PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : F02M 51/04, 59/36 — A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/14925

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. September 1992 (03.09.92)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP91/01902

(22) Internationales Anmeldedatum: 7. Oktober 1991 (07.10.91)

(30) Prioritätsdaten:
P 41 06 015.6 26. Februar 1991 (26.02.91) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* FICHT GMBH [DE/DE]; Spannleitenberg 1, D-8011 Kirchseeon (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US) :* HEIMBERG, Wolfgang [DE/DE]; Böhmerwaldstr. 72, D-8017 Ebersberg (DE).

(74) Anwälte: SOLF, Alexander usw. ; Solf & Zapf, Zeppelinstr. 53, D-8000 München 80 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), AU, BE (europäisches Patent), BR, CA, CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

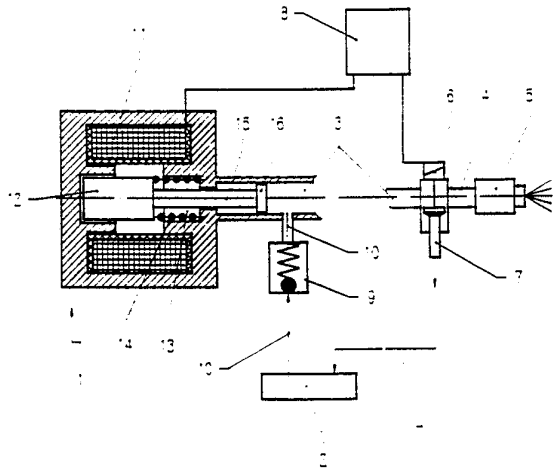
Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: FUEL INJECTION DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFF-EINSPRITZVORRICHTUNG FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN

(57) Abstract

A fuel injection device (5) for internal combustion engines has an injection nozzle to which fuel is supplied by means of a pressure device comprising a fuel-accelerating pump (1) and a fuel-retarding device (6) which, when activated, convert the kinetic energy of the accelerated fuel abruptly to a pressure shock wave which causes the fuel to be sprayed through the injection nozzle (5). According to the invention, an intermittently operated fuel-accelerating pump (1) is used. This pump (1) and the preferably electrically operated retarding device (6) are preferably controlled by a common control device (8). As a result, the injection device can be operated with very little, optimally utilized energy and can inject fuel in a precisely controllable manner very quickly and when decoupled from the motorized operations.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff für Brennkraftmaschinen mit einer Einspritzdüse (5), der Kraftstoff durch eine Druckstosseinrichtung zugeführt wird, die eine kraftstoffbeschleunigende Pumpe (1) und eine kraftstoffflussverzögernde Einrichtung (6) umfasst, durch deren Betätigung die kinetische Energie des beschleunigten Kraftsstoffes schlagartig in eine den Kraftstoff über die Einspritzdüse (5) abspritzende Druckstosswelle umgewandelt wird. Erfindungsgemäss wird eine intermittierend betriebene Kraftstoffbeschleunigungspumpe (1) verwendet, wobei vorzugsweise diese Pumpe (1) sowie die vorzugsweise elektrisch betätigbare Verzögerungseinrichtung (6) durch eine gemeinsame Steuereinrichtung (8) angesteuert werden. Dadurch wird erreicht, dass die Einspritzvorrichtung mit geringer optimal ausgenützter Energie betrieben werden kann und sehr schnell sowie entkoppelt von den motorischen Vorgängen präzise steuerbar Kraftstoff einzuspritzen vermag.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	**ES**	Spanien	**ML**	Mali
AU	Australien	**FI**	Finnland	**MN**	Mongolei
BB	Barbados	**FR**	Frankreich	**MR**	Mauritanien
BE	Belgien	**GA**	Gabon	**MW**	Malawi
BF	Burkina Faso	**GB**	Vereinigtes Königreich	**NL**	Niederlande
BG	Bulgarien	**GN**	Guinea	**NO**	Norwegen
BJ	Benin	**GR**	Griechenland	**PL**	Polen
BR	Brasilien	**HU**	Ungarn	**RO**	Rumänien
CA	Kanada	**IT**	Italien	**RU**	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**JP**	Japan	**SD**	Sudan
CG	Kongo	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**SE**	Schweden
CH	Schweiz	**KR**	Republik Korea	**SN**	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	**LI**	Liechtenstein	**SU**	Soviet Union
CM	Kamerun	**LK**	Sri Lanka	**TD**	Tschad
CS	Tschechoslowakei	**LU**	Luxemburg	**TG**	Togo
DE	Deutschland	**MC**	Monaco	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	**MG**	Madagaskar		

