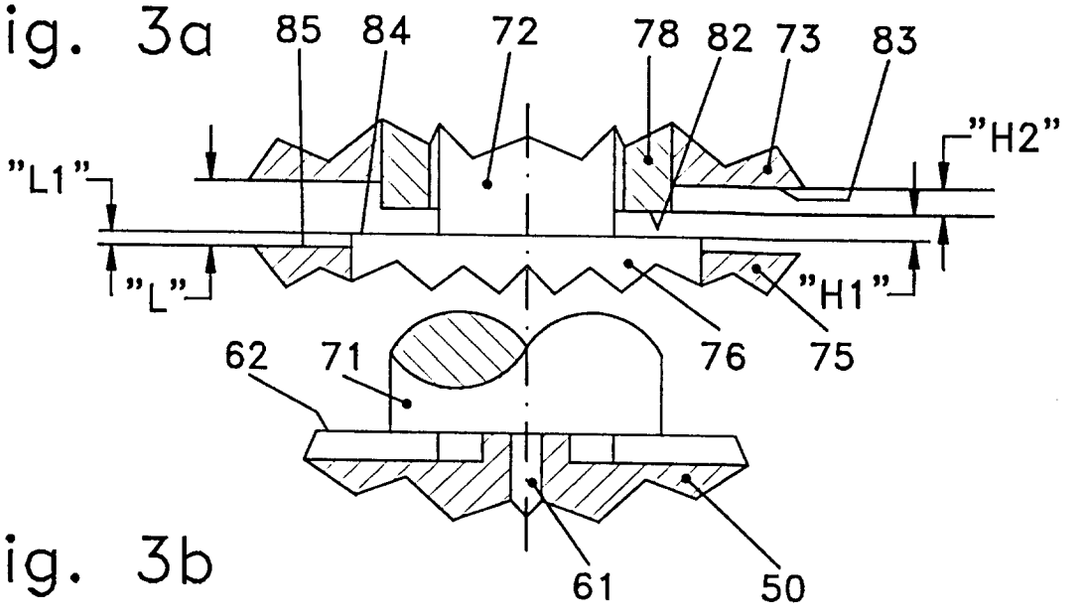


Fig. 3b

