



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 741 244 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.11.1996 Patentblatt 1996/45

(51) Int. Cl.⁶: **F02M 47/02**, F02M 45/04,
F02M 59/46

(21) Anmeldenummer: 96106549.7

(22) Anmeldetag: 25.04.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: 03.05.1995 DE 19516245
09.11.1995 DE 19541819

(71) Anmelder: Institut für Motorenbau,
Prof. Huber GmbH
81929 München (DE)

(72) Erfinder: Huber, Gerd, Dipl.-Ing.
81737 München (DE)

(74) Vertreter: Barske, Heiko, Dr. rer. nat.
Blumbach, Kramer & Partner
Patentanwälte
Radeckestrasse 43
81245 München (DE)

(54) Einspritzdüse

(57) Eine Einspritzdüse zur Verwendung in Common-Rail Systemen, enthält einen mit einem Aktuatorkolben (30) versehenen Düsenkörper (26), der im geschlossenen Zustand der Einspritzdüse an einem Sitz anliegt und stromoberhalb des Sitzes einen mit der Hochdruckleitung des Common-Rail Systems verbundenen Düsenraum (28) begrenzt, einen Arbeitsraum (32) des Aktuatorkolbens (30), welcher über eine Zulaufdrossel (34) mit der Hochdruckleitung verbunden ist, wobei die wirksame Fläche des Aktuatorkolbens (30) größer ist als die im Düsenraum wirksame Fläche des Düsenkörpers, eine vom Arbeitsraum durch eine Rücklauföffnung eines Rücklaufventils (36) führende Rücklaufleitung (14) und eine von einem elektrischen Signal angesteuerte Betätigungseinrichtung zur Betätigung des Ventiliedes des Rücklaufventils. Die Einspritzdüse ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung eine das Ventilielied (38) analog zu dem elektrischen Signal verstellende Einrichtung (40) ist, so daß das Rücklaufventil eine im Querschnitt variable Drossel der Rücklaufleitung (14) bildet. Mit der erfindungsgemäßen Einspritzdüse läßt sich der Einspritzverlauf optimal an die jeweiligen Betriebserfordernisse anpassen.

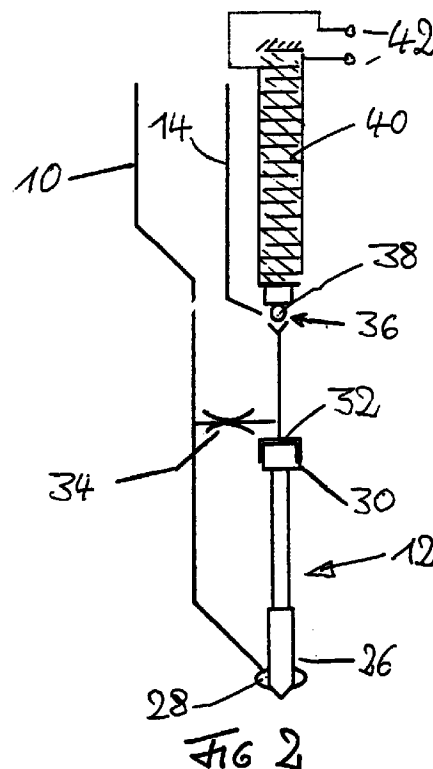


Fig 2

EP 0 741 244 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einspritzdüse zur Verwendung in Common-Rail Systemen gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Solche Common-Rail Einspritzsysteme für Dieselmotoren sind beispielsweise in den Fortschrittsberichten zum 15. Wiener Motorensymposium des VDI Verlags, Reihe 12 / Nr. 205 (1994), Seiten 36 bis 53 beschrieben. Unter dem Begriff "Common-Rail" werden Systeme zusammengefaßt, deren Ziel einerseits ist, den Einspritzdruck von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge unabhängig zu machen, und andererseits den mittleren Einspritzdruck zu steigern. Ein wesentliches Merkmal der Common-Rail Systeme (CR) liegt somit in der Entkopplung von Druckerzeugung und Einspritzung durch ein Speichervolumen, das sich aus dem Volumen einer mit den Einspritzdüsen eines Mehrzylinder Motors verbundenen gemeinsamen Hochdruckverteilingleitung (Common-Rail) sowie den Zuleitungen und den in der Düse selbst zur Verfügung stehenden Volumina zusammensetzt.

Der Einspritzvorgang wird beim Stand der Technik durch ein in die Einspritzdüse integriertes Elektromagnetventil gesteuert. Eine Direktsteuerung des Düsenkörpers bzw. der Düsennadel konnte bisher weder mit einem Magnetventil noch mit piezoelektrischen oder magnetostriktiven Aktuatoren realisiert werden.