Kraftstoff-Einspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff für Brennkraftmaschinen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen für Brennkraftmaschinen sind weit verbreitet und haben sich in der Praxis in unterschiedlichen Bauformen durchgesetzt, denen jedoch verschiedene Mängel anhaften.

Für die Direkteinspritzung von Dieselkraftstoff oder auch die Einspritzung im sog. Vorkammerverfahren sind Pumpen gebräuchlich, die nockenbetätigte Plunger bzw. Kolben aufweisen, wobei die Nocken auf einer von der Motorkurbelwelle direkt angetriebenen Nockenwelle angeordnet sind. Die Mengenverstellung wird über in den Kolben bzw. Plungern eingearbeitete Steuerkanten bewerkstelligt. Pumpen dieser Bauart haben einen hohen Betriebsleistungsbedarf über den gesamten Kurbelweg der Brennkraftmaschine bzw. des Dieselmotors hinweg und sind insbesondere einer elektronischen Steuerung nicht zugänglich.

Demgegenüber ist eine Einspritzvorrichtung der eingangs genannten Art einer elektronischen Steuerung grundsätzlich zugänglich. Der Aufbau einer derartigen bekannten Einspritzvorrichtung soll nachfolgend anhand der Fig. 1 im Zusammenhang mit den Fig. 2 und 3 näher beschrieben werden, die typische Druckverläufe der Druckstoßeinrichtung zeigt, über die der Einspritzdüse Kraftstoff zugeführt wird.

Aus einem Kraftstoffbehälter 1 wird mittels einer Kraftstoffpumpe 2 mit einem Druck von etwa 3 bis 10 bar Kraftstoff in eine Rohrleitung 5 eingespeist, in welcher ein Druckregler 3 und eine Dämpfungseinrichtung 4 angeordnet sind. Am Ende der Leitung 5 ist ein beispielsweise elektromagnetisch betätigtes Absperrventil 6 vorgesehen, über welches im geöffneten Zustand von der Pumpe 2 beschleunigter Kraftstoff in den Vorratsbehälter 1 zurückgeführt wird. Durch schlagartiges Schließen des Sperrventils 6 wird die kinetische Energie des in der Leitung 5 sowie in der Leitung 7 strömenden Kraftstoffes in Druckenergie umgewandelt. Die Größe des dabei entstehenden Druckstoßes beträgt etwa 20 bis 80 bar, also etwa das 10fache des durch die Pumpe 2 erzeugten Strömungsdruckes in der Leitung 5, die auch Schwungleitung genannt wird. Der so am Absperrventil 6 entstehende Druckstoß wird zum Abspritzen des auf diese Weise beschleunigten Kraftstoffes über eine Einspritzdüse 10 genutzt, die über ein Druckleitung 9 an das Ventil 6 und damit an die Leitung 5 angeschlossen ist.

Durch die Verwendung eines elektromagnetisch betätigbaren Absperrventils ist diese bekannte Einspritzvorrichtung elektronisch steuerbar, und zwar mittels einer an das Ventil 6 angeschlossenen elektronischen Steuereinheit 8.