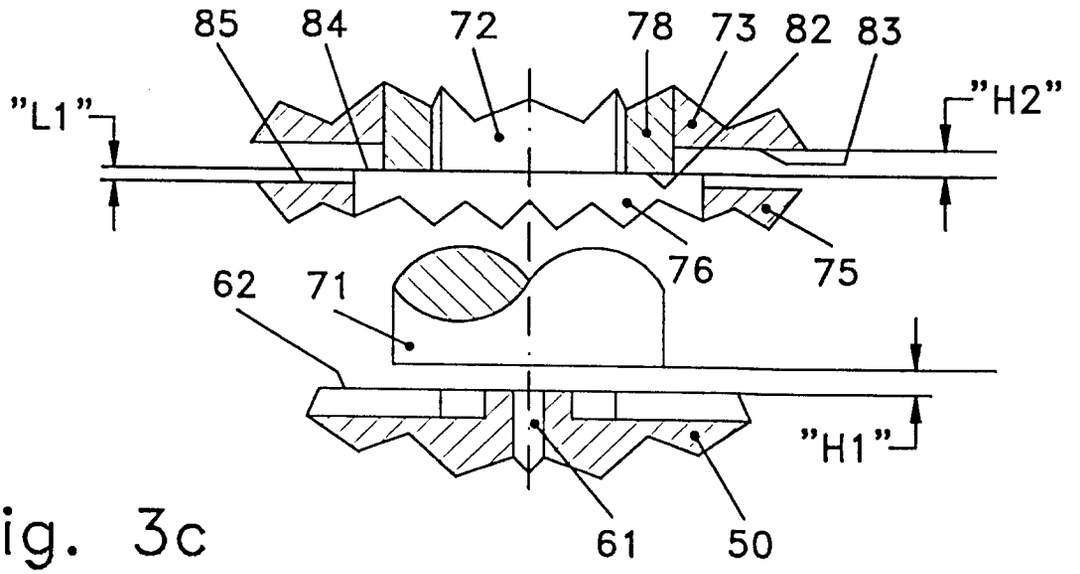
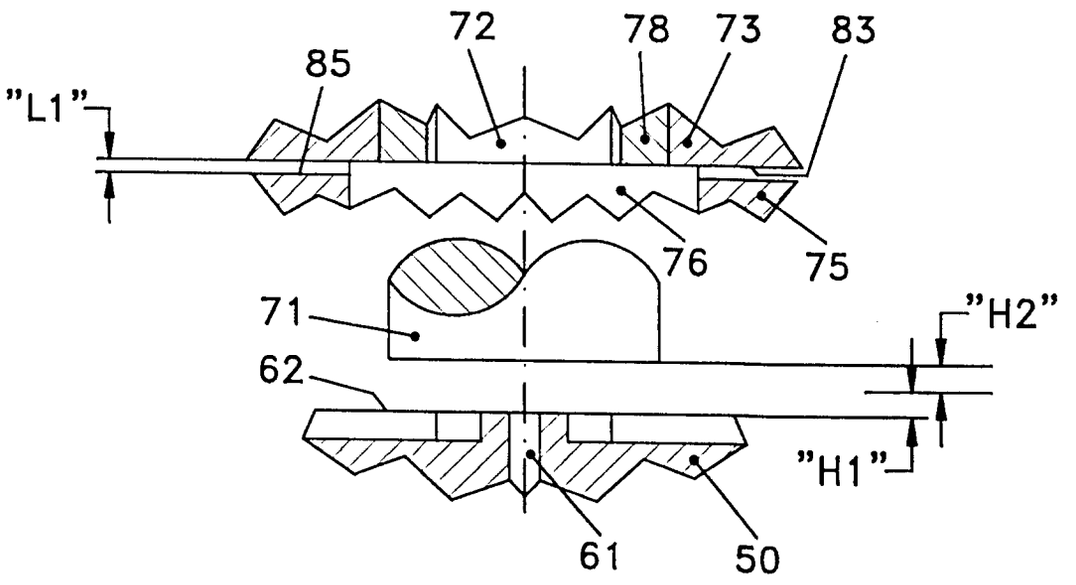


