

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/016938 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02M 59/08**,
61/10, 57/02, 61/20

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/000586

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Februar 2003 (25.02.2003)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BOEHLAND, Peter**
[DE/DE]; Erfurter Weg 11/1, 71672 Marbach (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

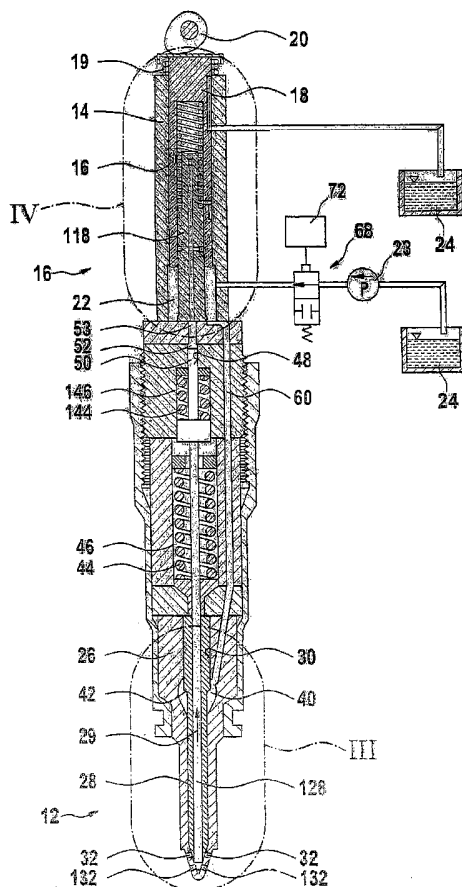
(30) Angaben zur Priorität:
102 33 099.9 20. Juli 2002 (20.07.2002) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL INJECTION DEVICE FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFFEINSPRITZEINRICHTUNG FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE



einen Förderhub ausführt.

(57) Abstract: Disclosed is a fuel injection device comprising a high-pressure fuel pump (10) and a fuel injection valve (12) that is connected thereto and is provided for each cylinder of the internal combustion engine. Said high-pressure fuel pump (10) comprises two pump pistons (18, 118) that are driven by the internal combustion engine in a lifting movement and define a pump working chamber (22) to which fuel is fed from a fuel reservoir (24). A second pump piston is guided in an at least approximately coaxially displaceable manner within a first pump piston (18). Both pump pistons (18, 118) can optionally be coupled to each other such that said pistons (18, 118) move as a unit during a delivery stroke, or the second pump piston (118) can be fixed in a passive position such that only the first pump piston (18) performs a delivery stroke. The fuel injection valve (12) is provided with two injection valve members (28, 128), a second injection valve member (128) which is at least indirectly impinged upon by the pressure prevailing in a control pressure chamber (52) being guided in a displaceable manner within the first injection valve member (28). The control pressure chamber (52) is provided with a connection (53) to the pump working chamber (22), which is controlled by the second pump piston (118), the control pressure chamber (52) being separated from the pump working chamber (22) if the second pump piston (118) is placed in the passive position.

(57) Zusammenfassung: Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine Kraftstoffhochdruckpumpe (10) und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil (12) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine auf. Die Kraftstoffhochdruckpumpe (10) weist zwei durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebene Pumpenkolben (18, 118) auf, die einen Pumpenarbeitsraum (22) begrenzen, dem Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter (24) zugeführt wird. In einem ersten Pumpenkolben (18) ist ein zweiter Pumpenkolben (118) zumindest annähernd coaxial verschiebbar geführt. Es sind wahlweise beide Pumpenkolben (18, 118) miteinander koppelbar, so dass diese sich beim Förderhub als Einheit bewegen oder der zweite Pumpenkolben (118) ist in einer Passivstellung fixierbar, so dass nur der erste Pumpenkolben (18)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/016938 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Das Kraftstoffeinspritzventil (12) weist zwei Einspritzventilglieder (28, 128) auf, wobei innerhalb eines ersten Einspritzventilglieds (28) ein zweites Einspritzventilglied (128) verschiebbar geführt ist, das zumindest mittelbar von dem in einem Steuerdruckraum (52) herrschenden Druck beaufschlagt ist, der eine durch den zweiten Pumpenkolben (118) gesteuerte Verbindung (53) mit dem Pumpenarbeitsraum (22) aufweist, wobei der Steuerdruckraum (52) bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben (118) vom Pumpenarbeitsraum (22) getrennt ist.

5

10 Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine

Stand der Technik

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

Eine solche Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist durch die
EP 0 987 431 A2 bekannt. Diese
20 Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist eine
Kraftstoffhochdruckpumpe und ein mit dieser verbundenes
Kraftstoffeinspritzventil für jeden Zylinder der
Brennkraftmaschine auf. Die Kraftstoffhochdruckpumpe weist
einen durch die Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung
25 angetriebenen Pumpenkolben auf, der einen Pumpenarbeitsraum
begrenzt. Das Kraftstoffeinspritzventil weist einen mit dem
Pumpenarbeitsraum verbundenen Druckraum und ein
Einspritzventilglied auf, durch das wenigstens eine
Einspritzöffnung gesteuert wird und das durch den im
30 Druckraum herrschenden Druck gegen eine Schließkraft in
Öffnungsrichtung zur Freigabe der wenigstens einen
Einspritzöffnung bewegbar ist. Es ist ein Steuerventil
vorgesehen, durch das eine Verbindung des Pumpenarbeitsraums
mit einem Entlastungsraum und einer Druckquelle gesteuert
35 wird. Bei geöffnetem Steuerventil wird der Pumpenarbeitsraum
beim Saughub des Pumpenkolbens mit Kraftstoff von der
Druckquelle befüllt. Es wird angestrebt, daß durch die
Hochdruckpumpe bereits bei geringer Drehzahl der

Brennkraftmaschine ein hoher Druck erzeugt wird, damit eine hohe Leistung und ein hohes Drehmoment der Brennkraftmaschine erreicht wird. Der durch die Hochdruckpumpe erzeugte Druck steigt jedoch mit der Drehzahl der Brennkraftmaschine an, wobei der maximal erzeugte Druck begrenzt werden muß, um eine ausreichende Haltbarkeit der Hochdruckpumpe sicherzustellen. Bei einem vorgegebenen Antrieb der Hochdruckpumpe und einem vorgegebenen Durchmesser des Pumpenkolbens muß hier somit ein Kompromiß in der Auslegung gefunden werden, um einerseits einen ausreichend hohen Druck bei niedriger Drehzahl zu erreichen und andererseits den aus Haltbarkeitsgründen vorgegebenen maximalen Druck nicht zu überschreiten. Der Einspritzquerschnitt, der durch das Einspritzventilglied des Kraftstoffeinspritzventils gesteuert wird, ist immer gleich groß. Dies ermöglicht nicht unter allen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine eine optimale Kraftstoffeinspritzung.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß der durch die Hochdruckpumpe erzeugte Druck begrenzt werden kann, indem der zweite Pumpenkolben in seine Passivstellung gebracht wird und nur noch der erste Pumpenkolben Kraftstoff fördert. Es kann dabei vorgesehen sein, daß bei niedriger Drehzahl der Brennkraftmaschine beide Pumpenkolben miteinander gekoppelt sind und einen Förderhub ausführen, während bei hoher Drehzahl der zweite Pumpenkolben in seiner Passivstellung angeordnet wird und nur noch der erste Pumpenkolben einen Förderhub ausführt, so daß der erzeugte Druck verringert wird. Der erste Pumpenkolben kann dabei im Durchmesser so groß ausgeführt werden, daß bereits bei niedriger Drehzahl ein hoher Druck erzeugt wird. Außerdem bietet die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzeinrichtung den Vorteil, daß durch das zweite Einspritzventilglied mit

der wenigstens einen zweiten Einspritzöffnung zusätzlicher Einspritzquerschnitt freigegeben oder verschlossen werden kann, so daß der Einspritzquerschnitt an die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine optimal angepasst werden kann. Die Steuerung des Einspritzquerschnitts erfolgt dabei in einfacher Weise durch den zweiten Pumpenkolben, so daß hierzu kein weiterer Aufwand erforderlich ist.

In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzeinrichtung angegeben. Die Ausbildung gemäß Anspruch 2 ermöglicht eine Erhöhung des Öffnungsdrucks des zweiten Einspritzventilglieds bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben. Die Ausbildung gemäß Anspruch 3 ermöglicht eine Reduzierung des Öffnungsdrucks des zweiten Einspritzventilglieds bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben. Die Ausbildung gemäß Anspruch 4 ermöglicht eine vorteilhafte Anordnung des zweiten Pumpenkolbens in seiner Passivstellung. Die Ausbildung gemäß Anspruch 5 ermöglicht eine einfache Fertigung des ersten Pumpenkolbens. Die Ausbildung gemäß Anspruch 8 ermöglicht einen Druckausgleich zwischen dem Pumpenarbeitsraum und dem Raum im ersten Pumpenkolben im Falle einer Undichtigkeit. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 9 ist sichergestellt, daß bei miteinander gekoppelten Pumpenkolben durch die Durchgangsbohrung im zweiten Pumpenkolben kein Kraftstoff aus dem Pumpenarbeitsraum abfließen kann. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 10 wird eine Anlage des zweiten Pumpenkolbens an der Begrenzung des Pumpenarbeitsraums im Bereich des inneren Totpunkts der Pumpenkolben sichergestellt. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 12 ist sichergestellt, daß bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben beim Förderhub des ersten Pumpenkolbens durch die Durchgangsbohrung im zweiten Pumpenkolben kein Kraftstoff aus dem Pumpenarbeitsraum

abfließen kann. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 13 ist ein Druckausgleich zwischen der Durchgangsbohrung im zweiten Pumpenkolben und dem Pumpenarbeitsraum im Bereich des inneren Totpunkts der Pumpenkolben erreicht. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 14 ist eine sichere Anlage des zweiten Pumpenkolbens an der Begrenzung erreicht. Durch die Ausbildung gemäß Anspruch 15 ist auf einfache Weise eine Anordnung des zweiten Pumpenkolbens in seiner Passivstellung erreicht.