Das als Magnetventil ausgebildete Rücklaufventil weist infolge seiner magnetischen Betätigung zwei definierte Stellungen auf, eine geschlossene und eine voll geöffnete Stellung. Damit die Einspritzdüse bei mittels des Magneten bewirkter Öffnung des Rücklaufventils nicht zu rasch öffnet, ist stromab des Rücklaufventils eine Rücklaufdrossel vorgesehen. Durch geeignete Abstimmung der Zulaufdrossel zur Rücklaufdrossel wird die zeitliche Charakteristik der Einspritzdüse festgelegt. Ein kleiner Querschnitt der Rücklaufdrossel bedeutet beim Öffnen des Rücklaufventils einen langsamen Druckabfall über den Arbeitskolben und damit eine gute Kleinstmengenfähigkeit der Einspritzdüse, was für eine Voreinspritzung vorteilhaft ist. Zugleich bedeutet ein kleiner Rücklaufquerschnitt jedoch einen großen minimalen Spritzabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einspritzungen, da zwischen der Öffnung des Rücklaufventils und dem Druckabfall über dem Aktuator Kolben eine verhältnismäßig lange Zeitdauer vergeht. Systeme mit kleinem Rücklaufdrosselquerschnitt eignen sich somit für eine Kleinstmengen voreinspritzung und eine weit abgesetzte Haupt- bzw. Nacheinspritzung.

Ein großer Rücklaufdrosselquerschnitt zieht wegen der raschen vollen Öffnung der Einspritzdüse eine schlechtere Kleinstmengenfähigkeit nach sich, bewirkt jedoch ein schnelleres Öffnen des Düsenkörpers bzw. der Düsennadel und ermöglicht somit kürzere Spritzabstände. Ein großer Rücklaufdrosseldurchmesser eignet sich somit für eine oder mehrere Haupteinspritzungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einspritzdüse zur Verwendung in Common-Rail Systemen zu schaffen, die sowohl ein gute Kleinstmengenfähigkeit für eine Voreinspritzung aufweist als auch eine rasche, auf die Voreinspritzung folgende Haupteinspritzung bzw. eine getaktete Haupteinspritzung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Dadurch, daß erfindungsgemäß das Ventilglied des Rücklaufventils analog geöffnet werden kann, kann das Rücklaufventil selbst einen variablen Rücklaufdrosselquerschnitt bilden, so daß die Einspritzdüse optimal an die jeweiligen Anforderungen anpaßbar ist. Insgesamt läßt sich mit der erfindungsgemäßen Einspritzdüse durch zweckentsprechende Ansteuerung des Rücklaufventils eine gute Kleinstmengenfähigkeit für eine einwandfreie Voreinspritzung sowie eine rasch darauf folgende, gegebenenfalls getaktet arbeitende Haupteinspritzung durchführen. Damit wird eine weiche Verbrennung mit geringen Rußwerten und geringen Stickoxidwerten bei gleichzeitig gutem Gesamtwirkungsgrad erzielt.

Vorteilhafterweise ist die Betätigungseinrichtung gemäß dem Anspruch 2 eine piezoelektrisch arbeitende Einrichtung. Dadurch, daß die Betätigungseinrichtung nicht unmittelbar den Düsenkörper, sondern das Rücklaufventil betätigt, reichen verhältnismäßig geringe Hübe aus, wie sie mit Piezoaktuatoren erzielt werden.

Der Anspruch 3 kennzeichnet eine vorteilhafte Ausbildungsform der Einspritzdüse, die besonders genau steuerbar ist.

Eine Eigenart der Ausführungsform gemäß Anspruch 4 liegt darin, daß das Ventilglied des beispielsweise als Flachventil ausgebildeten Rücklaufventils in dessen Schließstellung und damit bei geschlossener Einspritzdüse ständig gegen den hohen, im Arbeitsraum des Aktuator Kolbens wirksamen Systemdruck in Anlage am Ventilsitz gehalten werden muß.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 5 wird erreicht, daß das Ventilglied durch den von dem Arbeitsraum her wirkenden hohen Systemdruck selbst in Anlage am Ventilsitz gehalten wird, wodurch der Energieverbrauch vermindert und die Betriebssicherheit vergrößert wird. Bei einem Fehler in der Betätigungseinrichtung gelangt das Ventilglied somit bei Aufbau des Systemdrucks in zunehmend feste Anlage an den Sitz, wodurch das Einspritzventil zuverlässig geschlossen bleibt und kein Kraftstoff abgespritzt wird.

Die Ansprüche 6 und 7 kennzeichnen vorteilhafte Ausführungsformen des Ventils gemäß Anspruch 5.