Fig. 3c



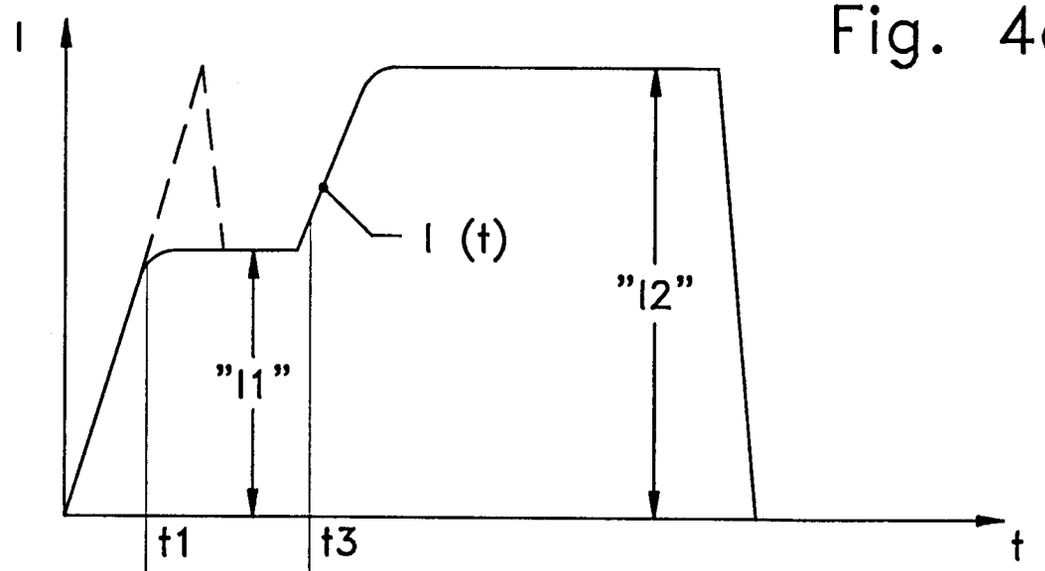


Fig. 4a

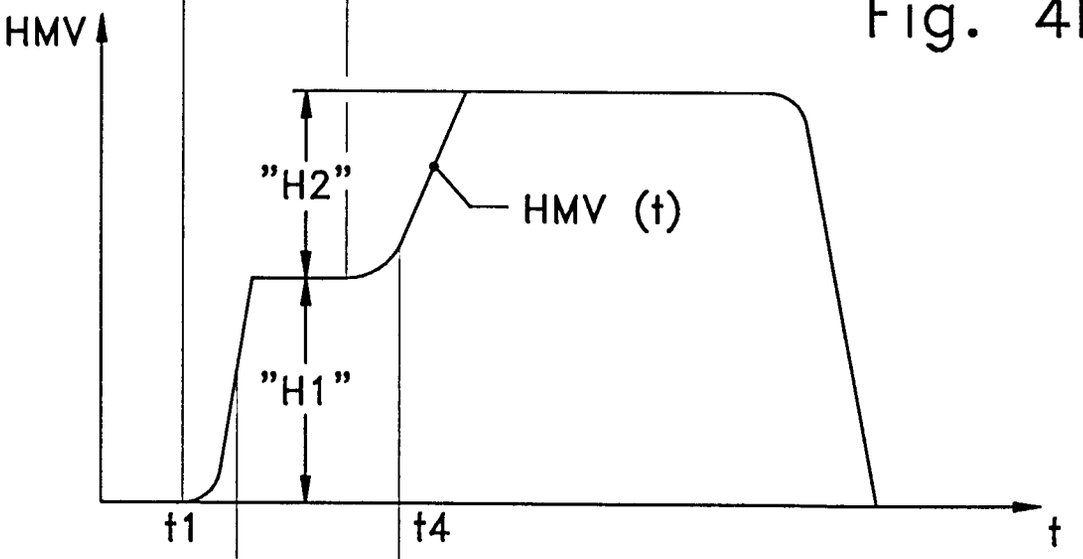