Zeichnung

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine in schematischer Darstellung in einem Längsschnitt gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, Figur 2 die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ausschnittsweise gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, Figur 3 einen in Figur 1 mit III bezeichneten Ausschnitt in vergrößerter Darstellung, Figur 4 einen in Figur 1 mit IV bezeichneten Ausschnitt der Kraftstoffeinspritzeinrichtung in vergrößerter Darstellung mit zwei Pumpenkolben in einem gekoppelten Zustand in einem äußeren Totpunkt, Figur 5 den Ausschnitt IV mit den Pumpenkolben in einem inneren Totpunkt, Figur 6 den Ausschnitt IV mit einem in einer Passivstellung angeordneten Pumpenkolben und einem in einem äußeren Totpunkt angeordneten Pumpenkolben, Figur 7 den Ausschnitt IV mit den Pumpenkolben in entkoppeltem Zustand in einem inneren Totpunkt und Figur 8 einen Verlauf des Druckes an Einspritzöffnungen eines Kraftstoffeinspritzventils der Kraftstoffeinspritzeinrichtung über der Zeit.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In den Figuren 1 bis 7 ist eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise eine selbstzündende Brennkraftmaschine. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist vorzugsweise als sogenannte Pumpe-Düse-Einheit ausgebildet und weist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine jeweils eine Kraftstoffhochdruckpumpe 10 und ein mit dieser verbundenes Kraftstoffeinspritzventil 12 auf, die eine gemeinsame Baueinheit bilden. Alternativ kann die Kraftstoffeinspritzeinrichtung auch als sogenanntes Pumpe-Leitung-Düse-System ausgebildet sein, bei dem die Kraftstoffhochdruckpumpe und das Kraftstoffeinspritzventil jedes Zylinders getrennt voneinander angeordnet und über eine Leitung miteinander verbunden sind. Die Kraftstoffhochdruckpumpe 10 weist einen Pumpenkörper 14 mit einer Zylinderbohrung 16 auf, in der zwei Pumpenkolben 18, 118 angeordnet sind, wobei ein erster Pumpenkolben 18 mit großem Durchmesser in der Zylinderbohrung 16 dicht geführt ist und zumindest mittelbar durch einen Nocken 20 einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine entgegen der Kraft einer Rückstellfeder 19 in einer Hubbewegung angetrieben wird. Ein zweiter Pumpenkolben 118 ist innerhalb des ersten Pumpenkolbens 18 zumindest annähernd coaxial zu diesem angeordnet. Die Pumpenkolben 18, 118 werden nachfolgend noch näher erläutert. Die beiden Pumpenkolben 18, 118 begrenzen in der Zylinderbohrung 16 mit ihren Stirnseiten einen Pumpenarbeitsraum 22, in dem beim Förderhub der Pumpenkolben 18, 118 Kraftstoff unter Hochdruck verdichtet wird. Dem Pumpenarbeitsraum 22 wird Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 24 des Kraftfahrzeugs mittels einer Druckquelle, die vorzugsweise eine Förderpumpe 23 ist, zugeführt.

Das Kraftstoffeinspritzventil 12 weist einen mit dem Pumpenkörper 14 verbundenen Ventilkörper 26 auf, der

mehrteilig ausgebildet sein kann, und in dem ein erstes Einspritzventilglied 28 in einer Bohrung 30 längsverschiebbar geführt ist. Der Ventilkörper 26 weist an seinem dem Brennraum des Zylinders der Brennkraftmaschine zugewandten Endbereich wenigstens eine erste, vorzugsweise mehrere erste Einspritzöffnungen 32 auf. Das erste Einspritzventilglied 28 weist an seinem dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise etwa kegelförmige Dichtfläche 34 auf, die mit einem im Ventilkörper 26 in dessen dem Brennraum zugewandtem Endbereich ausgebildeten ersten Ventilsitz 36 zusammenwirkt, von dem oder nach dem die ersten Einspritzöffnungen 32 abführen. Im Ventilkörper 26 ist zwischen dem ersten Einspritzventilglied 28 und der Bohrung 30 zum ersten Ventilsitz 36 hin ein Ringraum 38 vorhanden, der in seinem dem ersten Ventilsitz 36 abgewandten Endbereich durch eine radiale Erweiterung der Bohrung 30 in einen das erste Einspritzventilglied 28 umgebenden Druckraum 40 übergeht. Das erste Einspritzventilglied 28 weist auf Höhe des Druckraums 40 durch eine Querschnittsverringeringung eine Druckschulter 42 auf. Am dem Brennraum abgewandten Ende des ersten Einspritzventilglieds 28 greift eine vorgespannte erste Schließfeder 44 an, durch die das erste Einspritzventilglied 28 zum ersten Ventilsitz 36 hin gedrückt wird. Die erste Schließfeder 44 ist in einem ersten Federraum 46 des Ventilkörpers 26 angeordnet, der sich an die Bohrung 30 anschließt.

Das erste Einspritzventilglied 28 des Kraftstoffeinspritzventils 12 ist wie in Figur 3 dargestellt hohl ausgebildet und in diesem ist in einer koaxial im ersten Einspritzventilglied 28 ausgebildeten Bohrung ein zweites Einspritzventilglied 128 verschiebbar geführt. Durch das zweite Einspritzventilglied 128 wird wenigstens eine zweite, vorzugsweise mehrere zweite Einspritzöffnungen 132 im Ventilkörper 26 gesteuert. Die zweiten Einspritzöffnungen

132 sind in Richtung der Längsachse der Einspritzventilglieder 28, 128 zu den ersten Einspritzöffnungen 32 zum Brennraum hin versetzt angeordnet. Das zweite Einspritzventilglied 128 weist an seinem dem Brennraum zugewandten Endbereich eine beispielsweise etwa kegelförmige Dichtfläche 134 auf, die mit einem im Ventilkörper 26 in dessen dem Brennraum zugewandtem Endbereich ausgebildeten zweiten Ventilsitz 136 zusammenwirkt, von dem oder nach dem die zweiten Einspritzöffnungen 132 abführen. Das zweite Einspritzventilglied 128 verläuft durch den ersten Federraum 46 und ragt in einen sich an den ersten Federraum 46 anschließenden zweiten Federraum 146 hinein. Zwischen dem Grund des zweiten Federraums 146 und dem zweiten Einspritzventilglied 128 ist eine zweite Schließfeder 144 eingespannt, durch die das zweite Einspritzventilglied 128 in einer Schließrichtung zum zweiten Ventilsitz 136 hin beaufschlagt wird. Nahe dem brennraumseitigen Ende des zweiten Einspritzventilglieds 128 ist an diesem eine Druckfläche 142 gebildet, auf die bei geöffnetem erstem Einspritzventilglied 28 der im Druckraum 40 herrschende Druck in Öffnungsrichtung 29 wirkt.

In Figur 1 ist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem sich an den zweiten Federraum 146 auf dessen dem ersten Federraum 46 abgewandtem Ende eine gegenüber dem zweiten Federraum 146 im Durchmesser kleinere Bohrung 48 anschließt, in der ein mit dem zweiten Einspritzventilglied 128 verbundener Steuerkolben 50 dicht geführt ist. Durch den Steuerkolben 50 wird in der Bohrung 48 ein Steuerdruckraum 52 begrenzt, der eine Verbindung 53 mit dem Pumpenarbeitsraum 22 aufweist. Die Verbindung 53 des Steuerdruckraums 52 mündet zumindest annähernd koaxial zur Zylinderbohrung 16 in den Pumpenarbeitsraum 22. Der Steuerkolben 50 und über diesen das zweite Einspritzventilglied 128 wird durch den im

Steuerdruckraum 52 herrschenden Druck in einer Schließrichtung zum zweiten Ventilsitz 136 hin beaufschlagt. Durch den im Steuerdruckraum 52 herrschenden Druck wird somit die zweite Schließfeder 144 unterstützt.

5

Bei einem in Figur 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzeinrichtung schließt sich an das zweite Einspritzventilglied 128 ein mit diesem verbundener Steuerkolben 250 an, der mit seinem dem zweiten Einspritzventilglied 128 abgewandten Ende in einen zweiten Federraum 146 ragt. Zwischen dem Grund des zweiten Federraums 146 und dem Steuerkolben 250 ist eine zweite Schließfeder 144 eingespannt, durch die über den Steuerkolben 250 das zweite Einspritzventilglied 128 in einer Schließrichtung zum zweiten Ventilsitz 136 hin beaufschlagt wird. Zwischen dem ersten Federraum 46 und dem zweiten Federraum 146 ist eine im Durchmesser gegenüber diesen kleinere Bohrung 248 vorhanden, in der der Steuerkolben 250 dicht geführt ist. Die Bohrung 248 und entsprechend der Steuerkolben 250 sind im Durchmesser gestuft ausgebildet, wobei diese zum zweiten Federraum 146 hin Abschnitte mit größerem Durchmesser aufweisen als zum ersten Federraum 46 hin. Am Steuerkolben 250 ist durch die Durchmesserstufung eine Ringschulter 251 gebildet, durch die in der Bohrung 248 ein Ringraum 252 begrenzt wird, der einen Steuerdruckraum bildet. Der Steuerdruckraum 252 weist eine Verbindung 253 mit dem Pumpenarbeitsraum 22 auf, die zumindest annähernd coaxial zur Zylinderbohrung 16 in den Pumpenarbeitsraum 22 mündet. Durch den im Steuerdruckraum 252 herrschenden Druck wird auf den Steuerkolben 250 und damit auf das zweite Einspritzventilglied 128 eine der Kraft der zweiten Schließfeder 144 entgegen in Öffnungsrichtung 29 gerichtete Kraft erzeugt.

