



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 668 621 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 02 M 45/00
F 02 M 51/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 237/86

②② Anmeldungsdatum: 22.01.1986

②④ Patent erteilt: 13.01.1989

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.01.1989

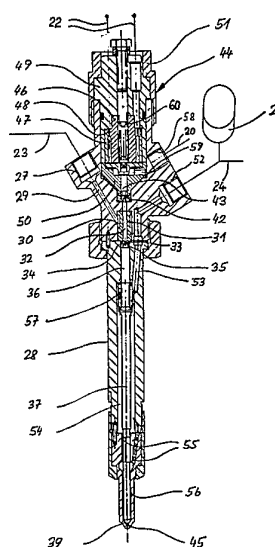
⑦③ Inhaber:
Dereco Dieselmotoren Forschungs- und
Entwicklungs-AG, Arbon
Iveco Fiat S.p.A., Torino (IT)

⑦② Erfinder:
Amann, Gernot, Hohenems (AT)
Mathis, Christian, Dipl.-Ing, Arbon

⑦④ Vertreter:
Jean Hunziker, Zürich

⑤④ Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine.

⑤⑦ Den elektrisch betätigten Einspritzelementen für jeden Zylinder ist ein gemeinsamer, durch eine kontinuierlich fördernde Kraftstoffpumpe über ein Ventil in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Last beaufschlagter Druckspeicher vorgelagert. Dieser ist über einen Ringraum (30) und eine Drossel (31) mit einem Kanal (32) in jedem Einspritzelement dauernd verbunden. Jedes Einspritzelement besitzt ein für jeden Einspritzvorgang betätigbares Magnetventil (44), das bei seiner Betätigung den genannten Kanal (32) mit einer Kraftstoffrücklaufleitung (20) verbindet und dadurch eine die Einspritzöffnung (45) verschliessende Düsennadel (37) entlastet und den Austritt von Kraftstoff aus einem der Einspritzöffnung (45) unmittelbar vorgelagerten Druckraum (54) freigibt. Der Kanal (32) ist über eine ein Rückschlagventil (34) überbrückende Drosselbohrung (33) ständig mit einem die Düsennadelbewegung steuernden Steuerraum (35) verbunden. Der Druckraum (54) ist mit einem zweiten, dem betreffenden Einspritzelement zugeordneten und nahe diesem angeordneten Druckraum (26) und über diesen mit dem gemeinsamen Druckspeicher verbunden. Durch die Grösse der Drosselbohrung (33) und die Aufteilung des Speichervolumens in zwei Druckräume kann der Einspritzverlauf beeinflusst werden. Insbesondere ist es möglich, den Anstieg der Einspritzrate in der Anfangsphase der Einspritzung zu verzögern und dadurch das Verbrennungsgeräusch und die Schadstoffemissionen zu verringern.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für einen Dieselmotor, mit elektrisch betätigten Einspritzelementen (2) für jeden Zylinder, und einem den Einspritzelementen (2) vorgelagerten, gemeinsamen, durch eine kontinuierlich fördernde Kraftstoffpumpe (6) über ein Ventil in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Last beaufschlagten Druckspeicher (9), welcher über einen Ringraum (30), und eine Drossel (31) mit einem Kanal (32) in jedem Einspritzelement (2) dauernd verbunden ist, wobei jedes Einspritzelement (2) ein für jeden Einspritzvorgang betätigbares Magnetventil (44) aufweist, das bei seiner Betätigung den genannten Kanal (32) mit einer Kraftstoffrücklaufleitung (20) verbindet und dadurch eine die Einspritzöffnung (45) verschliessende Düsennadel (37) entlastet und den Austritt von Kraftstoff aus einem der Einspritzöffnung (45) unmittelbar vorgelagerten Druckraum (54) freigibt, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Kanal (32) über eine ein Rückschlagventil (34, 38) überbrückende Drosselbohrung (33) ständig mit einem die Düsennadelbewegung steuernden Steuerraum (35) verbunden ist, und dass der genannte Druckraum (54) mit einem zweiten, dem betreffenden Einspritzelement (2) zugeordneten, und in dessen Bereich liegenden Druckraum (26) und über diesen mit dem gemeinsamen Druckspeicher (9) verbunden ist.

2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte zweite Druckraum (26) in einem Druckbehälter gebildet ist, welcher in einer Kraftstoffzuleitung (24) zwischen dem gemeinsamen Druckspeicher (9) und dem betreffenden Einspritzelement (2) angeordnet ist.

3. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte zweite Druckraum (26) durch eine entsprechende Dimensionierung einer Kraftstoffzuleitung (24) zwischen dem gemeinsamen Druckspeicher (9) und dem betreffenden Einspritzelement (2) gebildet ist.

4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in eine Kraftstoffzuleitung (23 oder 24) zwischen dem gemeinsamen Druckspeicher (9) und den Einspritzelementen (2) eine Drossel (25) angeordnet ist.

5. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil des Rückschlagventils (34, 38), welcher die dieses überbrückende Drosselbohrung (33) aufweist, eine leicht auswechselbare Scheibe (34) ist.

6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilkörper (43) des Magnetventils (44) als Anker ausgebildet ist und in einem Ankerführungs- teil (50) gleitet, wobei Ventilkörper (43) und Ankerführungs- teil (50) durch ihre Länge den Ankerhub bestimmen und auswechselbar sind.

7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetventil (44) Magnetkernteile (46, 47) aufweist, die zwischen sich einen Spalt (48) einschliessen.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzanlage nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei einer aus der DE-OS 32 27 742 bekannten solchen Kraftstoffeinspritzanlage ist der mit dem Druckspeicher dauernd verbundene Ringraum, in welchen der Kraftstoff in das jeweilige Einspritzelement eintritt, über eine Drossel ständig mit dem Speicherraum unmittelbar hinter der absperrbaren Einspritzöffnung verbunden.

Wenn bei stromlosem Magnetventil die Düsennadel die Einspritzöffnung abschliesst wird im gesamten Innenraum

des Einspritzelementes zwischen dem Sitz der Düsennadel und dem Ventilkörper des Magnetventils der eingestellte Kraftstoffdruck voll aufgebaut und presst zusammen mit einer Feder die Düsennadel gegen ihren Sitz. Bei Betätigung des Magnetventils gibt der Ventilkörper den Abfluss von Kraftstoff aus dem erwähnten Ringraum über Drosseln in eine Rücklaufleitung zum Kraftstofftank frei. Der volle, vom Speicherraum her auf den Kolben der Düsennadel wirkende Druck kann nun diese entgegen der Wirkung ihrer Feder und des abgefallenen Druckes auf der Gegenseite des Düsennadelkolbens vom Sitz abheben. Der vorher unter hohem Druck im Speicherraum komprimierte Kraftstoff entspannt sich und tritt aus der Einspritzöffnung.

Die Einspritzrate steigt dadurch sehr steil an, erreicht bereits unmittelbar nach Öffnung der Einspritzdüse ihr Maximum und fällt dann langsam ab, da der in den Speicherraum nachströmende Kraftstoff den Druckabfall nicht kompensieren kann. Sobald das Magnetventil wieder stromlos wird, baut sich der Druck oberhalb des Düsennadelkolbens wieder auf und presst, unterstützt von der Feder, die Düsennadel in ihre die Einspritzöffnung verschliessende Stellung, worauf sich dann auch im Speicherraum erneut der volle Kraftstoffdruck wieder aufbaut.

Mit dieser bekannten Kraftstoffeinspritzanlage wird eine gute Genauigkeit des Einspritzzeitpunktes und der Einspritzmenge, sowie ein sparsamer Kraftstoffverbrauch erreicht, der Einspritzverlauf jeder Einzelspritzung aber hat ein vergleichsweise starkes Verbrennungsgeräusch zur Folge und ist auch bezüglich der Schadstoffemissionen, insbesondere des Stickoxydausstosses ungünstig. Eine Verminderung dieser Nachteile ist bei dieser bekannten Anlage kaum möglich.

Mit der Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, unter Beibehaltung der Vorteile der bekannten Anlage diese bezüglich Lärm- und Schadstoffemission zu verbessern.

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

Durch die Anordnung eines von einer Drosselbohrung überbrückten Rückschlagventils und durch die Aufteilung des Speichervolumens jedes Einspritzelementes auf zwei Druckräume, die durch eine Leitung bestimmter Länge verbunden sind, kann der Einspritzverlauf den Erfordernissen eines spezifischen Motors optimal angepasst werden. Der der Einspritzöffnung unmittelbar vorgelagerte Druckraum kann kleiner gewählt werden, als bei der vorgenannten bekannten Konstruktion, wodurch in der Anfangsphase der Einspritzung der Druck vor der Einspritzöffnung zunächst vergleichsweise schneller abfällt. Zusammen mit der gesteuert verzögerten Öffnungsbewegung der Düsennadel ist es also möglich, einen sich vergleichsweise langsam steigenden Kraftstoffdurchfluss durch die Düse zu Beginn des Einspritzvorganges zu bewirken. Auf diese Weise wird durch die anfänglich geringe Einspritzrate die während der Zündverzugszeit eingespritzte Kraftstoffmenge reduziert, was eine geringere Lärmerzeugung und geringere Stickoxydemissionen zur Folge hat. Über einen höheren Druck kann ausserdem bei gleicher oder kürzerer Einspritzdauer auch der Wirkungsgrad vergleichsweise noch verbessert werden.