Fig. 4b

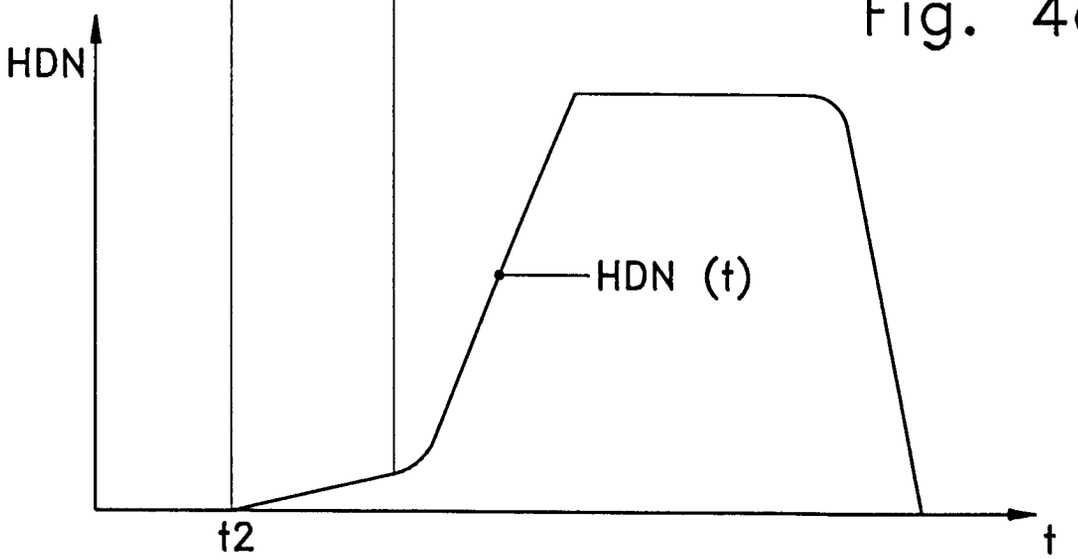


Fig. 4c

Fig. 5