Die Ansprüche 8 und 9 sind auf zwei vorteilhafte Verfahren unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse gerichtet. Dabei wird mit den Merkmalen des Anspruchs 8 erreicht, daß die Haupteinspritzung zeitlich kurz auf die Voreinspritzung folgen kann. Mit den Merkmalen des Anspruchs 9 wird erreicht, daß die Einspritzdüse außerordentlich rasch schließt, was für die Verbrennung vorteilhaft ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

Es stellen dar:

- Fig. 1 ein Gesamtschema eines Common-Rail Systems,
- Fig. 2 das Hydraulikschema einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse,
- Fig. 3 einen Schnitt durch den vorderen Abschnitt einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse,
- Fig. 4 Hub-, Druck- und Durchsatzverläufe einer Einspritzung unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse,
- Fig. 5 Hubverläufe zweier Steuerverfahren,
- Fig. 6 das Hydraulikschema einer abgeänderten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse,
- Fig. 7 ein Schema des Rücklaufventils gemäß Fig. 6 und
- Fig. 8 einen Schnitt durch den vorderen Abschnitt der Einspritzdüse gemäß Fig. 6.

Gemäß Fig. 1 ist ein Kraftstofftank 2 über ein Filter und eine Vorförderpumpe 4 mit einer Common-Rail (CR)-Hochdruckpumpe 6 verbunden. Von der CR-Hochdruckpumpe führt eine Leitung zu einer Verteilerleitung (Common-Rail) 8, die über Zuleitungen 10 mit den jedem Zylinder einer mehrzylindrischen Brennkraftmaschine zugeordneten Einspritzdüsen 12 verbunden ist.

Die Einspritzdüsen 12 sind über Rückleitungen 14 mit einer zum Tank 2 führenden Rücklaufleitung 16 verbunden.

Der Systemdruck wird mit Hilfe eines Begrenzungsventils 18 begrenzt und kann bis 2000 bar betragen.

Ein elektronisches Steuergerät 20 ist mit seinen Ausgängen mit der Hochdruckpumpe 6 sowie den Einspritzdüsen 12 verbunden. Die Eingänge 22 des Steuergeräts sind mit einem Drucksensor 24 der Verteilerleitung 8 sowie weiteren nicht dargestellten Sensoren verbunden, beispielsweise für die Stellung eines Fahrpedals, Fahrgeschwindigkeit, Temperaturen, Ladedruck, Luftmasse, Drehzahl usw..

Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Einspritzdüse mit dem zugehörigen Hydraulikschema.

Die Einspritzdüse 12 enthält einen Düsenkörper 26, der in einer Düsennadel endet, welche in geschlossenem Zustand der Einspritzdüse an einem Ventilsitz anliegt. Der Düsenkörper 26 durchragt einen Düsenraum 28, der mit der Zuleitung 10 verbunden ist.

Der Düsenkörper 26 ist mit einem Aktuatorkolben 30 verbunden, bzw. einteilig ausgebildet, welcher in einem Arbeitsraum 32 arbeitet, der über eine Zulaufdrossel 34 mit der Zuleitung 10 verbunden ist. Der Arbeitsraum 32 ist weiter über ein Rücklaufventil 36 mit der Rückleitung 14 verbunden.

Zur Betätigung des Rücklaufventils 36 ist dessen Ventiltglied 38 mit einer als Piezoaktuator 40 ausgebildeten Betätigungseinrichtung verbunden, die über ihre Anschlüsse 42 an das Steuergerät 20 angeschlossen ist.

Solche Piezoaktuatoren sind an sich bekannt und sind aufgebaut wie Kondensatoren, deren Dielektrikum aus piezoelektrischem Material, beispielsweise Blei-Zirkonat-Titanat-Keramik besteht. Moderne Aktuatoren arbeiten mit Feldstärken von bis zu 2000 V/mm und erreichen relative Längenänderungen von bis zu 1,5%. Im dargestellten Beispiel läßt sich mit einer Länge des Piezoaktuator 40 von etwa 100mm somit ein definierter Hub von über 0,1mm erzielen, was für eine analoge Veränderung des Öffnungsquerschnitts des Rücklaufventils 36 in Abhängigkeit von der an den Anschlüssen 42 liegenden Spannung vollständig ausreicht.

Alternativ könnte der Piezoaktuator 40 auch ein magnetostriktiver Aktuator sein, bei dem magnetostriktives Material innerhalb einer stromdurchflossenen Spule angeordnet ist.

Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch ein ausgeführtes Beispiel einer Einspritzdüse, wobei die Konstruktion der Düsennadel und deren Zusammenwirken mit dem Sitz an sich bekannt ist, beispielsweise wie im Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, Bosch, VDI Verlag 1991, auf Seite 509 beschrieben.

Wesentlich ist, daß die wirksame Fläche, mit der der Aktuatorkolben 30 im Arbeitsraum 32 beaufschlagt ist, größer ist als die wirksame Fläche, mit der der Düsenkörper 26 im Düsenraum 28 bzw. die Düsennadel stromoberhalb des Ventilsitzes beaufschlagt ist, so daß bei gleich großem Druck im Arbeitsraum 32 und Düsenraum 28 der Düsenkörper 26 in Schließstellung gedrängt ist.