Der beim schlagartigen Schließen des Absperrventils 6 in der Schwungleitung 5 erzeugte Druckstoß wandert in Form einer Druckwelle mit Schallgeschwindigkeit durch die Leitungen 5, 7 und 9, wobei die Energie der Druckwelle in den Leitungen 5 und 9 zum Abspritzen von Kraftstoff über die Düse 10 zur Verfügung steht. Die sich in der Schwungleitung 5 ausbreitende Druckwelle wird am Ausgang der Pumpe 2 reflektiert und wandert zum Absperrventil 6 zurück. Die Zeitdauer der Phase dieses direkten Druckstoßes entspricht der Laufdauer der Druckwelle durch die Schwungleitung 5 und bewirkt die Druckdauer an der Einspritzdüse 10. Nach der Phase dieses direkten

Druckstoßes verbleibt in der Schwungleitung 5 eine Restdruckenergie, die in der Schwungleitung hin- und herläuft. Fig. 2 zeigt einen typischen zeitlichen Verlauf des Druckstoßes in der Schwungleitung bei Abwesenheit der Dämpfungseinrichtung 4 in der Leitung 5. Dieser Druckverlauf ist durch eine Primärdruckwelle maximaler Energie und nachfolgende Sekundärdruckwellen mit zunehmend abnehmender Energie gekennzeichnet. Sämtliche dieser Druckwellen können grundsätzlich ein Einspritzen bewirken. Die Folge diese Druckwellen beschränkt jedoch die erreichbare Arbeitsfrequenz des Systems, weshalb zugunsten definierter Arbeitsbedingungen die Sekundärdruckwellen unterdrückt werden. Hierzu dient die in der Schwungleitung 5 angeordnete Dämpfungseinrichtung 4, die sämtliche Sekundärdruckwellen unterdrückt. Ein entsprechender Druckverlauf ist in Fig. 3 gezeigt, wobei deutlich wird, daß zwischen aufeinanderfolgenden Primärdruckwellen die Sekundärdruckwellen bis auf eine geringe Restwelligkeit unterdrückt werden.

Im Vergleich zu der eingangs beschriebenen, einer elektronischen Regelung nicht zugänglichen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zeichnet sich die anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebene herkömmliche Einspritzvorrichtung der gattungsgemäßen Art durch eine elektronische Steuerbarkeit aus, wobei insbesondere die Charakteristik des Einspritzdrucks grundsätzlich unabhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors ist. Aufgrund des steilen Druckanstiegs und Druckabfalls in der Druckstoßeinrichtung ist ein schnelles Öffnen und Schließen der Einspritzdüse und damit ein guter Kraftstoffzerstäubungsverlauf erreichbar.

Nachteilig an der vorstehend beschriebenen bisherigen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist es, daß eine Vordruckversorgung erforderlich ist, welche die für die Beschleunigung der Kraftstoff-Flüssigkeitssäule in der Schwungleitung notwendige Energie bereitstellt, und welche kontinuierlich arbeitet.

Diese kontinuierlich arbeitende Vordruckversorgung macht einen entsprechenden Aufwand für die Druckkonstanthaltung notwendig. Zu diesem Zweck wird die von der Pumpe 2 zuviel geförderte Kraftstoffmenge über das Druckregelventil 3 abgesteuert, das über eine Rücklaufleitung mit dem Vorratsbehälter 1 in Verbindung steht. Diese Druckabsteuerung führt zu einem Energieverlust, und damit neben einer Erhöhung der Kraftstofftemperatur zu Druckänderungen am Einspritzventil 6, wodurch die Genauigkeit der Einspritzung beeinträchtigt wird. Darüber hinaus benötigt das Druckregelventil 3 stets eine Mindest-Abregelmenge, um stabil arbeiten zu können, wodurch ein weiterer Energieverlust auftritt. Da der Mengenstrombedarf an der Einspritzdüse 10 von der Motordrehzahl abhängt sowie von der jeweils abzuspritzenden Menge, muß die Druckversorgungseinheit bereits im Leerlauf den Mengenstrom für den Vollastbetrieb fördern, wodurch relativ große Kraftstoffmengen bei entsprechendem Energieverlust für das Gesamtsystem über das Druckregelventil 3 abgesteuert werden müssen.