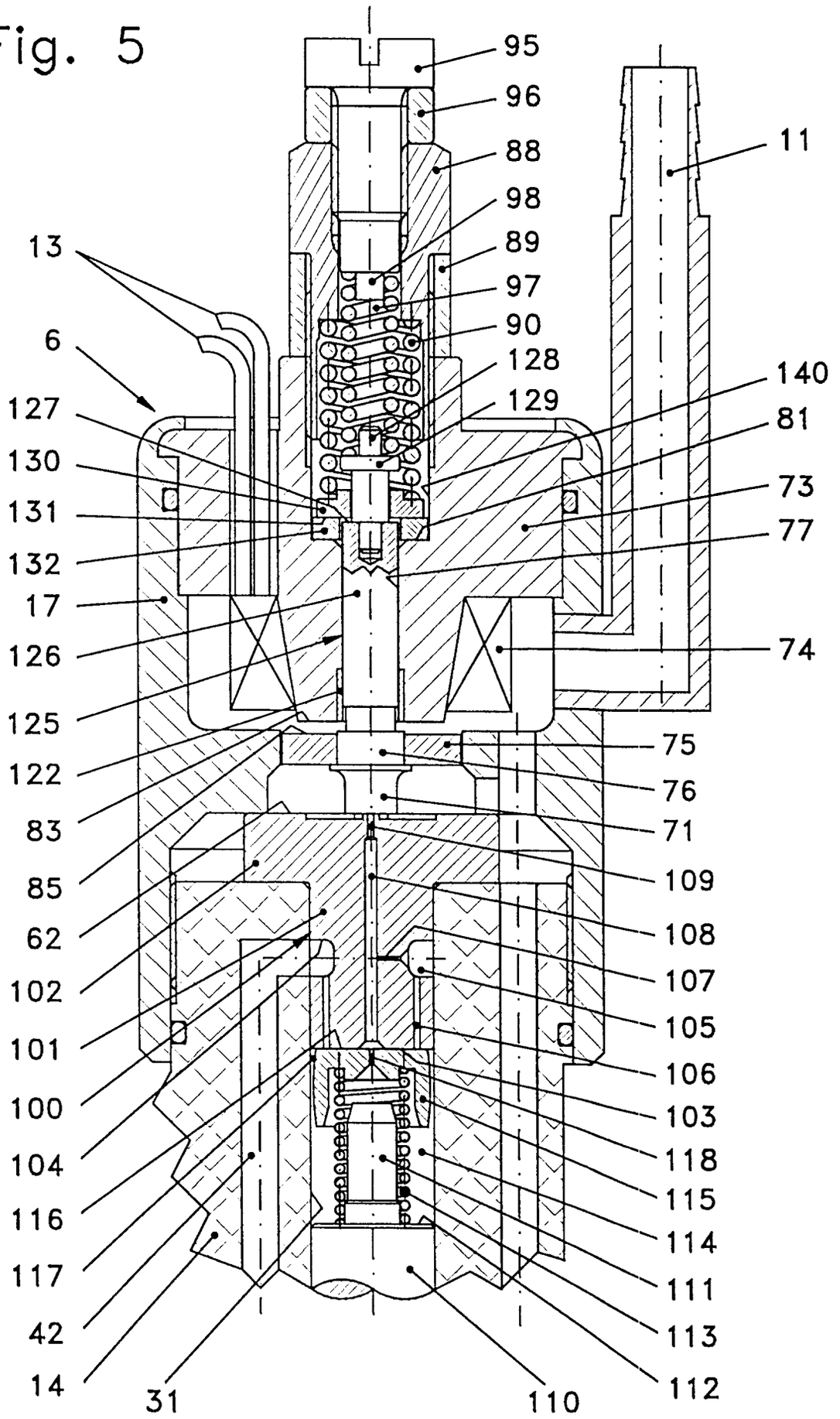
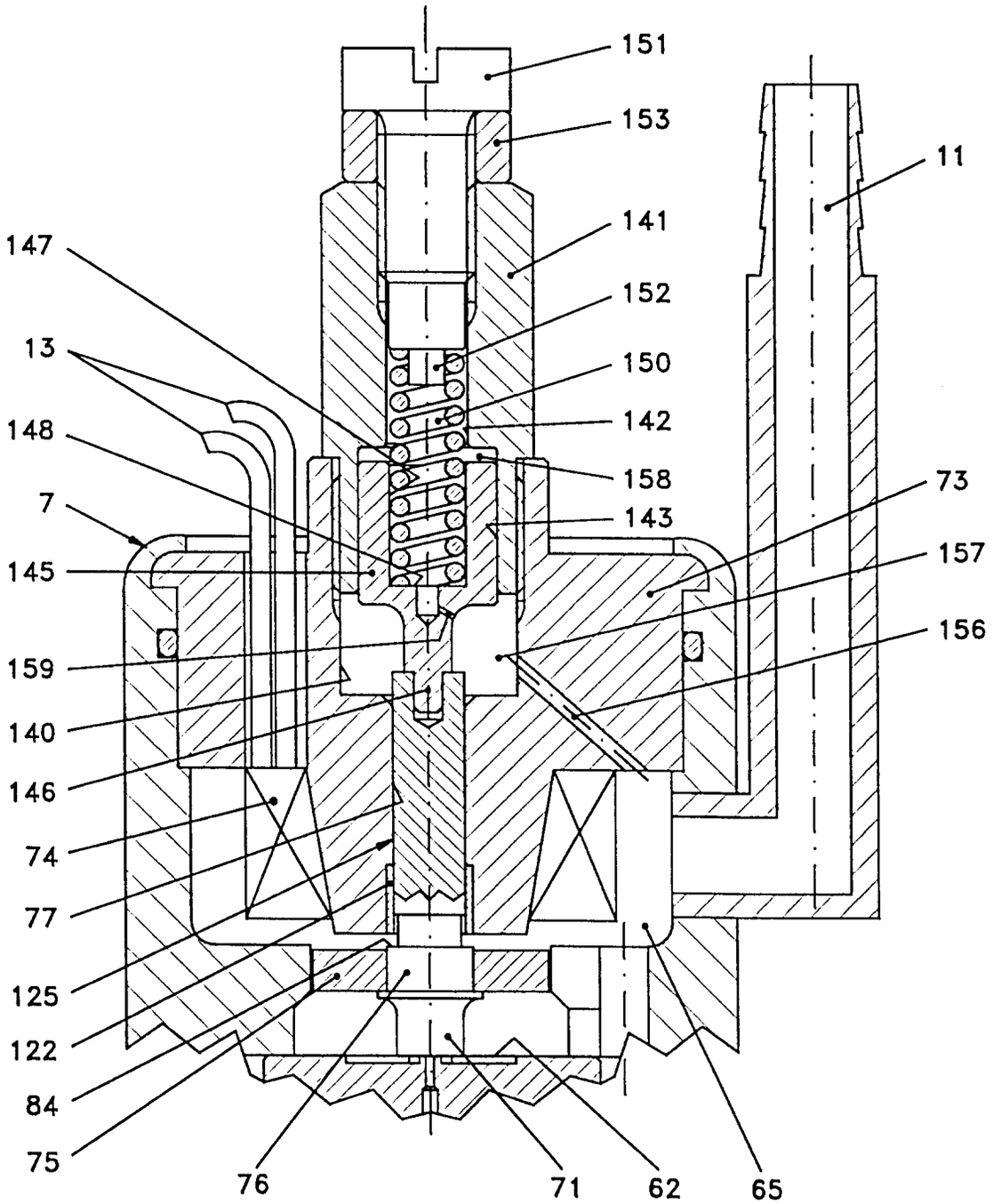