Die Funktion der beschriebenen Anordnung ist folgende:

Wenn das Rücklaufventil 36 geschlossen ist, stellt sich im Arbeitsraum 32 und Düsenraum 28 der in der Zuleitung herrschende Druck ein, der den Düsenkörper 26 in Schließstellung drängt. Wird das Ventiltglied 38 durch Spannungsbeaufschlagung des Piezoaktuator 40 geöffnet, entweicht der Druck aus dem Arbeitsraum 32 bei genügend weiter Öffnung des Rücklaufventils 36 schneller als Kraftstoff durch die Zulaufdrossel 34 nachströmen kann, so daß bei Nachlassen des Druckes im Arbeitsraum 32 die Düse infolge des Druckes im Düsenraum 28 öffnet. Wird das Rücklaufventil 36 geschlossen, so stellt sich der hohe Druck im Arbeitsraum 32 wieder ein, so daß die Einspritzdüse schließt.

Das gesamte Druckniveau in der Zuleitung 10 kann je nach Betriebsbedingungen vom Drucksensor 24

erfaßt und, vom Steuergerät 20 durch Ansteuerung der Hochdruckpumpe 6 gesteuert, verändert werden.

Fig. 4 zeigt Meßprotokolle eines Ansteuerungsverfahrens, wobei zeigen:

- Kurve I den Hub h_v des Ventiliertes 38 (proportional zur Spannung an den Anschlüssen 20), wobei der kleinere Hub 0,03mm und der größere Hub 0,06mm beträgt,
- Kurve II den Hub h_n des Düsenkörpers 26 bzw. der Düsennadel,
- Kurve III den Druck p_i im Düsenraum 28,
- Kurve IV den Druck p_a im Arbeitsraum 32,
- Kurve V die Spritzrate SR , das heißt den aus der Einspritzdüse austretenden Volumenstrom an Kraftstoff und
- Kurve VI die integrierte Spritzmenge Q_e .

Im dargestellten Beispiel betrug der Durchmesser der Zulaufdrossel 34 0,30mm und der Bohrungsdurchmesser des Rücklaufventils 36 (Fig. 3) 0,7mm.

Wie aus den Kurven I und II deutlich ersichtlich, folgt die Öffnung der Einspritzdüse bzw. die Hubbewegung des Düsenkörpers 36 dem Kleinen Hub des Ventiliertes 38 des Rücklaufventils 36 mit großer Verzögerung, so daß ein weicher Voreinspritzbeginn gewährleistet ist. Das Ende der Voreinspritzung folgt unmittelbar dem Ende der Spannungsbeaufschlagung des Piezoaktuators 40 bzw. dem Schließen des Rücklaufventils 36. Somit ist eine ausgezeichnete Kleinstmengenfähigkeit gegeben, indem durch den kleinen Hub des Ventiliertes 38 das Rücklaufventil 36 wie eine kleine Rücklaufdrossel wirkt. Wird das Rücklaufventil 36 nun durch stärkere Spannungsbeaufschlagung des Aktuators 40 weiter geöffnet, so öffnet das Einspritzventil mit geringerer Verzögerung gegenüber der Öffnung des nunmehr als Drossel mit erheblich größerem Querschnitt wirkenden Rücklaufventils 36. Das Schließen des Einspritzventils und damit das Ende der Haupteinspritzung folgt dem Schließen des Rücklaufventils 36 jedoch nunmehr mit größerer Verzögerung, da sich im Arbeitsraum 32 erst wieder der volle Druck aufbauen muß, indem der Kraftstoff die Zulaufdrossel 34 durchströmt.

In Fig. 5 entsprechen die Kurven Ia und IIa den Kurven I und II der Fig. 4. Wie ersichtlich erfolgt die Haupteinspritzung hier getaktet, indem das Rücklaufventil 36 derart angesteuert wird, daß der Düsenkörper 26 immer, sobald er annähernd seinen vollen Hub erreicht hat, wieder schließt.

Die Kurven Ib, IIb und Ic, IIc zeigen einen Vergleich eines Taktes einer Haupteinspritzung, bei der das Rücklaufventil 36 einmal mit konstanter Amplitude geöffnet ist (Ib) und das andere Mal die Öffnungsamplitude des

Rücklaufventils 36 auf einen verminderten Wert eingestellt wird, so bald die Öffnung der Einspritzdüse begonnen hat bzw. sich der Düsenkörper 26 wesentlich von seinem Sitz abgehoben hat. Wie ersichtlich führt die Steuerung des Rücklaufventils 36 gemäß Ic zu einem rascheren Schließen der Einspritzdüse nach Schließen des Rücklaufventils 36, was im Hinblick auf den Brennverlauf vorteilhaft ist.