Darüber hinaus eignet sich die vorstehend beschriebene Einspritzvorrichtung mit einer kontinuierlich arbeitenden Pumpe zwar für eine Einspritzung in sog. Saugrohreinspritzmotore, nicht jedoch für eine direkte Einspritzung in den Brennraum von Ottomotoren, da hierfür ein wesentlich höheres Druckniveau erforderlich ist, wodurch die für die Pumpe ständige benötigte Leistung nicht mehr akzeptable Größen erreicht und die Pumpe darüber hinaus wegen der hohen zu verarbeitenden Drücke, Ausmaße und Gewichte erfordern würde, die insbesondere bei Fahrzeugmotoren nicht tragbar sind.

Es ist daher in der Vergangenheit der Versuch unternommen worden, kontinuierlich arbeitende Einspritzvorrichtungen zu konstruieren, also Einspritzvorrichtungen, bei denen der für die Einspritzung benötigte Druck nicht permanent bereitgestellt werden muß, sondern erst unmittelbar vor oder zu dem

Zeitpunkt erzeugt wird, zu dem er für den Einspritzvorgang benötigt wird. Eine entsprechende Vorrichtung ist beispielsweise aus der DE-PS 598 918 bekannt. Diese bekannte Vorrichtung basiert auf einem schweren Elektromagneten, der bei Erregung einen mit dem Anker verbundenen Kolben in einen Verdrängungsraum drückt, wodurch der Kraftstoff über eine Düse in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Unmittelbar vor dem Einspritzvorgang wird ein Absperrventil geschlossen, das dann den Verdrängungsraum gegenüber einem Brennstoffeinlaß abdichtet. Dieser bekannten Vorrichtung haftet der gravierende Nachteil an, daß das zur Direkteinspritzung notwendige hohe Druckniveau die Verwendung eines sehr großen Elektromagneten benötigt, wodurch die gesamte Vorrichtung platzaufwendig und sehr träge wird, so daß sie sich für Fahrzeugmotoren weniger eignet.

In der Folge ist diese bekannte Einspritzvorrichtung deshalb mit dem Ziel kleiner Bauformen weiter entwickelt worden. Entsprechende Einspritzvorrichtungen sind aus der DD-PS 120 514 und der DD-PS 213 472 bekannt. Diese Vorrichtungen arbeiten nach dem System der Speicherung von kinetischer Energie. Zu diesem Zweck ist es vorgesehen, den Anker des Elektromagneten und damit die Kraftstoff-Flüssigkeitssäule über eine längere Strecke zu beschleunigen, bevor der Druck aufgebaut wird, der zum Abspritzen des Kraftstoffes über die Düse erforderlich ist. Diese bekannten Vorrichtungen werden auch als Pumpen-Düsenelemente bezeichnet, die nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip arbeiten.

Gemäß der DD-PS 120 514 ist der vom Förderkolben durchsetzte Kraftstoffförderraum in einem ersten Abschnitt mit axial angeordneten Nuten versehen, durch welche der Kraftstoff abzufließen vermag, ohne daß es zu einem wesentlichen Druckaufbau kommt, der im darauf folgenden zweiten Abschnitt des Förderraums zustandekommt, der keine Fluid-Abflußnuten aufweist.

Der Förderkolben wird daher durch den inkompressiblen Kraftstoff abgebremst, wodurch im Kraftstoff ein Druck aufgebaut wird, durch den der Widerstand des Einspritzventils überwunden wird, so daß es zum Abspritzen von Kraftstoff kommt. Nachteilig hierbei ist es, daß beim Eintauchen des Förderkolbens in den geschlossenen Abschnitt des Förderzylinders aufgrund ungünstiger Spaltbedingungen, nämlich einer großen Spaltbreite und einer kleinen Spaltlänge, große Druckverluste auftreten, die den notwendigen Druckaufbau für das Abspritzen ungünstig beeinflussen. Gemäß der DE-PS 213 472 ist es deshalb vorgeschlagen worden, im Förderzylinder einen Schlagkörper anzuordnen, so daß der Druckverlust trotz relativ großer Spaltbreiten vertretbar klein gehalten wird. Nachteilig ist hierbei jedoch, daß es durch den Schlagvorgang zu einem Verschleiß der aufeinandertreffenden Körper kommt. Weiterhin wird der Schlagkörper durch den Schlag zu Longitudinalschwingungen angeregt, die sich auf den Kraftstoff übertragen und dort als hochfrequente Druckschwingungen den Einspritzvorgang ungünstig beeinflussen.