Um aber trotz dieser Reduktion der Einspritzrate zu Beginn des Einspritzvorganges in der gegebenen Einspritzdauer die gleiche Kraftstoffmenge einzuspritzen, wie dies ohne solche Verzögerung der Fall wäre, müssen besondere Massnahmen getroffen werden, um gegen Ende des Einspritzvorganges die Einspritzrate zu erhöhen. Bei der erfindungsgemässen Anlage wird dies durch die Aufteilung des Speichervolumens in zwei Druckräume und deren direkte Verbindung mit dem gemeinsamen Druckspeicher erreicht.

Der genannte zweite Druckraum jedes Einspritzelementes kann durch einen Druckbehälter gebildet sein, der im Nahbereich des Einspritzelementes in eine Kraftstoffzuleitung zwischen dem gemeinsamen Druckspeicher und dem betreffenden Einspritzelement angeordnet ist, er könnte aber auch durch eine entsprechende Dimensionierung eines Streckenabschnitts der Kraftstoffzuleitung gebildet sein.

Durch Anordnung einer Drossel in eine Kraftstoffzuleitung zwischen dem gemeinsamen Druckspeicher und den einzelnen Einspritzelementen kann eine weitere Verbesserung erzielt werden, indem dadurch Druckschwankungen in den zweiten Druckräumen vermindert werden.

Gemäss einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Teil des Rückschlagventils, in welchem die letzteres überbrückende Drosselbohrung gebildet ist, eine leicht auswechselbare Scheibe. Dadurch wird es möglich, durch Einsatz oder Ersatz einer solchen Scheibe durch eine solche mit einer grösseren oder kleineren Drosselbohrung eine stärkere oder schwächere Verzögerung der Einspritzrate in der Anfangsphase der Einspritzung zu erzielen und dadurch den Einspritzverlauf eines bestimmten Motors zu optimieren und/oder den Einspritzverlauf der einzelnen Einspritzelemente eines Motors aufeinander abzustimmen.

Die von den Einspritzelementen solcher Einspritzanlagen im Betrieb geforderten kurzen und sehr präzisen Einschaltzeiten erfordern vom Magnetventil extrem kurze, sowie kleine und genau einstellbare Schaltwege.

Dies wird mit einer Weiterbildung der Erfindung dadurch erreicht, dass der Ventilkörper des Magnetventils als Anker ausgebildet ist und in einem Ankerführungsteil gleitet und dass Ventilkörper und Ankerführungsteil auswechselbar sind. Durch diese Ausbildung wird es auf einfachste Weise, nämlich durch geeignete Wahl der Länge nur dieser beiden auswechselbaren Teile möglich den Schaltweg zu optimieren und Toleranzen zwischen den Magnetventilen der Einspritzelemente eines Motors zu reduzieren.

Vorzugsweise ist hierbei die Anordnung so getroffen, dass das Magnetventil Magnetkernteile aufweist, die zwischen sich einen Spalt einschliessen. Dadurch können die Schaltzeiten des Magnetventils im Sinne einer Verkürzung der Verzugszeit weiter verbessert werden, weil der Spalt auch bei angezogenem Magnetanker eine gänzliche magnetische Sättigung des Kerns und damit eine unerwünschte Magnetrakterhöhung verhindert.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Schema einer Kraftstoffeinspritzanlage in einem hochtourigen, mehrzylindrigen Dieselmotor,

Fig. 2 ein einzelnes Einspritzelement im Axialschnitt,

Fig. 3 in vergrössertem Massstab ein Detail aus Fig. 2, und die

Fig. 4 grafische Darstellungen verschiedener Einspritz- und 5 Verläufe.

In Fig. 1 bezeichnet 1 allgemein einen mehrzylindrigen Dieselmotor, dessen jedem Zylinder zugeordnete Einspritzelemente 2 aus einem Kraftstofftank 3 mit Kraftstoff versorgt werden. Der Kraftstoff wird durch eine von der Motorwelle 4 über ein Getriebe 5 angetriebene Hochdruckpumpe 6 mit Ansaugleitung 7 über einen Filter 11 aus dem Tank 3 abgesogen und über eine Druckleitung 8 in einen Druckspeicher 9 sowie in eine Zuleitung 10 zu den Einspritzelementen 2 gefördert. In die Ansaugleitung 7 ist im dargestellten Beispiel ein Regelventil 12 geschaltet. Dieses ist über eine elektrische Steuerleitung 13 mit einem Ausgang eines elektronischen Steuergerätes 14 verbunden, das von einer Batterie 15 gespeist ist. Das Steuergerät 14 verarbeitet neben anderen Informationen solche, die ihm über eine elektrische

Leitung 16 von einem Positions- und Drehzahlgeber 17 sowie, über eine elektrische Leitung 18, von einem Drucksensor 19 zufließen, der hier in die Zuleitung zu den Einspritzelementen 2 geschaltet ist. Mit diesen Informationen steuert das Steuergerät 14 in Abhängigkeit der Motordrehzahl, der Last und anderen Parameter das Regelventil 12 und über den damit veränderbaren volumetrischen Wirkungsgrad der Hochdruckpumpe 6 den im Druckspeicher 9 und in der Zuleitung 10 herrschenden Kraftstoffdruck. Der in den Einspritzelementen 2 anfallende überschüssige Kraftstoff wird in einer Rücklaufleitung 20 gesammelt und in den Tank 3 zurückgeführt. Zwischen die Druckleitung 8 und die Rücklaufleitung 20 ist ein Sicherheitsventil 21 geschaltet, das erst bei einem unter Normalbetriebsbedingungen nicht auftretenden Druck öffnet und dadurch den maximalen Druck im System auf einem einstellbaren Wert begrenzt.