10

15

20

25

30

35

Vom Pumpenarbeitsraum 22 führt durch den Pumpenkörper 14 und den Ventilkörper 26 ein Kanal 60 zum Druckraum 40 des

Kraftstoffeinspritzventils 12. Vom Pumpenarbeitsraum 22 oder vom Kanal 60 führt eine Verbindung 66 zu einem Entlastungsraum, als der beispielsweise zumindest mittelbar der Kraftstoffvorratsbehälter 24 oder die Druckseite der Förderpumpe 23 dienen kann, und zur Förderpumpe 23 ab. Die Verbindung 66 wird durch ein elektrisch betätigtes Steuerventil 68 gesteuert. Das Steuerventil 68 kann als 2/2-Wegeventil ausgebildet sein. Das Steuerventile 68 kann einen elektromagnetischen Aktor oder einen Piezoaktor aufweisen und wird durch eine elektronische Steuereinrichtung 72 angesteuert.

Nachfolgend wird anhand der Figuren 4 bis 7 der Aufbau der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 mit den beiden Pumpenkolben 18,118 näher erläutert. Der erste Pumpenkolben 18 weist eine zumindest annähernd coaxial in diesem verlaufende Sackbohrung 80 auf, die zu der den Pumpenarbeitsraum 22 begrenzenden Stirnseite des Pumpenkolbens 18 hin offen ist. Die Mündung der Sackbohrung 80 an der Stirnseite des ersten Pumpenkolbens 18 weist eine beispielsweise zumindest annähernd konische Anschrägung 81 auf, so daß sich der Durchmesser der Sackbohrung 80 vergrößert. Nahe dem Grund 82 der Sackbohrung 80 weist der erste Pumpenkolben 18 eine Querboreung 83 auf, die die Sackbohrung 80 mit einer am Außenmantel des Pumpenkolbens 18 eingebrachten, sich in Längsrichtung erstreckenden Längsnut 84 verbindet. Die Längsnut 84 erstreckt sich ausgehend von der Querboreung 83 sowohl in Richtung zum Pumpenarbeitsraum 22 hin als auch von diesem weg. Der erste Pumpenkolben 18 weist außerdem in einem mittleren Bereich seiner Längserstreckung eine weitere Querboreung 85 auf, die die Sackbohrung 80 mit einer weiteren am Außenmantel des Pumpenkolbens 18 eingebrachten Längsnut 86 verbindet. Die Längsnut 86 erstreckt sich ausgehend von der Querboreung 85 zum Pumpenarbeitsraum 22 hin. In der Zylinderbohrung 16 ist eine Querboreung 87 vorgesehen, die mit einem Niederdruckbereich verbunden ist

und mit der die Längsnut 84 des ersten Pumpenkolbens 18 über den gesamten Hub des Pumpenkolbens 18 in Verbindung steht.

Im Niederdruckbereich herrscht dabei beispielsweise zumindest annähernd Atmosphärendruck. Die Zylinderbohrung 16 weist in ihrem Endbereich, in dem der Pumpenarbeitsraum 22 angeordnet ist, einen Abschnitt 116 mit einem etwas größeren Durchmesser auf als in ihrem übrigen Bereich, in dem der erste Pumpenkolben 18 dicht geführt ist. Die Zylinderbohrung 16 und damit der in dieser gebildete Pumpenarbeitsraum 22 weist eine zumindest annähernd senkrecht zur Längsachse des ersten Pumpenkolbens 18 angeordnete, der den Pumpenarbeitsraum 22 begrenzenden Stirnseite des Pumpenkolbens 18 gegenüberliegende Begrenzung 17 auf.

Der zweite Pumpenkolben 118 ist in der Sackbohrung 80 des ersten Pumpenkolbens 18 verschiebbar geführt und ragt mit seinem den Pumpenarbeitsraum 22 begrenzenden Ende aus der Sackbohrung 80 heraus. An seinem aus der Sackbohrung 80 ragenden Ende weist der zweite Pumpenkolben 118 einen im Durchmesser vergrößerten Abschnitt 150 auf, an dem eine dem ersten Pumpenkolben 18 zugewandte Ringschulter 151 gebildet ist. Der zweite Pumpenkolben 118 weist einen in dessen Längsrichtung verlaufenden Durchgangskanal 180 auf, der als Durchgangsbohrung ausgebildet sein kann, die sich von der den Pumpenarbeitsraum 22 begrenzenden Stirnfläche bis zu der dem Grund 82 der Sackbohrung 80 im ersten Pumpenkolben 18 gegenüberliegenden Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 erstreckt. In der Durchgangsbohrung 180 des zweiten Pumpenkolbens 118 ist eine Drosselstelle 181 vorgesehen. Die der Begrenzung 17 des Pumpenarbeitsraums 22 gegenüberliegende Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 ist derart beispielsweise konisch angeschrägt, daß diese in radialer Richtung nach innen zur Mündung der Durchgangsbohrung 180 hin vertieft ist. Hierdurch ist an der Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 an deren radial

äußerem Rand eine ringförmige Kante vorhanden, die eine Dichtfläche 152 bildet.

An seinem in der Sackbohrung 80 angeordneten Ende weist der zweite Pumpenkolben 118 einen im Durchmesser verringerten Abschnitt 154 auf. Am Übergang des zweiten Pumpenkolbens 118 von dessen vollem Durchmesser zu dessen Abschnitt 154 ist eine dem Grund 82 der Sackbohrung 80 zugewandte Ringschulter 155 gebildet. Durch den zweiten Pumpenkolben 118 wird in der Sackbohrung 80 ein Raum 153 begrenzt, der durch die Querbohrung 83 im ersten Pumpenkolben 18 mit dem Niederdruckbereich verbunden ist. Die dem Grund 82 der Sackbohrung 80 gegenüberliegende Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 ist derart beispielsweise konisch angeschrägt, daß diese in radialer Richtung nach innen zur Mündung der Durchgangsbohrung 180 hin vertieft ist.

Hierdurch ist an der Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 an deren radial äußerem Rand eine ringförmige Kante vorhanden, die eine Dichtfläche 156 bildet. Zwischen dem Grund 82 der Sackbohrung 80 und der Ringschulter 155 des zweiten Pumpenkolbens 118 ist eine Feder 158 eingespannt, die beispielsweise als eine den Abschnitt 154 des zweiten Pumpenkolbens 118 umgebende Schraubendruckfeder ausgebildet ist. In einem in dessen Längserstreckung betrachtet

mittleren Bereich des zweiten Pumpenkolbens 118 ist eine Querbohrung 160 vorgesehen, die die Durchgangsbohrung 180 mit einer im Außenmantel des zweiten Pumpenkolbens 118 eingebrachten Ringnut 161 verbindet. Der zweite Pumpenkolben 118 ist in der Sackbohrung 80 des ersten Pumpenkolbens 18 zumindest in seinem Bereich zwischen der Querbohrung 160 und dem aus der Sackbohrung 80 ragenden Abschnitt 150 mit geringem Spiel dicht geführt. Vorzugsweise ist der zweite Pumpenkolben 118 zumindest auch in einem Teil des Bereichs zwischen der Querbohrung 160 und der Ringschulter 155 mit geringem Spiel dicht in der Sackbohrung 80 geführt.

In den Pumpenarbeitsraum 22 mündet wie vorstehend bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figur 1 und 2 erläutert die Verbindung 53 bzw. 253 des Steuerdruckraums 52 bzw. 252 etwa koaxial zu den Pumpenkolben 18,118.

5

Es ist vorgesehen, daß bei der Kraftstoffhochdruckpumpe 10 wahlweise beide Pumpenkolben 18,118 miteinander gekoppelt werden können und als eine Einheit einen Förderhub ausführen. Beim Förderhub bewegen sich die Pumpenkolben 18,118 ausgehend von einem äußeren Totpunkt, in dem diese wie in Figur 4 dargestellt am weitesten aus der Zylinderbohrung 16 ragen, zu einem inneren Totpunkt, in dem diese wie in Figur 5 dargestellt am weitesten in die Zylinderbohrung 16 eingetaucht sind. Wenn beide Pumpenkolben 18,118 miteinander gekoppelt sind, so taucht der zweite Pumpenkolben 118 in die Sackbohrung 80 des ersten Pumpenkolbens 18 so weit ein, bis er mit seiner Dichtfläche 156 am Grund 82 der Sackbohrung 80 anliegt, wie dies in den Figuren 4 und 5 dargestellt ist. In dieser Stellung des zweiten Pumpenkolbens 118 überdeckt sich dessen Ringnut 161 mit der Querbohrung 85 des ersten Pumpenkolbens 18 und die Feder 158 ist auf ihre kürzeste Länge komprimiert. Der im Pumpenarbeitsraum 22 herrschende Druck wirkt auf die Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 und erzeugt eine auf diesen wirkende Druckkraft, durch die der zweite Pumpenkolben 118 gegen die Kraft der Feder 158 und gegen den im Raum 153 herrschenden Niederdruck mit seiner Dichtfläche 156 an den Grund 82 der Sackbohrung 80 gepresst wird. Dabei wird durch die Dichtfläche 156 die Durchgangsbohrung 180 des zweiten Pumpenkolbens 118 vom Raum 153 und damit vom Niederdruckbereich getrennt, so daß aus dem Pumpenarbeitsraum 22 über die Durchgangsbohrung 180 kein Kraftstoff abfließen kann. Sollte dennoch eine Undichtigkeit zwischen der Dichtfläche 156 und dem Grund 82 vorhanden sein, so kann eine geringe Kraftstoffmenge durch die Durchgangsbohrung 80 im zweiten Pumpenkolben 118 in den Raum

10

15

20

25

30

35

153 und in den Niederdruckbereich abfließen, wobei der Durchfluß jedoch durch die Drosselstelle 181 begrenzt ist. Beim Förderhub der Pumpenkolben 18,118 ist die gesamte Stirnfläche der Pumpenkolben, also die ringförmige
5 Stirnfläche des ersten Pumpenkolbens 18 und die innerhalb dieser liegende Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 für die Druckerzeugung im Pumpenarbeitsraum 22 wirksam, so daß im Pumpenarbeitsraum 22 ein hoher Druck erzeugt wird. Eine Hochdruckerzeugung im Pumpenarbeitsraum 22 durch die
10 Pumpenkolben 18,118 erfolgt solange das Steuerventil 68 geschlossen ist und der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 und der Förderpumpe 23 getrennt ist.