Fig. 6 zeigt das Hydraulikschema einer gegenüber Fig. 2 etwas abgeänderten Ausführungsform einer Einspritzdüse, wobei für funktional gleiche Teile gleiche Bezugszeichen verwendet werden. Der wesentliche Unterschied zur Fig. 2 liegt darin, daß im erstgenannten Beispiel das Ventiliertes 38 auf der strömungsabwärtigen Seite des Sitzes des Rücklaufventils 36 angeordnet ist und somit zum Schließen des Ventils gegen den hohen Systemdruck ständig in Schließstellung gedrängt werden muß, wohingegen bei der Ausführungsform gemäß Fig. 6 das Ventiliertes 38 in Strömungsrichtung vor dem Ventilsitz angeordnet ist.

Fig. 7 zeigt das Ventilschema des Rücklaufventils 36 gemäß Fig. 6.

Eine Ventilkammer 44 weist eine Anschlußöffnung zum Anschluß der Verbindungsleitung 35 und eine Rücklauföffnung 46 auf, über die die Ventilkammer 44 in einen Raum 48 übergeht, der an die Rückleitung 14 angeschlossen ist. Die Rücklauföffnung ist derart ausgebildet, daß ihr Rand einen Ventilsitz 50 für das als Kugel 38 ausgebildete Ventiliertes bildet. Die Kugel 38 wird von einer Feder 54 in Anlage an den Ventilsitz 50 gedrückt. Zur Betätigung der Kugel 38 ragt durch den Raum 48 und die Rücklauföffnung 46 hindurch ein mit dem Piezoaktor 40 verbundenes Betätigungsglied 56, das, wie in Fig. 4 dargestellt, in dem Raum 48 stromabwärts der Abzweigung der Rückleitung 14 unter Abdichtung geführt ist.

Fig. 8 zeigt einen Schnitt durch ein ausgeführtes Beispiel einer Einspritzdüse, wobei die Konstruktion der Düsennadel und deren Zusammenwirken mit dem Sitz an sich bekannt ist, beispielsweise wie im Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, Bosch, VDI Verlag 1991, auf Seite 509 beschrieben.

Eine in der Einspritzdüse 12 endendes Gehäusehülse 60 ist mit einem weiteren Gehäuseteil 62 verschraubt. In einer Bohrung des Gehäuseteils 62, in dem auch die Zuleitung 10 ausgebildet ist, ist der Piezoaktor 40 mit dem Betätigungsglied 56 aufgenommen, das mittels einer Dichtung 64 gegen den Piezoaktor 40 abgedichtet ist und mittels eines Flansches gegen eine Feder 66 arbeitet.

Die Gehäusehülse 60 und das Gehäuseteil 62 spannen zwischen sich zwei weitere Gehäusekörper 68 und 70. In dem Gehäusekörper 68 arbeitet der Aktuatorkolben 30. In dem Gehäusekörper 70 ist die Zulaufdrossel 34 ausgebildet. Weiter weist der Gehäusekörper 70 eine mehrfach abgestufte Durchgangsbohrung auf, die die Verbindungsleitung 35, die Ventilkammer 44, die Rücklauföffnung 46 (Fig. 7) mit dem Ventilsitz 50 und den Raum 48 (Fig. 7) bildet, von

dem die Rückleitung 14 abgeht. Das Betätigungsglied 56 durchragt den im oberen Ende der Durchgangsbohrung des Gehäusekörpers 70 ausgebildeten Raum 48 mit einem im Durchmesser kleiner ausgebildeten oder an seiner Außenfläche mit Nuten versehenen Ansatz 72, der durch die Rücklauföffnung hindurch die Kugel 38 betätigt. Die Rückleitung 14 zweigt von einem Ringraum ab, der durch eine erweiterte Bohrungsstufe am gemäß Fig. 8 oberen Ende der Durchgangsbohrung des Gehäusekörpers 70 gebildet ist.

Die Funktion der beschriebenen Anordnung ist folgende:

Im unbestromten Zustand des Piezoaktors 40 ragt das Betätigungsglied 56 so weit in die Rücklauföffnung 46 ein, daß es mit der von der Feder 54 in Anlage an den Ventilsitz 50 gedrängten Kugel 52 nicht in Eingriff ist. Wenn sich in der Zuleitung 10 der Systemdruck aufbaut, wird die Kugel 52 von dem Systemdruck zusätzlich in Anlage an den Ventilsitz 50 gedrängt, sodaß das Rücklaufventil 36 zuverlässig geschlossen und damit auch das gesamte Einspritzventil zuverlässig geschlossen ist.

Bei Bestromung bzw. elektrischer Ansteuerung des Piezoaktors 40 wird die Kugel 52 mittels des Betätigungsgliedes 56 gegen den Systemdruck und die Federkraft vom Ventilsitz 50 abgehoben, woraufhin der Druck in dem Arbeitsraum absinkt und das Einspritzventil Kraftstoff abspritzt. Dieser Abspritzvorgang kann, wie in der Hauptanmeldung im Detail beschrieben, genau gesteuert werden. An die Dichtung 64 (Fig. 4), die Führung des Betätigungsgliedes 56 gegenüber dem Raum 48 abdichtet, sind keine hohen Anforderungen gestellt, da diese Dichtung in keinem Zustand mit dem hohen Systemdruck beaufschlagt wird.