An die Stelle des hier nur als Sicherheits-Überdruckventil beschriebenen Ventils 21 könnte gemäss einer Variante ein Regelventil treten, das entsprechend dem Regelventil 12 vom Steuergerät 14 gesteuert den im Druckspeicher 9 und in der Zuleitung 10 herrschenden Kraftstoffdruck einstellt. Bei einer solchen Ausführung könnte das Regelventil 12 entfallen.

Die einzelnen Einspritzelemente werden, über elektrische Leitungen 22, ebenfalls vom Steuergerät 14 angesteuert, das Form und Dauer des jeweiligen elektrischen Signals aufgrund der Signale vom Positions- und Drehzahlgeber 17 und anderer Informationen bildet.

Bei der dargestellten Ausführung weist jedes Einspritzelement zwei Kraftstoffzuleitungen 23 bzw. 24 auf. In die Zuleitung 24, in welcher sich auch der Drucksensor 19 befindet, ist eine Drossel 25 sowie je ein Druckbehälter 26 für jedes Einspritzelement 2 eingeschaltet ist.

In den Fig. 2 und 3 ist ein einzelnes Einspritzelement 2 im Detail im Schnitt dargestellt. Die Zuleitung 23 ist bei 27 an das mehrteilige Gehäuse 28 des Einspritzelementes 2 angeschlossen und über einen Kanal 29 mit einem Ringraum 30 verbunden. Wie Fig. 3 deutlicher zeigt steht der Ringraum 30 über eine radiale Drosselbohrung 31 mit einem Kanal 32 in Verbindung, der, in Richtung gegen das Einspritzende des Einspritzelementes 2, über eine in einer auswechselbaren Scheibe 34 gebildete Drosselbohrung 33 ständig mit einem Steuerraum 35 in Verbindung steht. Der Steuerraum 35 wird in Richtung zum Einspritzende des Einspritzelementes 2 durch den Kolben 36 einer Düsenadel 37 dichtend abgeschlossen. Zwischen der die Drosselbohrung 33 aufweisenden im Steuerraum 35 axial gleitbaren Scheibe 34 und dem Kolben 36 ist eine schwache Druckfeder 38 (Fig. 3) angeordnet, welche bestrebt ist, einerseits die Düsenadel 37 in ihrer Schliessstellung zu halten, in welcher sie gegen ihren Sitz 39 im Gehäuse anliegt und dadurch die durch eine oder mehrere Einspritzdüsen gebildete Einspritzöffnung 45 verschliesst, und andererseits die durch die Anordnung von Überstromöffnungen 40 als Rückschlagventil wirkende Scheibe 34 gegen eine Ringschulter 41 im Gehäuse 28 zu pressen und dabei die Überstromöffnungen 40 geschlossen zu halten. Sobald der Druck im Kanal 32 denjenigen im Steuerraum 35 übersteigt wird aber die Scheibe 34 entgegen der Wirkung der Feder 38 von ihrem Sitz an der Ringschulter 41 abgehoben und die Überstromquerschnitte 40, die den Querschnitt der Drosselbohrung 33 mehrfach übersteigen, werden freigegeben.

In axialer Richtung vom Einspritzende des Einspritzelementes 2 weg mündet der Kanal 32 in eine Drosselbohrung 42. In der Ruhelage des Einspritzelementes 2 ist die Drosselbohrung 42 durch den durch eine Druckfeder 60 beaufschlagten Ventilkörper 43 eines allgemein mit 44 bezeichneten Elektromagnetventils verschlossen. Das Magnetventil 44 umfasst einen Kernhalter 49 sowie Magnetkernteile 46 und 47 die zwischen sich einen Spalt 48 einschliessen. Der durch