Ein gravierender Nachteil der beiden vorstehend geschilderten Festkörper-Energiespeicher-Einspritzvorrichtungen besteht darin, daß der Einspritzverlauf des Kraftstoffes nur in begrenztem Maße steuerbar ist, sich also nur im beschränkten Umfange an die motorischen Erfordernisse anpassen läßt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff für Brennkraftmaschinen der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der mit geringer optimal ausgenutzter Energie sehr schnell, sowie entkoppelt von motorischen Vorgängen präzise steuerbar Kraftstoff eingespritzt werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß ist es demnach vorgesehen, den für die Einspritzung erforderlichen Kraftstoff-Volumenstrom für jeden Einspritzvorgang nur so lange bereitzustellen, wie dies in Abhängigkeit von den Motorbetriebsbedingungen zeit- und mengenbedarfsgerecht erforderlich ist. Durch die Verwendung einer intermittierend betriebenen Kraftstoffbeschleunigungspumpe entfällt die kontinuierliche Vordruckversorgung gemäß dem Stand der Technik, was der Energiebilanz der Einspritzvorrichtung zugute kommt. Optimiert wird die Ausnutzung der Energie erfindungsgemäß ferner durch die Verwendung einer gemeinsamen Steuereinrichtung für die Beschleunigungspumpe und die elektrisch betätigbare Verzögerungseinrichtung, beispielsweise in Gestalt eines elektromagnetisch betätigbaren Absperrventils.

Bevorzugt wird als intermittierend arbeitende Kraftstoffbeschleunigungspumpe eine elektromagnetisch betätigte Kolbenpumpe eingesetzt. Alternativ hierzu eignet sich auch eine Membranpumpe zur Kraftstoffbeschleunigung innerhalb der Druckstoßeinrichtung. Anstelle eines elektromagnetischen Pumpenantriebs kann auch ein elektrodynamischer, ein mechanischer oder ein Antrieb mittels Piezoelementen vorgesehen sein.

Durch die gemeinsame Ansteuerung von Pumpe und Verzögerungseinrichtung können nicht nur die Pumpen- und Verzögerungseinrichtungssteuerzeiten optimal aneinander angepaßt werden. Vielmehr erlaubt diese gemeinsame Steuerung auch eine von motorischen Vorgängen vollständig entkoppelte Steuerung des Einspritzvorgangs in Abhängigkeit vom jeweiligen Kraftstoffbedarf.

Ausgehend von der anhand der Fig. 1 bis 3 vorstehenden beschriebenen Einspritzvorrichtung, bei der die Verzögerungseinrichtung ein Absperrventil ist, ist die Erfindung vorteilhafterweise dadurch realisiert, daß der Verdrängungsraum vor dem Förderkolben einer Kolbenpumpe an die Schwungleitung und über ein Rückschlagventil an einen Kraftstoffvorratsbehälter angeschlossen ist, damit an diesem beim Rückstellen des Kolbens Kraftstoff in den Verdrängungsraum nachzuströmen vermag.

Alternativ zu diesem erfindungsgemäß verbesserten offenen Einspritzsystems, bei dem das Absperrventil über die Kraftstoffrücklaufleitung mit dem Kraftstoffvorratsbehälter verbunden ist, schafft die Erfindung vorteilhafterweise ein geschlossenes Einspritzsystem, bei dem das Absperrventil mit dem Saugraum hinter dem Förderkolben der Kolbenpumpe verbunden ist. Auch die Kolbenpumpe des geschlossenen Einspritzsystems umfaßt vorzugsweise eine elektromagnetischen oder Solenoidantrieb, so daß die Kolbenpumpe zusammen mit dem elektromagnetisch ausgeführten Absperrventil durch eine gemeinsame elektronische Steuereinrichtung optimal betreibbar ist.