Wenn sich die Pumpenkolben 18,118 gemäß Figur 5 im Bereich
15 des inneren Totpunkts befinden, so taucht die Längsnut 86 des ersten Pumpenkolbens 18 in den Abschnitt 116 der Zylinderbohrung 16 ein, so daß die Durchgangsbohrung 180 im zweiten Pumpenkolben 118 über die Längsnut 86 und die
20 Querboreung 85 im ersten Pumpenkolben 18 sowie die Ringnut 161 und die Querboreung 160 im zweiten Pumpenkolben 118 mit dem Pumpenarbeitsraum 22 verbunden ist. Beim nachfolgenden Saughub der Pumpenkolben 18,118 bewegen diese sich von ihrem inneren Totpunkt weg zu ihrem äußeren Totpunkt hin. Das Steuerventil 68 wird dabei geöffnet, so daß Kraftstoff mit
25 dem von der Förderpumpe 23 erzeugten Druck in den Pumpenarbeitsraum 22 einströmt. Abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und damit der Geschwindigkeit, mit der sich die Pumpenkolben 18,118 beim Saughub ausgehend vom inneren Totpunkt bewegen, ergibt sich im Pumpenarbeitsraum
30 22 gegenüber dem durch die Förderpumpe 23 erzeugten Druck ein Druckabfall auf einen geringeren Druck als den Förderpumpendruck. Der erste Pumpenkolben 18 bewegt sich bei seinem Saughub bedingt durch die Kraft der Rückstellfeder 19 entsprechend der Form des Nockens 20 mit einer vorgegebenen
35 Geschwindigkeit. Der zweite Pumpenkolben 118 bewegt sich beim Saughub bedingt durch den auf dessen Stirnfläche

wirkenden Druck im Pumpenarbeitsraum 22 ebenfalls vom inneren Totpunkt weg, wenn die durch den im Pumpenarbeitsraum 22 herrschenden Druck auf den zweiten Pumpenkolben 118 erzeugte Kraft größer ist als die dieser entgegenwirkende Kraft, die die Summe der Kraft der Feder 158 und der durch den im Raum 153 herrschenden Niederdruck auf den zweiten Pumpenkolben 118 erzeugten Kraft. Der zweite Pumpenkolben 118 bewegt sich beim Saughub vom inneren Totpunkt weg und gelangt mit seiner Dichtfläche 156 spätestens bei Erreichen des äußeren Totpunkts in Anlage an den Grund 82 der Sackbohrung 80 im ersten Pumpenkolben 18. Beim nachfolgenden Förderhub bewegen sich die Pumpenkolben 18,118 dann wieder als Einheit nach innen zum inneren Totpunkt hin.

Bei der vorstehend erläuterten Kopplung der beiden Pumpenkolben 18,118 und deren gemeinsamem Förderhub ist die Mündung der Verbindung 53 bzw. 253 des Steuerdruckraums 52 bzw. 252 offen, so daß im Steuerdruckraum 52 bzw. 252 zumindest annähernd derselbe Hochdruck herrscht wie im Pumpenarbeitsraum 22. Beim ersten Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 1 wird durch den im Steuerdruckraum 52 herrschenden Hochdruck eine große Schließkraft auf das zweite Einspritzventilglied 128 erzeugt, so daß dieses erst bei hohem Druck im Druckraum 40 öffnet oder in seiner geschlossenen Stellung verbleibt und die zweiten Einspritzöffnungen 132 verschlossen sind. Es öffnet dann nur das erste Einspritzventilglied 28 und gibt die ersten Einspritzöffnungen 32 frei. Beim zweiten Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 2 wird durch den im Steuerdruckraum 152 herrschenden Hochdruck die auf das zweite Einspritzventilglied 128 wirkende Schließkraft reduziert, so daß das zweite Einspritzventilglied 128 schon bei relativ geringem Druck im Druckraum 40 zusätzlich zum ersten Einspritzventilglied 28 öffnet und die zweiten Einspritzöffnungen 132 freigibt.

Es ist außerdem vorgesehen, daß der zweite Pumpenkolben 118 wahlweise in einer Passivstellung angeordnet werden kann, in der dieser keinen Förderhub ausführt und nur der erste Pumpenkolben 18 einen Förderhub ausführt. Dies ist in den Figuren 6 und 7 dargestellt. In seiner Passivstellung befindet sich der zweite Pumpenkolben 118 mit seiner Dichtfläche 152 in Anlage an der Begrenzung 17 des Pumpenarbeitsraums 22. Die Durchgangsbohrung 180 im zweiten Pumpenkolben 118 ist dann durch die Dichtfläche 152 vom Pumpenarbeitsraum 22 getrennt. Sollte zwischen der Dichtfläche 152 und der Begrenzung eine Undichtigkeit vorhanden sein, so kann eine geringe Kraftstoffmenge aus dem Pumpenarbeitsraum 22 durch die Durchgangsbohrung 180 in den Raum 153 und zum Niederdruckbereich abfließen, wobei der Durchfluß durch die Drosselstelle 181 begrenzt ist. Beim Saughub bewegt sich nur der erste Pumpenkolben 18 vom inneren Totpunkt weg in den äußeren Totpunkt gemäß Figur 6, während der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung verbleibt. Durch den im Pumpenarbeitsraum 22 herrschenden Druck wird über die Ringschulter 151 des zweiten Pumpenkolbens 118 eine zur Begrenzung 17 hin gerichtete Anpresskraft auf diesen erzeugt. Außerdem wird der zweite Pumpenkolben 118 durch die Feder 158 und die durch den im Raum 153 herrschenden Niederdruck erzeugte Kraft gegen die Begrenzung 17 gepresst. Beim Saughub des ersten Pumpenkolbens 18 entspannt sich die Feder 158. Beim Förderhub des ersten Pumpenkolbens 18 ist nur dessen ringförmige Stirnfläche für die Druckerzeugung wirksam, so daß im Pumpenarbeitsraum 22 entsprechend ein geringerer maximaler Druck erzeugt wird als bei miteinander gekoppelten Pumpenkolben 18, 118. In der inneren Totpunktstellung sind die Pumpenkolben 18, 118 in Figur 7 dargestellt.

Wenn der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet ist, so ist durch diesen auch der Steuerdruckraum

52 bzw. 252 der Kraftstoffeinspritzeinrichtung vom Pumpenarbeitsraum 22 getrennt. Im Steuerdruckraum 52 bzw. 252 herrscht dann kein Hochdruck mehr sondern nur noch der Druck der Förderpumpe 23, mit der der Steuerdruckraum 52 bzw. 252 durch die Durchgangsbohrung 180 im zweiten Pumpenkolben 118 verbunden ist. Beim ersten Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 1 wird durch den geringen Druck im Steuerdruckraum 52 nur eine geringe Kraft in Schließrichtung auf das zweite Einspritzventilglied 128 erzeugt, so daß dieses bei relativ geringem Druck im Druckraum 40 zusätzlich zum ersten Einspritzventilglied 28 öffnen kann und die zweiten Einspritzöffnungen 132 freigibt. Beim zweiten Ausführungsbeispiel der Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Figur 2 wird durch den geringen Druck im Steuerdruckraum 252 nur eine geringe Kraft in Öffnungsrichtung 29 auf das zweite Einspritzventilglied 128 erzeugt, so daß das zweite Einspritzventilglied 128 erst bei hohem Druck im Druckraum 40 oder gar nicht öffnet und die zweiten Einspritzöffnungen 132 verschlossen bleiben.

Eine Anordnung des zweiten Pumpenkolbens 118 in seiner Passivstellung erfolgt während des Saughubs abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, insbesondere abhängig von deren Drehzahl. Wenn der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet werden soll, so wird während des Saughubs das Steuerventil 68 durch die Steuereinrichtung 72 zu einem bestimmten Zeitpunkt und für eine bestimmte Zeitdauer geschlossen, so daß die Verbindung des Pumpenarbeitsraums 22 mit der Förderpumpe 23 unterbrochen ist und in den Pumpenarbeitsraum 22 kein Kraftstoff einströmen kann. Der erste Pumpenkolben 18 bewegt sich bewirkt durch die Rückstellfeder 19 entsprechend der Form des Nockens 20 vom inneren Totpunkt weg zum äußeren Totpunkt hin. Infolge dessen wird das Volumen des Pumpenarbeitsraums 22 vergrößert und da kein Kraftstoff in

diesen einströmt fällt der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 ab unter den Förderdruck der Förderpumpe 23. Auf die Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 im Pumpenarbeitsraum 22 wirkt somit nur noch ein geringer Druck, der eine geringere zum ersten Pumpenkolben 18 hin gerichtete Kraft auf den zweiten Pumpenkolben 118 erzeugt als die entgegen wirkende Kraft als Summe der Kraft der Feder 158 und der durch den im Raum 153 wirkenden Niederdruck erzeugten Kraft. Der zweite Pumpenkolben 118 bewegt sich dadurch nach innen, bis er mit seiner Dichtfläche 152 an der Begrenzung 17 des Pumpenarbeitsraums 22 zur Anlage kommt.