den Ventilkörper 43 gebildete Anker gleitet in einem Ankerführungsteil 50. Die Magnetkernteile 46 und 47 weisen ebenso wie der Kernhalter 49 eine gemeinsam sorgfältig plan bearbeitete Stirnfläche auf. Ausserdem sind, wie ersichtlich, der Ventilkörper 43 und der Ankerführungsteil 50 nach Abschrauben einer das Einspritzelement 2 verschliessenden Kappe 51 leicht auswechselbar. Die von solchen Einspritzelementen 2 im Betrieb geforderten kurzen und sehr präzisen Einschaltzeiten erfordern vom Magnetventil 44 extrem kurze, sowie kleine und genau einstellbare Schaltwege, die ausserdem für alle Einspritzelemente 2 eines gleichen Motors gleichförmig sein sollen. Die dargestellte Ausführung zeigt eine besonders zweckmässige Lösung die diese Anforderung erfüllt. Die Anordnung der Magnetkernteile 46, 47 in einem Kernhalter 49 und des als Anker wirkenden Ventilkörpers 43 im Ankerführungsteil 50 erlaubt es auf einfachste Weise, nämlich durch geeignete Wahl der Länge nur dieser beiden zudem leicht auswechselbaren Teile 43 und 50, den Schaltweg zu optimieren und Toleranzen zwischen den Magnetventilen der Einspritzelemente 2 des gleichen Motors zu reduzieren. Die Schaltzeiten des Magnetventils können weiter durch den Spalt 48 zwischen den Kernteilen 46 und 47 verbessert werden. Die Verzugszeit zwischen dem Abschalten des Magnetstromes und der Bewegung des Ventilkörpers 43 wird erheblich verkürzt, weil der Spalt 48 auch bei angezogenem Anker eine gänzliche magnetische Sättigung des Kerns 46, 47 und damit eine unerwünschte Magnetkraftherhöhung verhindert. In der beschriebenen Ausführung lässt sich das Spaltmass im weiteren besonders genau fertigen. Weil die den Spalt 48 begrenzenden Teile keine Bewegung ausführen, ist ausserdem auch nicht mit Verschleiss zu rechnen, sodass das Spiel über die Lebensdauer des jeweiligen Einspritzelementes konstant bleibt.

Der allen Einspritzelementen 2 gemeinsame Druckspeicher 9 steht, wie aus Fig. 1 ersichtlich, auch über die die Drossel 25 und die einzelnen, jedem Einspritzelement 2 zugeordneten Druckbehälter 26 enthaltende Zuleitung 24 mit jedem Einspritzelement 2 in Verbindung, wobei die Drossel 25 Druckschwingungen in den Druckbehältern 26 vermindert. Der Kraftstoff in der Zuleitung 24 gelangt, wie wiederum aus Fig. 2 ersichtlich, über einen Anschluss 52 des Gehäuses 28 des Einspritzelementes 2 und einen Kanal 53 im letzteren in einen Druckraum 54 in Nahbereich der Einspritzöffnung 45. Jedem Einspritzelement 2 ist somit neben einem ersten Druckraum im Druckbehälter 26 ein zweiter Druckraum 54 zugeordnet. Über Kanäle 55 mit Überstromquerschnitt steht dieser zweite Druckraum 54 mit dem Ringraum 56 um den vordersten Teil der Düsennadel 37 vor dem Ventilsitz 39 in Verbindung. Eine sich im Gehäuse 28 abstützende und auf die Düsennadel 37 wirkende Druckfeder 57 unterstützt die Wirkung der aufgrund der verschiedenen Drücke beim Düsennadelkolben 36 und der Einspritzöffnung 45 wirkenden Kräfte um die Düsennadel 37 im Ruhezustand des Einspritzelementes 2 gegen den Sitz 39 zu drücken.

An einem Anschluss 58 schliesslich wird die Verbindung des Einspritzelementes 2 mit der Rücklaufleitung 20 hergestellt. Der Anschluss 58 mündet in einen Ringraum 59 der bei geöffnetem Magnetventil 44 über die dann durch den Ventilkörper 43 freigegebene Drosselbohrung 42 mit dem Kanal 32 verbunden ist.

Im folgenden wird die Arbeitsweise eines Einspritzelementes 2 beschrieben.

Zwischen den Einspritzvorgängen ist das Magnetventil 44 stromlos. Unter der Wirkung der Feder 60 hält der Ventilkörper 43 die Drosselbohrung 42 verschlossen. Dadurch herrscht im Kanal 32 der gleiche Druck wie im Druckspeicher 9, da beide über Leitungen und Drosseln 25, 23, 29, 30, 31 in Verbindung steht. Die Scheibe 34 wird von der Druck-

feder 38 in der in Fig. 3 dargestellten Lage gehalten. Die Überstromöffnungen 40 sind geschlossen. Der Kanal 32 und der Steuerraum 35 sind nur durch die Drosselbohrung 33 miteinander verbunden. Durch den Druckausgleich zwischen dem Kanal 32 und dem Steuerraum 35 wird die Düsennadel 37 allseitig von hohem Druck umschlossen und von der Feder 57 auf ihren Sitz 39 gedrückt. Die Einspritzöffnungen 45 werden dadurch vom Druckraum 54 getrennt.