Es versteht sich, daß das anhand der Fig. 4 und 5 beschriebene Verfahren mit der Ausführungsform des Einspritzventils gemäß Fig. 6 besonders vorteilhaft durchführbar ist.

Patentansprüche

1. Einspritzdüse zur Verwendung in Common-Rail Systemen, mit

einem mit einem Aktuatorkolben (30) versehenen Düsenkörper (26), der im geschlossenen Zustand der Einspritzdüse an einem Sitz anliegt und stromoberhalb des Sitzes einen mit der Hochdruckleitung des Common-Rail Systems verbundenen Düsenraum (28) begrenzt, einem Arbeitsraum (32) des Aktuatorkolbens (30), welcher über eine Zulaufdrossel (34) mit der Hochdruckleitung verbunden ist, wobei die wirksame Fläche des Aktuatorkolbens (30) größer ist als die im Düsenraum wirkende Fläche des Düsenkörpers,

einer vom Arbeitsraum durch eine Rücklauföffnung eines Rücklaufventils (36) führende Rücklaufleitung (14) und

einer von einem elektrischen Signal angesteuerten Betätigungseinrichtung zur Betätigung des Ventiliertes des Rücklaufventils,

dadurch **gekennzeichnet**, daß

die Betätigungseinrichtung eine das Ventiliertes (38) des Rücklaufventils (36) analog zu dem elektrischen Signal verstellende Einrichtung (40) ist, so daß das Rücklaufventil eine im Querschnitt variable Drossel der Rücklaufleitung (14) bildet.

2. Einspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Betätigungseinrichtung eine piezoelektrisch arbeitende Einrichtung (40) ist.

3. Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der wirksame Öffnungsquerschnitt des Rücklaufventils (36) sich zumindest zu Beginn der Ventilöffnung annähernd proportional zum Hub des Ventiliertes (38) verändert.

4. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß

das Ventiliertes (38) des Rücklaufventils (36) auf der der Rücklaufleitung (14) zugewandten Seite einer durch das Ventiliertes verschließbaren Öffnung des Rücklaufventils angeordnet ist.

5. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß

das Ventiliertes (38) in einer Ventilkammer (44) des Rücklaufventils (36) angeordnet ist, die über eine Verbindungsleitung (35) an den Arbeitsraum (32) und durch eine Rücklauföffnung (46) hindurch an die Rücklaufleitung (14) angeschlossen ist,

ein von der Betätigungseinrichtung (40) betätigtes Betätigungsglied (56) für das Ventiliertes (38) durch die Rücklauföffnung (46) hindurchragt, und

ein mit dem Ventiliertes (38) zusammenwirkender Ventilsitz (50) derart ausgebildet ist, daß das Ventiliertes bei Anlage am Ventilsitz die Verbindung von der Ventilkammer (44) zur Rücklaufleitung (14) schließt.

6. Einspritzdüse nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß

das Ventilglied (38) im Ruhezustand eines Piezoaktuators (40) der Betätigungseinrichtung am Ventilsitz (50) anliegt.

7. Einspritzdüse nach Anspruch 5 oder 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Ventilglied (38) als Kugel ausgebildet ist. 5

8. Verfahren zum Steuern einer mehrphasigen Einspritzung eines direkt einspritzenden Dieselmotors unter Verwendung einer Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß 10

das elektrische Signal für die Betätigungseinrichtung (40) des Rücklaufventils (36) für eine Voreinspritzung mit geringer Einspritzmenge auf einem niedrigen Wert gehalten wird und nach Abschalten zum Schließen der Einspritzdüse für eine anschließende Haupteinspritzung mit größerer Einspritzmenge auf einem höheren Wert gehalten wird. 15 20