Nachfolgend wird das Steuerventil 68 durch die Steuereinrichtung 72 wieder geöffnet, so daß der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 wieder ansteigt. Der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 wirkt bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben 118 auf diesen jedoch nicht auf dessen Stirnfläche in Richtung zum ersten Pumpenkolben 18 hin sondern auf die Ringschulter 151 des zweiten Pumpenkolbens 118 und damit zur Begrenzung 17 hin und erzeugt eine Anpresskraft auf den zweiten Pumpenkolben 118 zur Begrenzung 17 hin. Der erste Pumpenkolben 18 führt einen Saughub bis zum äußeren Totpunkt und anschließend einen Förderhub bis zum inneren Totpunkt aus. Wenn der erste Pumpenkolben 18 den Bereich des inneren Totpunkts erreicht, so ist die Durchgangsbohrung 180 des zweiten Pumpenkolbens 118 über die Querbohrung 160, die Ringnut 161 sowie die Querbohrung 85 und die Längsnut 86 im ersten Pumpenkolben 18, die in den Abschnitt 116 der Zylinderbohrung 16 eintaucht, mit dem Pumpenarbeitsraum 22 verbunden. Auf die der Begrenzung 17 zugewandte Stirnfläche des zweiten Pumpenkolbens 118 wirkt dann der Druck im Pumpenarbeitsraum 22, so daß der zweite Pumpenkolben 118 mit seiner Dichtfläche 152 von der Begrenzung 17 abhebt. Beim nachfolgenden Saughub kann dann wieder durch Schließen des

Steuerventils 68 der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet werden oder, wenn das Steuerventil 68 ständig geöffnet bleibt, der zweite Pumpenkolben 118 dem Saughub des ersten Pumpenkolbens 18 folgen, so daß die beiden Pumpenkolben 18,118 gekoppelt bleiben.

Mit zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine nimmt die Geschwindigkeit der Pumpenkolben 18,118, mit der diese sich beim Saughub und beim Förderhub bewegen ebenfalls zu. Wenn durch die Förderpumpe 23 ein näherungsweise konstanter Förderdruck erzeugt wird, so ergibt sich im Pumpenarbeitsraum 22 beim Saughub der Pumpenkolben 18,118 infolge der mit der Drehzahl zunehmenden Geschwindigkeit der Pumpenkolben 18,118 ein mit der Drehzahl zunehmender Druckabfall gegenüber dem von der Förderpumpe 23 nominell erzeugten Förderdruck, da der Pumpenarbeitsraum 22 nicht schnell genug mit Kraftstoff befüllt werden kann. Der erste Pumpenkolben 18 führt seinen Saughub bedingt durch die Rückstellfeder 19 entsprechend dem Profil des Nockens 20 aus. Wenn der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 stark abfällt, so kann der zweite Pumpenkolben 118 dem Saughub des ersten Pumpenkolbens 18 nicht mehr folgen, da auf diesen nur eine geringe Kraft zum ersten Pumpenkolben 18 hin wirkt, die geringer ist als die entgegenwirkende Kraft als Summe der Kraft der Feder 158 und der durch den im Raum 153 herrschenden Niederdruck erzeugten Kraft. Der zweite Pumpenkolben 118 bewegt sich daher zur Begrenzung 17 hin und kommt dort mit seiner Dichtfläche 152 zur Anlage und befindet sich in seiner Passivstellung. Somit kann auch bei Erreichen bzw. Überschreiten einer bestimmten Grenzdrehzahl, bei der der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 beim Saughub ausreichend stark abfällt, eine Anordnung des zweiten Pumpenkolbens 118 in seiner Passivstellung erreicht werden. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, daß im Bereich der Grenzdrehzahl das Steuerventil 68 wie vorstehend erläutert beim Saughub geschlossen wird, um sicherzustellen, daß der

zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet wird. Bei wesentlich höherer Drehzahl als der Grenzdrehzahl kann das Schließen des Steuerventils 68 entfallen, da dann sichergestellt ist, daß der zweite Steuerkolben 118 infolge
5 des Druckabfalls im Pumpenarbeitsraum 22 in seiner Passivstellung angeordnet wird.

Es kann vorgesehen sein, daß bis zu einer vorgegebenen Grenzdrehzahl beide Pumpenkolben 18, 118 miteinander
10 gekoppelt sind und einen Förderhub ausführen. Hierbei kann bereits bei niedrigen Drehzahlen ein hoher Druck im Pumpenarbeitsraum 22 erzeugt werden. Bei Erreichen oder Überschreiten der vorgegebenen Grenzdrehzahl wird der zweite Pumpenkolben 118 wie vorstehend beschrieben in seine
15 Passivstellung gebracht, so daß nur noch der erste Pumpenkolben 18 einen Förderhub ausführt und der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 reduziert wird. Hierdurch kann der maximale Druck im Pumpenarbeitsraum 22 und damit die mechanische Belastung der Bauteile der
20 Kraftstoffeinspritzeinrichtung begrenzt werden. Die Grenzdrehzahl, ab der der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet wird, kann dabei fest vorgegeben sein oder in Abhängigkeit weiterer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine variabel sein. Es kann auch vorgesehen
25 sein, daß eine Anordnung des zweiten Pumpenkolbens 118 in seiner Passivstellung abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, insbesondere abhängig von der Last, erfolgt. Dabei kann beispielsweise vorgesehen sein, daß bei hoher Last die beiden Pumpenkolben 18, 118 gekoppelt sind und
30 gemeinsam einen Förderhub ausführen, während bei geringer Last der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet wird und nur der erste Pumpenkolben 18 einen Förderhub ausführt. Bei geringer Last erfolgt somit die Kraftstoffeinspritzung mit einem geringeren Druck als bei
35 hoher Last. Durch die Form des Nockens 20 in dem Bereich, in dem der Saughub des ersten Pumpenkolbens 18 erfolgt, wird

die Geschwindigkeit des ersten Pumpenkolbens 18 beim Saughub bestimmt. Durch Variation der Form des Nockens 20 in diesem Bereich kann somit die Geschwindigkeit des ersten Pumpenkolbens 18 beim Saughub und damit der Druckabfall im Pumpenarbeitsraum 22 verändert werden und somit auch die Grenzdrehzahl, ab der der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet wird. Der von der Förderpumpe 23 erzeugte Druck bestimmt ebenfalls die Grenzdrehzahl, ab der der zweite Pumpenkolben 118 in seiner Passivstellung angeordnet wird. Je höher der von der Förderpumpe 23 erzeugte Druck ist, desto höher ist dabei die Grenzdrehzahl. Um eine Variation der Grenzdrehzahl zu ermöglichen kann vorgesehen sein, daß der von der Förderpumpe 23 erzeugte Druck variabel ist.

Nachfolgend wird die weitere Funktion der Kraftstoffeinspritzeinrichtung erläutert. In Figur 8 ist der Verlauf des Druckes p an den Einspritzöffnungen 32 des Kraftstoffeinspritzventils 12 über der Zeit t während einem Einspritzzyklus dargestellt. Beim Saughub des Pumpenkolbens 18 wird diesem Kraftstoff aus dem Kraftstoffvorratsbehälter 24 zugeführt. Beim Förderhub der Pumpenkolben 18, 118 beginnt die Kraftstoffeinspritzung mit einer Voreinspritzung, wobei das Steuerventil 68 durch die Steuereinrichtung 72 geschlossen wird, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 vom Entlastungsraum 24 getrennt ist. Wenn der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 und damit im Druckraum 40 des Kraftstoffeinspritzventils 12 so groß ist, daß die durch diesen über die Druckschulter 42 auf das erste Einspritzventilglied 28 ausgeübte Druckkraft größer ist als die Kraft der Schließfeder 44, so bewegt sich das Einspritzventilglied 28 in Öffnungsrichtung 29 und gibt die wenigstens eine Einspritzöffnung 32 frei. Zur Beendigung der Voreinspritzung wird durch die Steuereinrichtung das erste Steuerventil 68 geöffnet, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 entlastet ist. Die Voreinspritzung entspricht einer in Figur

6 mit I bezeichneten Einspritzphase. Es kann vorgesehen sein, daß während der Voreinspritzung nur das erste Einspritzventilglied 28 öffnet und die ersten Einspritzöffnungen 32 freigibt, während das zweite Einspritzventilglied 128 in seiner geschlossenen Stellung bleibt und die zweiten Einspritzöffnungen 132 geschlossen bleiben.

Für eine nachfolgende Haupteinspritzung, die einer in Figur 8 mit II bezeichneten Einspritzphase entspricht, wird das Steuerventil 68 durch die Steuereinrichtung 72 geöffnet, so daß der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 wieder steigt. Wie vorstehend erläutert führen abhängig von Betriebsparameteren der Brennkraftmaschine nur der erste Pumpenkolben 18 oder beide Pumpenkolben 18,118 einen Förderhub aus, wodurch der Druck im Pumpenarbeitsraum 22 bestimmt wird. Beim Kraftstoffeinspritzventil 12 öffnet dann entweder nur das erste Einspritzventilglied 28 und gibt die ersten Einspritzöffnungen 32 frei oder zeitverzögert zusätzlich auch das zweite Einspritzventilglied 128 und gibt die zweiten Einspritzöffnungen 132 frei.

Zur Beendigung der Haupteinspritzung wird das Steuerventil 68 durch die Steuereinrichtung 72 in seine geöffnete Schaltstellung gebracht, so daß der Pumpenarbeitsraum 22 mit dem Entlastungsraum 24 verbunden ist und auf das Einspritzventilglied 28 in Öffnungsrichtung 29 nur noch eine geringe Druckkraft wirkt und die Einspritzventilglieder 28,128 des Kraftstoffeinspritzventils 12 bedingt durch die Kraft der jeweiligen Schließfeder 44,144 schließen.