Wird nun das Magnetventil 44 zur Einleitung eines Einspritzvorganges erregt, bewegt sich der Ventilkörper 43 sobald die aufgebrachte Magnetkraft die Gegenkraft der Feder 60 übersteigt in Richtung der Magnetkernteile 46, 47 und gibt die Drosselbohrung 42 frei. Der Druck im Kanal 32 fällt auf einen durch die Querschnittsflächen der Drosselbohrungen 31 und 42 gegebenen Wert. Der Druckabfall im Steuerraum 35 erfolgt zunächst annähernd so rasch wie derjenige im Kanal 32 da dazu nur äusserst geringe Flüssigkeitsmengen durch die Drosselbohrung 33 abfliessen müssen. Sobald jedoch, durch den Druckabfall im Steuerraum 35 bedingt, die Düsennadel 37 vom Druck im Ringraum 56 und im Druckraum 54 entgegen den Federkräften der Federn 57 und 38 von ihrem Sitz 39 wegbewegt wird, muss die von der Düsennadel 37 verdrängte Flüssigkeit im Steuerraum 35 durch die Drosselbohrung 33 in den Kanal 32 überströmen und der Druck im Steuerraum 35 sinkt nicht mehr weiter. Die Geschwindigkeit der Düsennadel 37 kann durch die Querschnittsfläche der Drosselbohrung 33 beeinflusst werden.

Durch die gebremste Öffnungsbewegung der Düsennadel 37 wird erreicht, dass die Querschnittsfläche der Einspritzdüsenbohrungen nur allmählich freigegeben wird und die Einspritzrate in der Anfangsphase der Einspritzung einen gewünschten, weniger steilen Anstieg aufweist.

Durch den Abfluss von Kraftstoff aus dem relativ kleinen Druckraum 54 ergibt sich ein Druckabfall in diesem Raum was in dieser zweiten Öffnungsphase trotz schon etwas grösserem Nadelhub für eine weitere Reduktion der Einspritzrate sorgt. Nach etwa einer doppelten Wellenlaufzeit zwischen Druckräumen 54 und 26 nach dem ersten Druckabfall im Druckraum 54 beginnt das Nachströmen von Kraftstoff über den Kanal 53 in den Druckraum 54. Dadurch annähernd wieder der ursprüngliche Druck im Druckraum 54 und im Ringraum 56 erreicht was jetzt, in Kombination mit der an der Scheibe 34 anliegenden Düsennadel 37 zu hoher Einspritzrate führt.

Sobald das Magnetventil 44 abgeschaltet wird, kann der Ventilkörper 43 von der Feder 60 wieder in die ursprüngliche Ruhelage bewegt werden. Der Druck im Kanal 32 steigt bei geschlossener Drosselbohrung 42 an und drückt die Düsennadel 37 und die Scheibe 34 zusammen mit der Feder 57 entgegen dem etwas tieferen Druck im Druckraum 54 auf ihren Sitz zurück. Damit ist der Einspritzvorgang abgeschlossen und in den Kanälen und Druckräumen kann sich wieder ein Ruhezustand für die nächste Einspritzung einstellen. Die gleiche relativ lange Zeit steht auch zur Verfügung, um die Scheibe 34 durch die Feder 38 in ihre in Fig. 3 dargestellte Lage zu bewegen.

In Fig. 4 ist der beschriebene Einspritzverlauf noch grafisch in einem Koordinatensystem dargestellt, auf dessen Abszisse X die Zeit und auf dessen Ordinate y der Durchfluss aufgetragen sind. Die von der jeweiligen Kurve und der Abszisse begrenzte Fläche entspricht somit der pro Einzelspritzung abgegebenen Kraftstoffmenge.

Die ausgezogene dargestellte Kurve a stellt den für ein Einspritzelement 2 der vorliegenden Erfindung beschriebenen Einspritzverlauf dar. Die gestrichelte Kurve b stellt den Einspritzverlauf bei einem bekannten Einspritzelement dar, z. B. bei einem Einspritzelement nach der DE-OS 32 27 742.

Deutlich ist erkennbar, wie beim bekannten Einspritzelement (Kurve b) die Einspritzrate in der Anfangsphase der Einspritzung sehr steil ansteigt und unmittelbar nach Einspritzbeginn ihr Maximum erreicht und danach wegen des Druckabfalls im Speicher sofort bereits abzufallen beginnt, während beim beschriebenen Einspritzelement 2 (Kurve a) durch die erfindungsgemässen Massnahmen die Einspritzrate in der Anfangsphase verzögert weniger steil ansteigt, wodurch Lärm- und Schadstoffemissionen vermindert werden, dann aber nach Erreichen ihres Maximums bis zum jähen Abfall am Ende des Einspritzvorganges nahezu konstant bleibt. Während beim bekannten Einspritzelement der erwähnte sehr steile Anstieg der Einspritzrate in der Anfangsphase einer Einspritzung nicht verändert werden kann, ist die mit dem beschriebenen Einspritzelement dank den erfindungsgemässen Massnahmen möglich, und zwar durch Änderung der Grösse der Drosselbohrung 33 in der Scheibe 34, z. B. durch Ersatz der Scheibe 34 durch eine solche mit einer anderen Bohrung. Am Beispiel der strichpunktirt dargestellten Kurve c in Fig. 4 ist der Einspritzverlauf mit noch flacherem Anstieg der Einspritzrate dargestellt wie er sich mit einem Einspritzelement 2 ergibt, dessen Drosselbohrung 33 kleiner ist als diejenige, aus welcher die Kurve a resultiert.