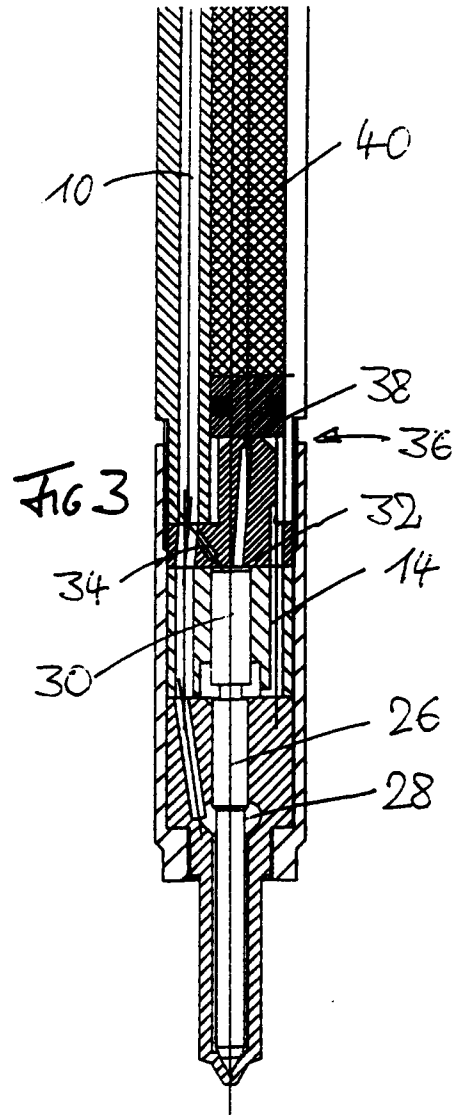
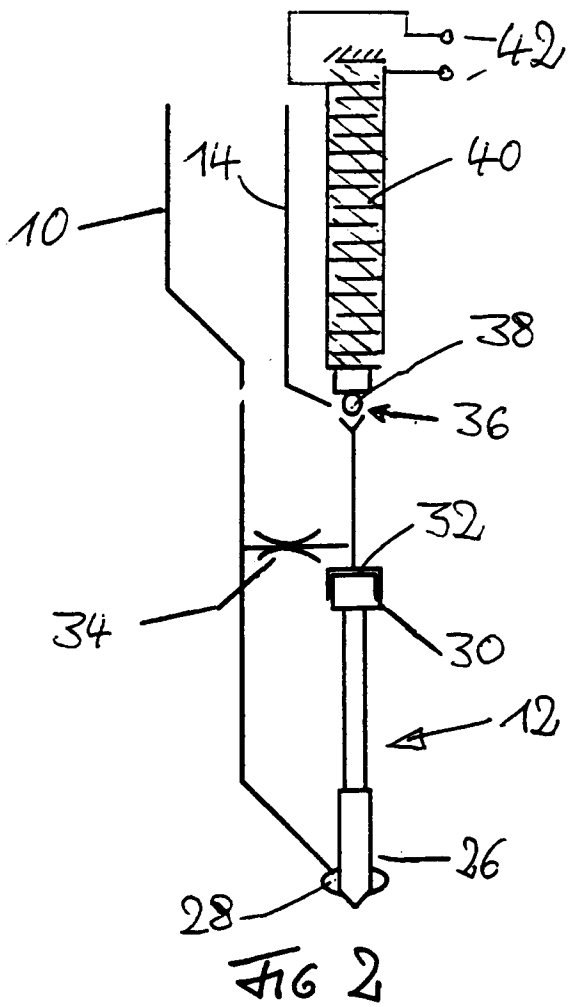
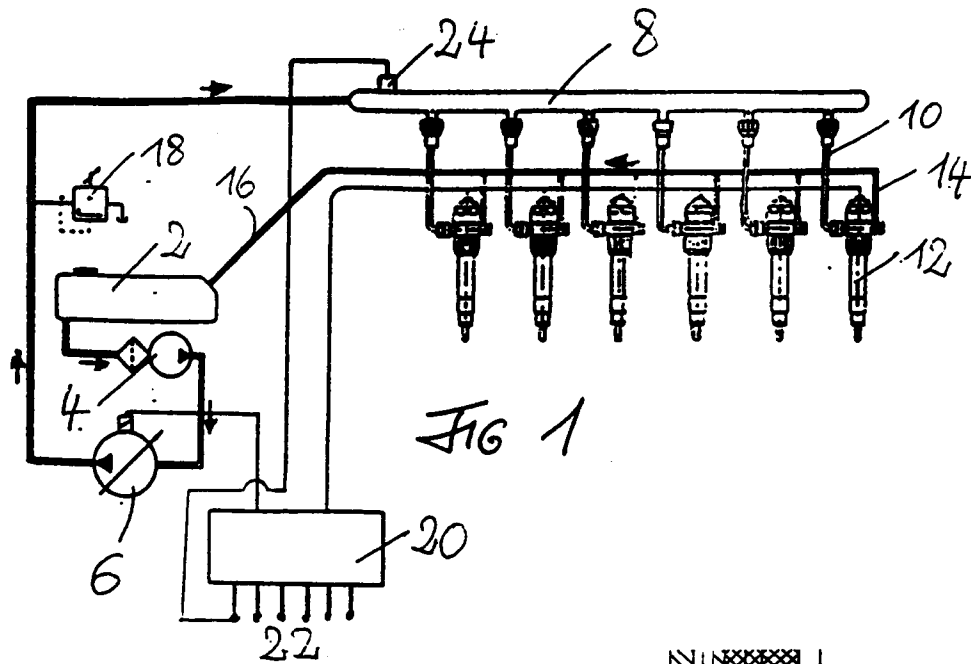
9. Verfahren zum Steuern einer mehrphasigen Einspritzung eines direkt einspritzenden Dieselmotors unter Verwendung einer Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß 25

das elektrische Signal für die Betätigungseinrichtung (40) des Rücklaufventils (36) während einer ersten Zeitdauer für eine Öffnung der Einspritzdüse auf einem hohen Wert gehalten wird, und anschließend bei offener Einspritzdüse auf einem hohen Wert gehalten wird, und anschließend bei offener Einspritzdüse zur Vorbereitung eines rascheren Schließens der Einspritzdüse auf einem niedrigeren Wert erhalten wird. 30 35 40