Bei der Ansteuerung des Steuerventils 68 durch die Steuereinrichtung 72 zur Kraftstoffeinspritzung ist es erforderlich, daß in der Steuereinrichtung 72 eine Information darüber vorhanden ist, ob beide Pumpenkolben 18,118 einen Förderhub ausführen oder nur der erste

Pumpenkolben 18 einen Förderhub ausführt, da entsprechend der Druck bei der Kraftstoffeinspritzung unterschiedlich ist. Beim Übergang vom gemeinsamen Förderhub beider Pumpenkolben 18,118 in gekoppeltem Zustand zum alleinigen Förderhub des ersten Pumpenkolbens 18 nimmt der im Pumpenarbeitsraum 22 erzeugte Druck von einem Förderhub zum nächsten Förderhub stark ab, so daß der Ansteuerzeitpunkt und insbesondere die Ansteuerdauer des Steuerventils 68 durch die Steuereinrichtung 72 entsprechend korrigiert werden müssen, um eine Kontinuität der eingespritzten Kraftstoffmenge und einen ordnungsgemäßen Betrieb der Brennkraftmaschine sicherzustellen.

5

Ansprüche

- 10 1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung für eine
Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe (10)
und einem mit dieser verbundenen Kraftstoffeinspritzventil
(12) für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine, wobei die
Kraftstoffhochdruckpumpe (10) wenigstens einen durch die
15 Brennkraftmaschine in einer Hubbewegung angetriebenen
Pumpenkolben (18) aufweist, der einen Pumpenarbeitsraum (22)
begrenzt, dem Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter
(24) zugeführt wird, wobei das Kraftstoffeinspritzventil
(12) einen mit dem Pumpenarbeitsraum (22) verbundenen
20 Druckraum (40) und wenigstens ein erstes
Einspritzventilglied (28) aufweist, durch das wenigstens
eine erste Einspritzöffnung (32) gesteuert wird und das von
dem im Druckraum (40) herrschenden Druck beaufschlagt gegen
eine Schließkraft in einer Öffnungsrichtung (29) zur
25 Freigabe der wenigstens einen Einspritzöffnung (32) bewegbar
ist, mit einem Steuerventil (68), durch das zumindest
mittelbar eine Verbindung (66) des Pumpenarbeitsraums (22)
mit einem Entlastungsraum (24) und einer Druckquelle (23)
zur Befüllung des Pumpenarbeitsraums (22) beim Saughub des
30 wenigstens einen Pumpenkolbens (18) gesteuert wird, dadurch
gekennzeichnet, daß die Kraftstoffhochdruckpumpe (10) zwei
Pumpenkolben (18,118) aufweist, wobei ein erster
Pumpenkolben (18) vorgesehen ist, in dem ein zweiter
Pumpenkolben (118) zumindest annähernd coaxial verschiebbar
35 geführt ist, wobei beide Pumpenkolben (18,118) den
Pumpenarbeitsraum (22) begrenzen, daß der erste Pumpenkolben

(18) in einer Hubbewegung angetrieben wird, daß wahlweise beide Pumpenkolben (18,118) miteinander koppelbar sind und sich beim Förderhub als Einheit bewegen oder der zweite Pumpenkolben (118) in einer Passivstellung fixierbar ist, so daß nur der erste Pumpenkolben (18) einen Förderhub ausführt, daß das Kraftstoffeinspritzventil (12) ein zweites, innerhalb des hohl ausgebildeten ersten Einspritzventilglieds (28) verschiebbar geführtes Einspritzventilglied (128) aufweist, durch das wenigstens eine zweite Einspritzöffnung (132) gesteuert wird und das durch den im Druckraum (40) herrschenden Druck beaufschlagt gegen eine Schließkraft in einer Öffnungsrichtung (29) bewegbar ist, daß das zweite Einspritzventilglied (128) zumindest mittelbar von dem in einem kraftstoffgefüllten Steuerdruckraum (52;252) herrschenden Druck beaufschlagt ist und daß der Steuerdruckraum (52;252) eine durch den zweiten Pumpenkolben (118) gesteuerte Verbindung (53;253) mit dem Pumpenarbeitsraum (22) aufweist, wobei der Steuerdruckraum (52;252) bei in seiner Passivstellung angeordnetem zweitem Pumpenkolben (118) vom Pumpenarbeitsraum (22) getrennt ist.

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Einspritzventilglied (128) durch den im Steuerdruckraum (52) herrschenden Druck zumindest mittelbar in einer Schließrichtung beaufschlagt ist.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Einspritzventilglied (128) durch den im Steuerdruckraum (252) herrschenden Druck zumindest mittelbar in Öffnungsrichtung (29) beaufschlagt ist.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Pumpenkolben (118) in seiner Passivstellung mit einem Ende an einer

Begrenzung (17) des Pumpenarbeitsraums (22) im Bereich eines inneren Totpunkts der Hubbewegung der Pumpenkolben (18,118) anliegt, in dem sich die Pumpenkolben (18,118) am Ende eines Förderhubs und am Beginn eines Saughubs befinden.

5

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Pumpenkolben (18) eine zu dessen den Pumpenarbeitsraum (22) begrenzender Stirnseite hin offene Sackbohrung (80) aufweist, in der der zweite Pumpenkolben (118) verschiebbar geführt ist.

10

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß durch den zweiten Pumpenkolben (118) in der Sackbohrung (80) ein Raum (153) begrenzt wird, der mit einem Niederdruckbereich verbunden ist.

15

7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß in gekoppeltem Zustand der beiden Pumpenkolben (18,118) der zweite Pumpenkolben (118) mit einem Ende am Grund (82) der Sackbohrung (80) des ersten Pumpenkolbens (18) anliegt.

20

8. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Pumpenkolben (118) einen Durchgangskanal (180) aufweist, durch den der Pumpenarbeitsraum (22) mit dem Raum (153) verbindbar ist und in dem wenigstens eine Drosselstelle (181) vorgesehen ist.

25

9. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß am dem Grund (82) der Sackbohrung (80) zugewandten Ende des zweiten Pumpenkolbens (118) eine Dichtfläche (156) angeordnet ist, durch die die Mündung des Durchgangskanals (180) zum Raum (153) verschlossen wird, wenn der zweite Pumpenkolben (118) mit der Dichtfläche (156) am Grund (82) der Sackbohrung (80)

30

35

anliegt, so daß der Raum (153) vom Durchgangskanal (180) getrennt ist.

10. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Pumpenkolben (18) und dem zweiten Pumpenkolben (118) eine Feder (158) eingespannt ist, durch die der zweite Pumpenkolben (118) aus der Sackbohrung (80) heraus gedrückt wird.

11. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder (158) zwischen dem Grund (82) der Sackbohrung (80) und einer am zweiten Pumpenkolben (118) durch eine Querschnittsverringerng an diesem gebildeten Ringschulter (155) eingespannt ist.

12. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach Anspruch 4 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß am der Begrenzung (17) des Pumpenarbeitsraums (22) zugewandten Ende des zweiten Pumpenkolbens (118) eine Dichtfläche (152) angeordnet ist, durch die die Mündung des Durchgangskanals (180) zum Pumpenarbeitsraum (22) verschlossen wird, wenn der zweite Pumpenkolben (118) mit der Dichtfläche (152) an der Begrenzung (17) des Pumpenarbeitsraums (22) anliegt, so daß der Pumpenarbeitsraum (22) vom Durchgangskanal (180) getrennt ist.

13. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchgangskanal (180) des zweiten Pumpenkolbens (118) eine durch den ersten Pumpenkolben (18) gesteuerte Verbindung (85,86,160,161) mit dem Pumpenarbeitsraum (22) aufweist, daß bei sich im Bereich des inneren Totpunkts befindendem erstem Pumpenkolben (18) der Durchgangskanal (180) mit dem Pumpenarbeitsraum (22) verbunden ist und daß bei sich außerhalb des Bereichs des inneren Totpunkts befindendem erstem Pumpenkolben (18) der

Durchgangskanal (180) vom Pumpenarbeitsraum (22) getrennt ist.

14. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Pumpenkolben (118) nahe seinem an der Begrenzung (17) des Pumpenarbeitsraums (22) zur Anlage kommenden Ende eine der Begrenzung (17) abgewandte Ringfläche (151) aufweist, die vom im Pumpenarbeitsraum (22) herrschenden Druck beaufschlagt ist und so eine auf den zweiten Pumpenkolben (118) zur Begrenzung (17) hin gerichtete Kraft erzeugt wird.

15. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Anordnung des zweiten Pumpenkolbens (118) in seiner Passivstellung das Steuerventil (68) während des Saughubs der Pumpenkolben (18,118) geschlossen und dadurch die Verbindung des Pumpenarbeitsraums (22) mit der Druckquelle (23) unterbrochen wird, so daß sich im Pumpenarbeitsraum (22) ein Druckabfall ergibt, infolge dessen der zweite Pumpenkolben (118) vom ersten Pumpenkolben (18) abgekoppelt wird, und daß nachfolgend das Steuerventil (68) während des Saughubs wieder geöffnet wird, so daß der zweite Pumpenkolben (118) durch den im Pumpenarbeitsraum (22) herrschenden Druck in seiner Passivstellung angeordnet wird.

16. Kraftstoffeinspritzeinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich im Pumpenarbeitsraum (22) während des Saughubs der Pumpenkolben (18,118) mit zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine eine zunehmende Druckabsenkung ergibt und daß der Druck bei Erreichen oder Überschreiten einer vorgegebenen Grenzdrehzahl im Pumpenarbeitsraum (22) so stark absinkt, daß infolge dessen der zweite Pumpenkolben (118) vom ersten Pumpenkolben (18) abgekoppelt wird und in seiner Passivstellung angeordnet wird.