Für ein einmal festgelegtes Einspritzelement sind im Betrieb noch Anpassungen an den Lastpunkt über Variationen von Druck, Einschaltdauer und Einschaltzeitpunkt des Magnetventils möglich. In einer Darstellung analog derjenigen der Fig. 4 ist in Fig. 5 veranschaulicht, wie über solche Massnahmen der Einspritzverlauf bei einer erfindungsgemässen Einspritzanlage weiter variiert werden kann.

Zu Vergleichszwecken ist in dieser Fig. 5 nochmals die Kurve a der Fig. 4 eingezeichnet. Die Kurve d zeigt den Einspritzverlauf bei höherem Systemdruck und kürzerer Einschaltzeit des Magnetventils 44. Die Einspritzmenge ist dabei die gleiche, wie nach der Kurve a. Die Einspritzmenge pro Einspritzung kann reduziert werden durch Verringerung des Systemdruckes (Kurve e) oder durch kürzere Einschaltdauer (Kurve f).

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass es mit der erfindungsgemässen Kraftstoffeinspritzanlage möglich ist, den Einspritzverlauf den Erfordernissen verschiedener Motoren anzupassen und insbesondere hinsichtlich Verbrennungsgeräusch und Emissionen giftiger Abgasbestandteile, aber auch hinsichtlich Wirkungsgrad gegenüber bekannten Anlagen wesentlich zu verbessern.