45

50

55



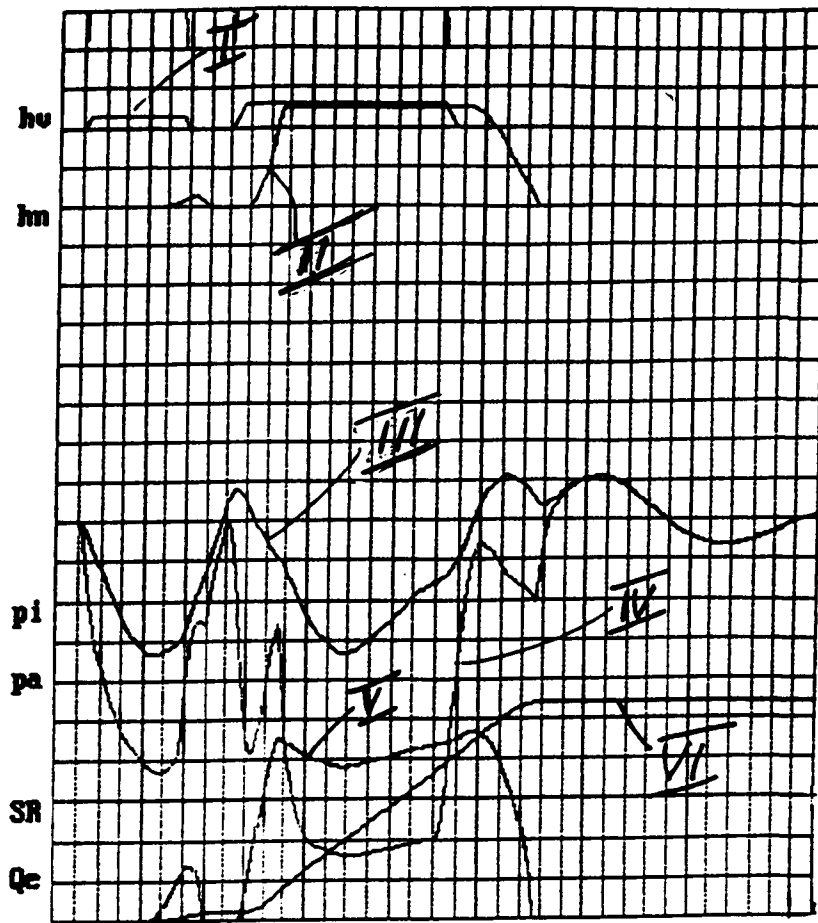


FIG 4

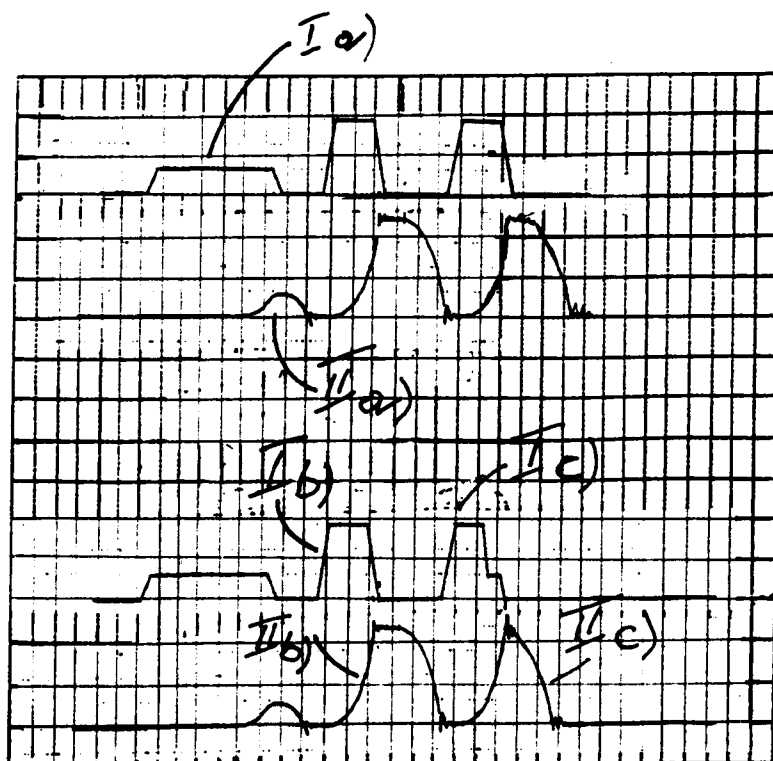


FIG 5