Fig. 1

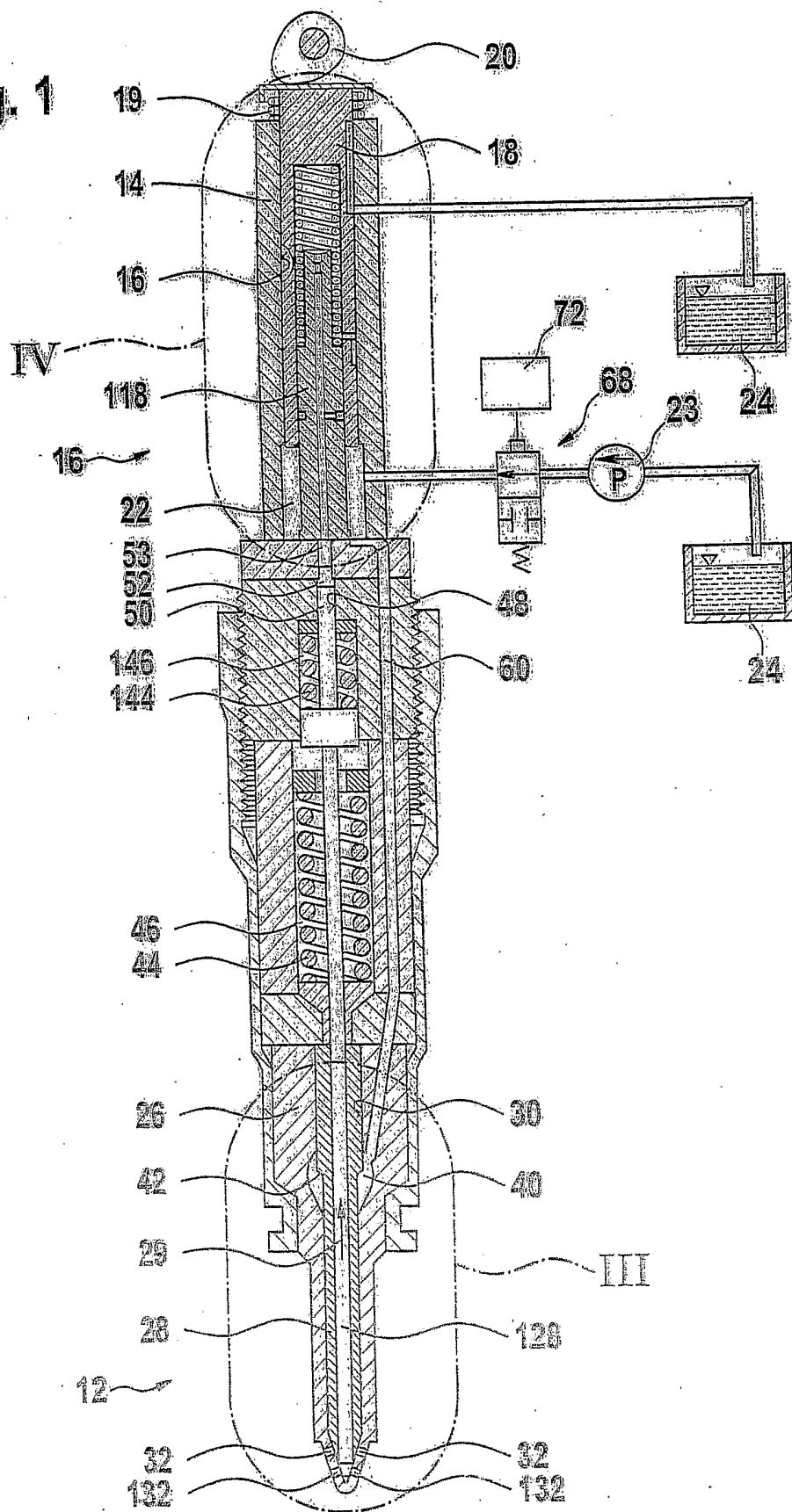


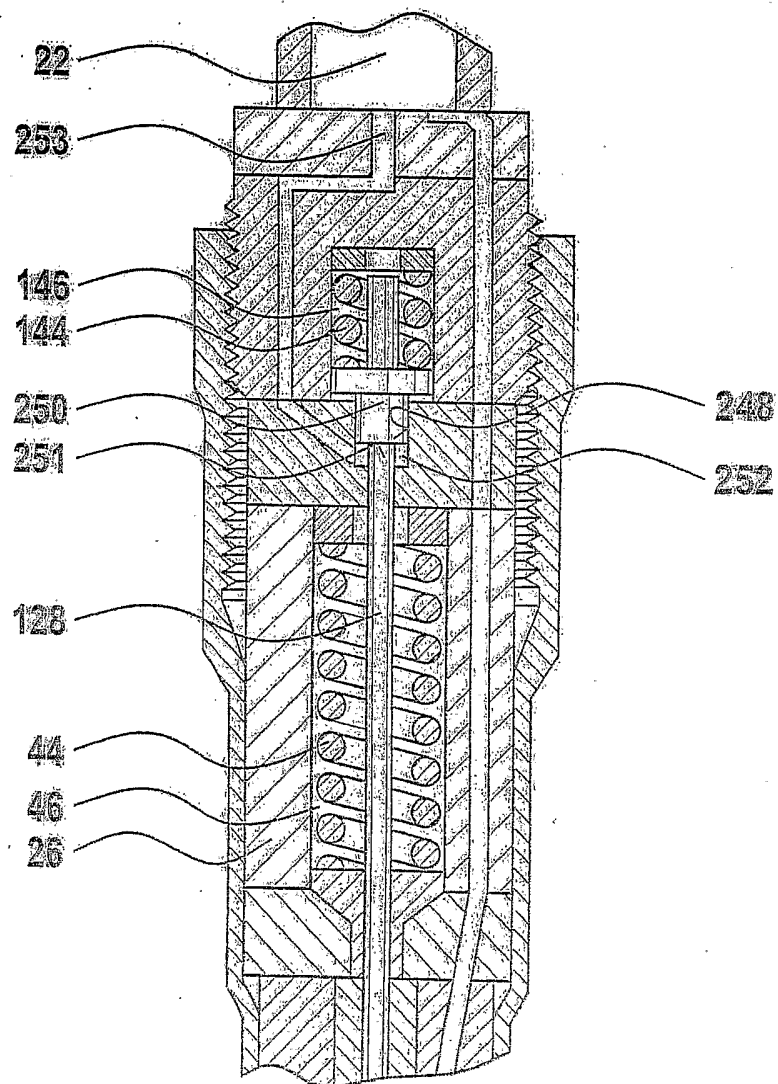
Fig. 2

Fig. 4

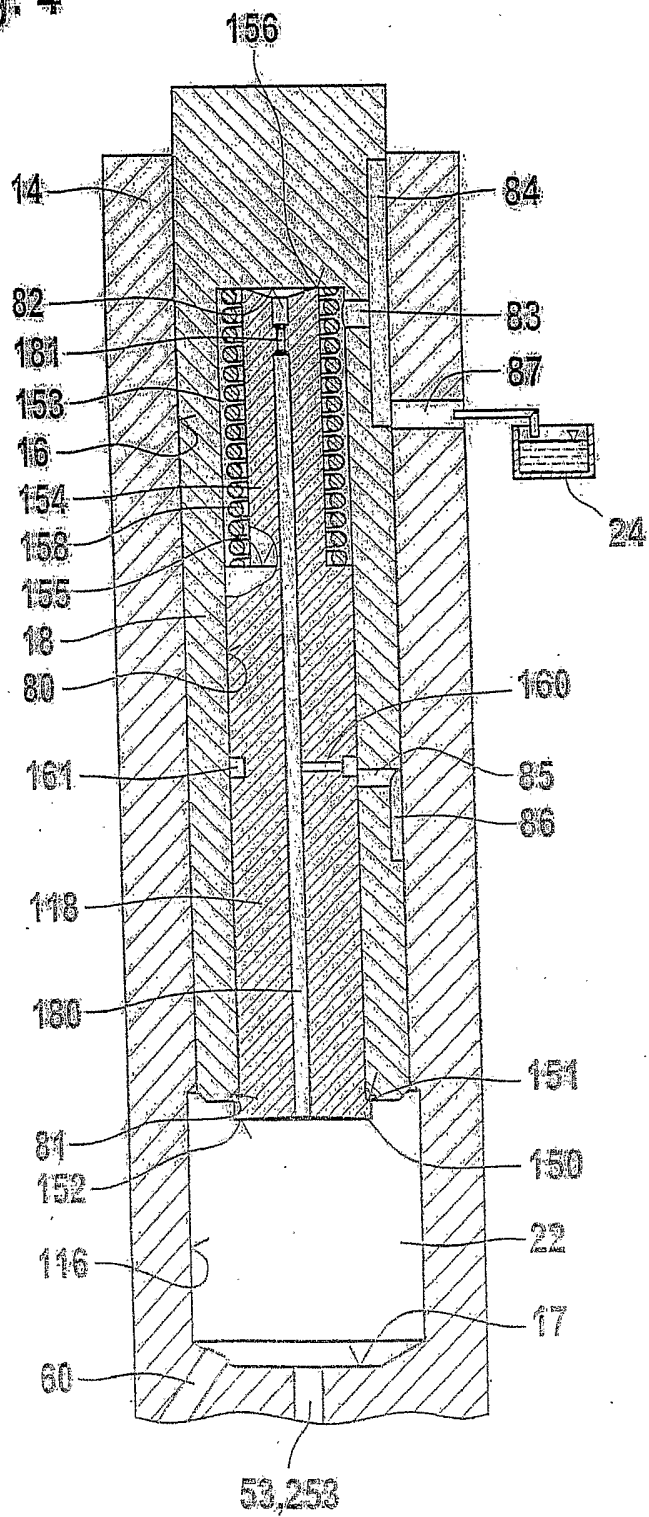


Fig. 6

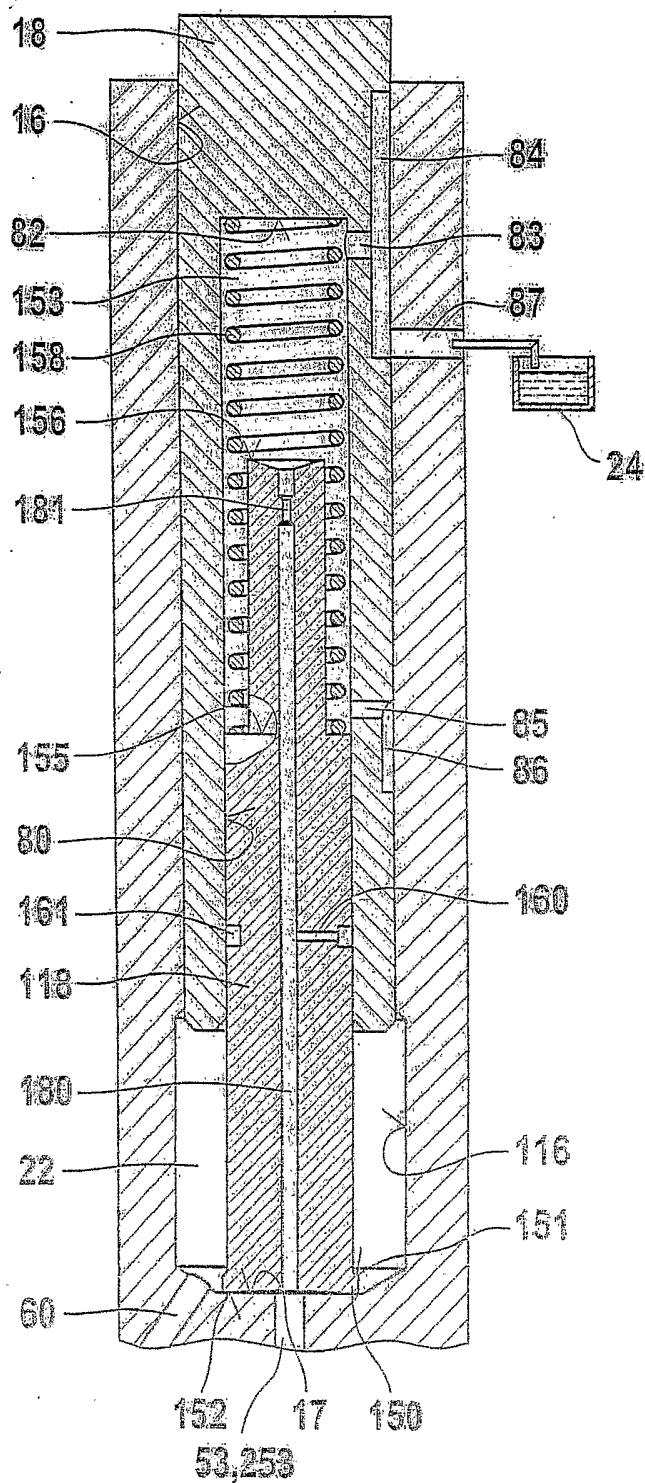


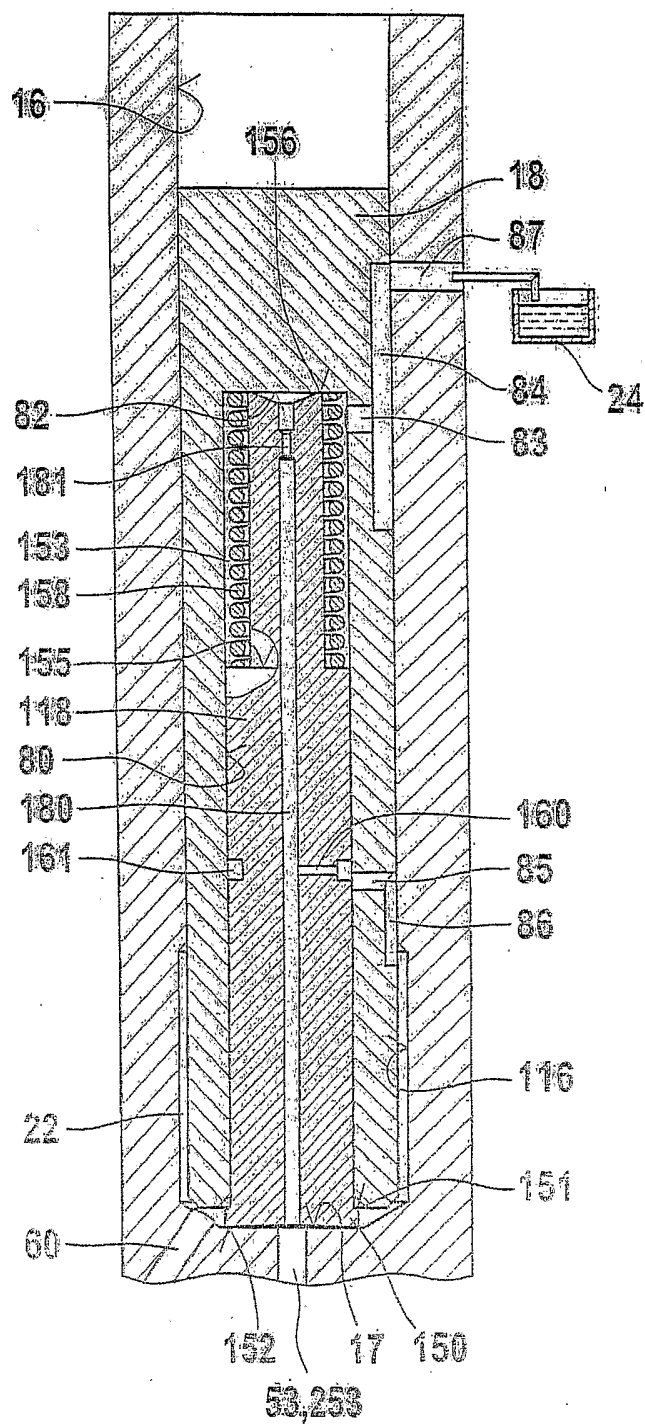
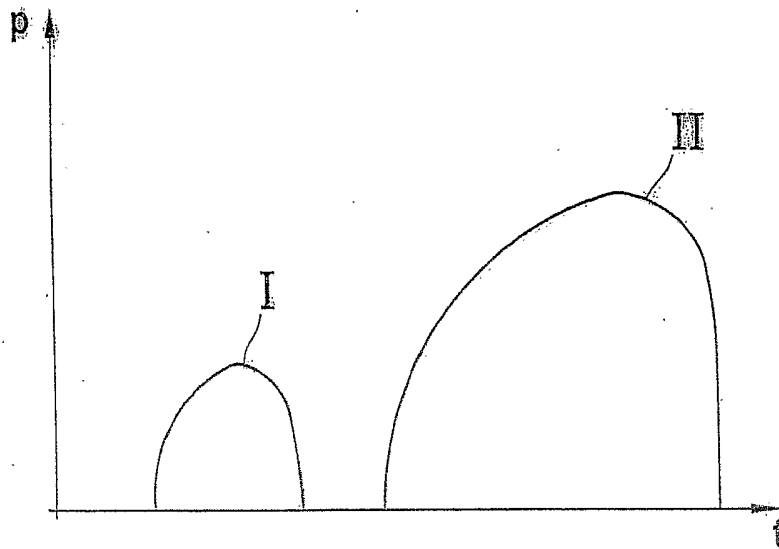
Fig. 7

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/00586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02M59/08 F02M61/10 F02M57/02 F02M61/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 987 431 A (LUCAS INDUSTRIES LTD) 22 March 2000 (2000-03-22) cited in the application paragraph '0008! - paragraph '0036!; figures 1,2 ---	1
A	US 5 566 660 A (CAMPLIN FRED A ET AL) 22 October 1996 (1996-10-22) column 2, line 28 -column 5, line 29; figures 1-3B ---	1
A	DE 100 58 153 A (BOSCH GMBH ROBERT) 6 June 2002 (2002-06-06) paragraph '0024! - paragraph '0044!; figures 1-3 -----	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 July 2003

Date of mailing of the international search report

24/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Godrie, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/00586

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0987431	A	22-03-2000	EP 0987431 A2	22-03-2000
			US 6267306 B1	31-07-2001
US 5566660	A	22-10-1996	NONE	
DE 10058153	A	06-06-2002	DE 10058153 A1	06-06-2002
			WO 0242631 A1	30-05-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02M59/08 F02M61/10 F02M57/02 F02M61/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 987 431 A (LUCAS INDUSTRIES LTD) 22. März 2000 (2000-03-22) in der Anmeldung erwähnt Absatz '0008! - Absatz '0036!; Abbildungen 1,2	1
A	US 5 566 660 A (CAMPLIN FRED A ET AL) 22. Oktober 1996 (1996-10-22) Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 5, Zeile 29; Abbildungen 1-3B	1
A	DE 100 58 153 A (BOSCH GMBH ROBERT) 6. Juni 2002 (2002-06-06) Absatz '0024! - Absatz '0044!; Abbildungen 1-3	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/07/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Godrie, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00586

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0987431	A	22-03-2000	EP US	0987431 A2 6267306 B1	22-03-2000 31-07-2001
US 5566660	A	22-10-1996	KEINE		
DE 10058153	A	06-06-2002	DE WO	10058153 A1 0242631 A1	06-06-2002 30-05-2002