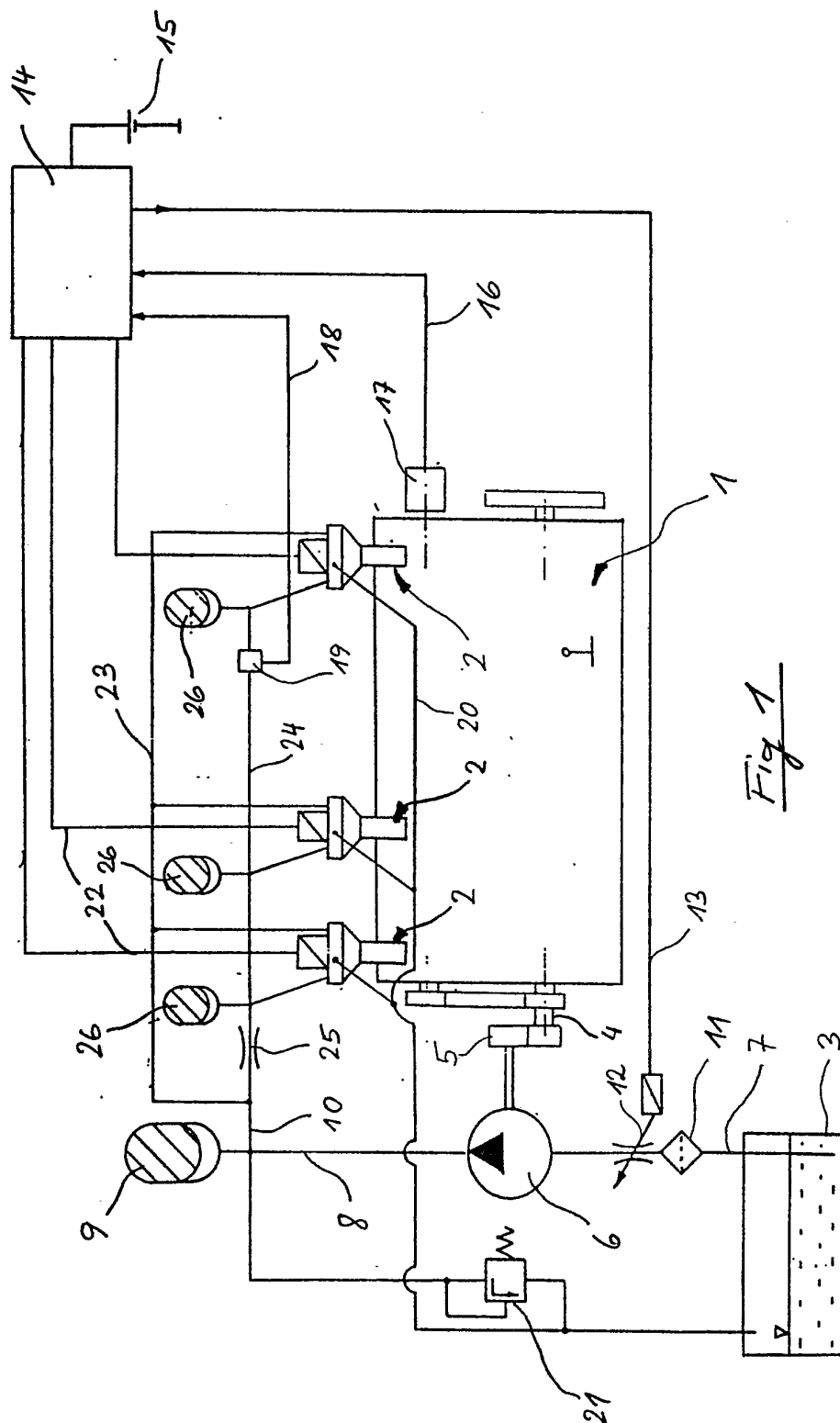
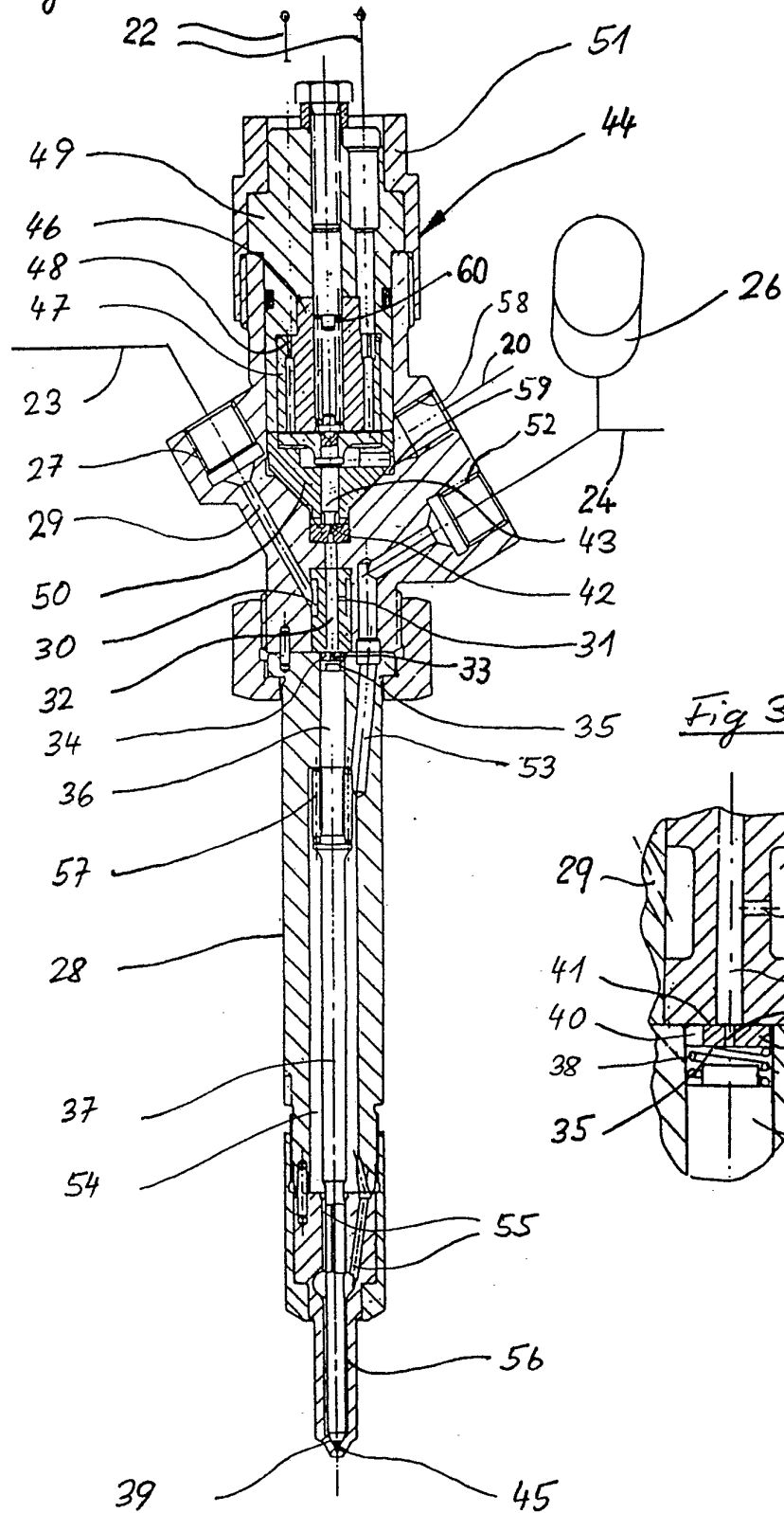


Fig. 2Fig 3