95
96
88
98
89
97
90
128
129
13
6
127
130
131
132
17
126
125
122
83
85
62
102
101
100
104
116
117
42
14
31
110
112
113
111
114
115
118
103
106
105
107
108
109
71
76
75
74
77
73
81
140
11

Fig. 6


151
153
11
141
147
152
13
150
142
148
158
73
7
143
157
145
156
159
140
146
74
77
125
122
84
75
76
71
62
65

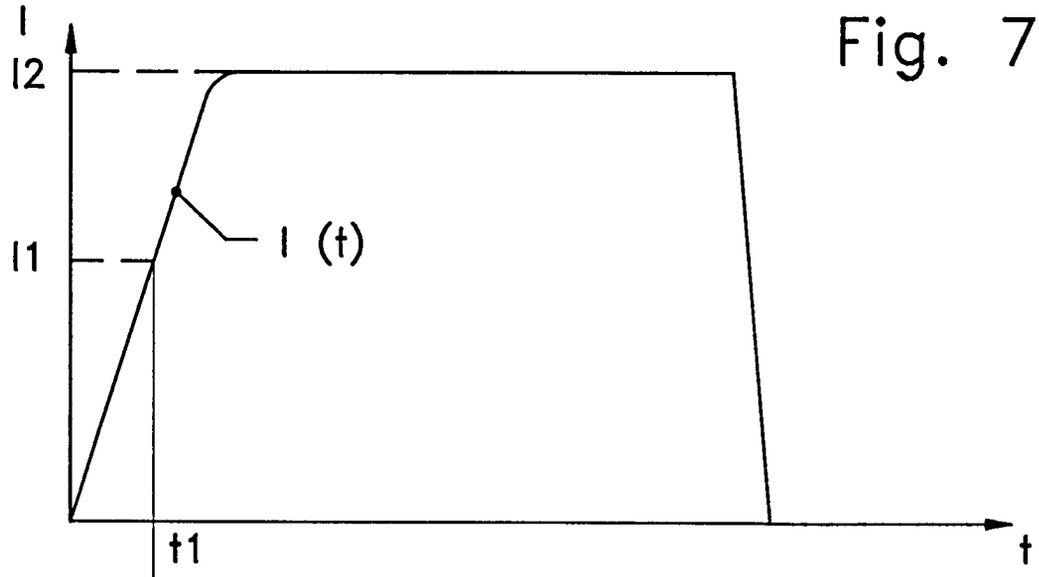


Fig. 7a

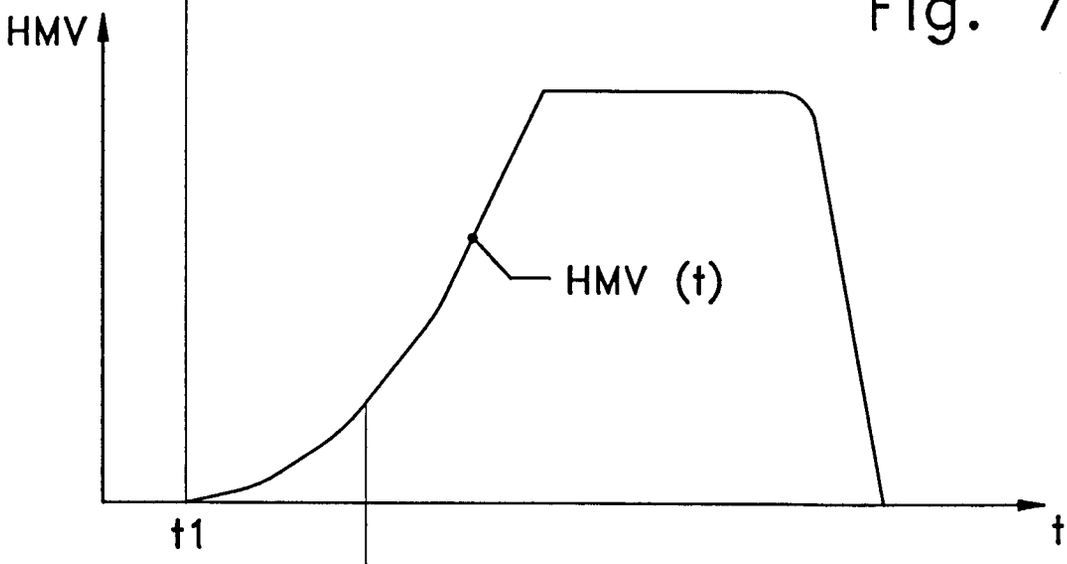


Fig. 7b

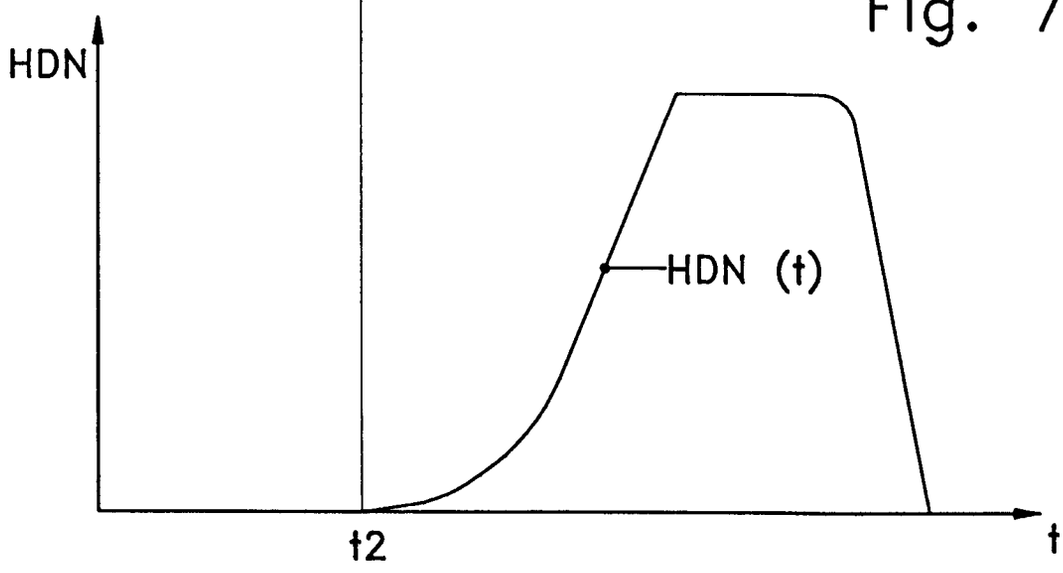


Fig. 7c

Fig. 9

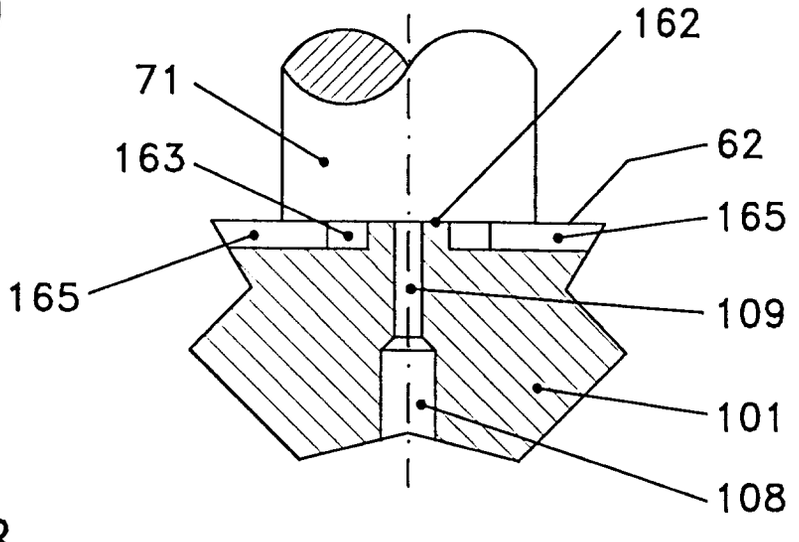


Fig. 8

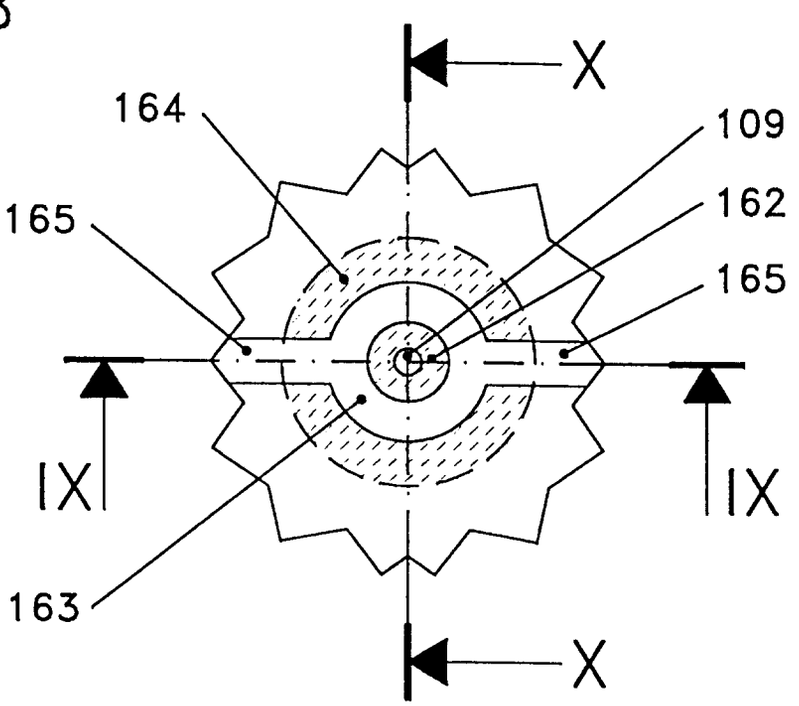
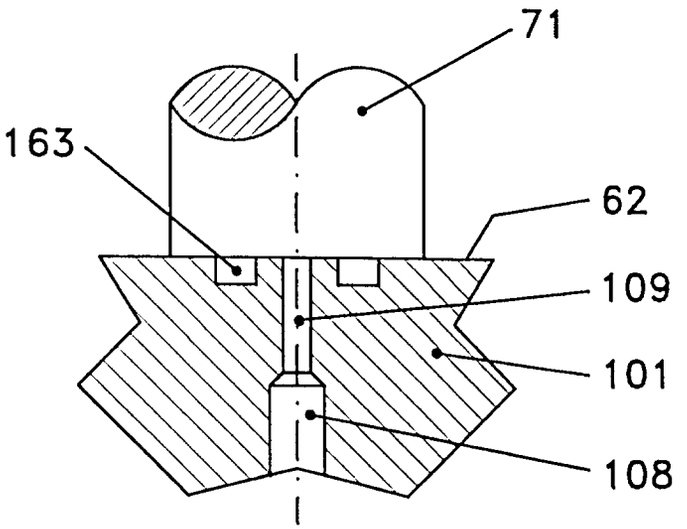



Fig. 10