Eine baulich sowie bezüglich ihrer Ansteuerung besonders einfach aufgebaute Kolbenpumpe für das geschlossene Einspritzsystem sieht es vor, daß der Förderkolben mit dem Anker des Elektromagneten gemeinsam ausgebildet ist. Kolbenstirnseiten identischer Größe erlauben hierbei eine verlustfreie Beschleunigung des Kolbens.

Ein wesentlicher Vorteil des geschlossenen Einspritzsystems besteht darin, daß aus dem Kraftstoffvorratsbehälter jeweils nur diejenige Kraftstoffmenge zur Beschleunigungspumpe gefördert werden muß, die im vorausgehenden Einspritzzyklus abgespritzt worden ist. Im Vergleich zu dem offenen Einspritzsystem ist von der Beschleunigungspumpe deshalb im geschlosse-

nen Einspritzsystem für die Kraftstoffförderung aus dem Vorratsbehälter weniger Energie aufzubringen, was der Energiebilanz des Gesamtsystems zugute kommt. Ferner nützt das geschlossene Einspritzsystem den beim schlagartigen Schließen des Absperrventils erzeugten Druckstoß im Vergleich zum offenen Einspritzsystem wesentlich besser aus. Während nämlich beim offenen Einspritzsystem, wie beispielsweise aus Fig. 1 hervorgeht, ein Teil des Druckstoßes über die Rücklaufleitung in den Kraftstoffvorratsbehälter nutzlos abgeleitet wird, wird dieser Teil des Druckstoßes beim geschlossenen Einspritzsystem gemäß der Erfindung an die Rückseite des Pumpenkolbens angelegt und damit auf den abgespritzten Kraftstoff übertragen. Auch diese Maßnahme kommt der Gesamtenergiebilanz des Einspritzsystems zugute, weshalb gegebenenfalls eine entsprechend kleinere Bauform für die Kraftstoffbeschleunigungspumpe gewählt werden kann.

Die ferner erfindungsgemäß vorgesehene Anordnung von Kolbenpumpe und Absperrventil in einem gemeinsamen Gehäuse erlaubt eine weitere drastische Reduzierung der Baugröße, sowie einen vereinfachten Aufbau der Einspritzvorrichtung, insbesondere dann, wenn das Absperrventil ebenfalls als Solenoid aufgebaut ist. Alternativ hierzu kann ein Absperrventil mit einem nach dem Bernoulli-Effekt gesteuerten Ventilorgan vorgesehen sein, das rein mechanisch aufgebaut ist und deshalb keiner externen Energiezuführung bedarf.

Für Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, die bei speziellen Anwendungsfällen keiner gemeinsamen elektronischen Steuerung von Pumpe und Verzögerungseinrichtung bedürfen, ist es vorteilhafterweise vorgesehen, die Kolbenpumpe selbst als Verzögerungseinrichtung auszubilden, wie dies in den Ansprüchen 24 bis 34 angegeben ist.

Ferner schafft die Erfindung eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip. Im Gegensatz zu dem diesbezüglichen eingangs geschilderten Stand der Technik, demnach in einem ersten Hubabschnitt einer Kolbenpumpe ein Rückströmen des Kraftstoffes stattfindet, gefolgt von einem Druckaufbau im darauffolgenden Hubabschnitt, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die Energie der Kolbenpumpe entlang des gesamten Förderhubes in einem geschlossenen Förderraum zu speichern, und die für ein Abspritzen über die Einspritzdüse benötigte Druckenergie dadurch aufzubauen, daß der Ablauf des verdrängten Kraftstoffes mittels eines Absperrventils schlagartig beendet wird. Vorteilhafterweise ist dabei das Absperrventil mit einem elektromagnetischen Antrieb realisiert, so daß sowohl das Ventil wie auch die Pumpe durch einen gemeinsamen elektronischen Steuerkreis in der benötigten Weise steuerbar sind. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäß realisierten Festkörperenergiespeicherprinzips ist, daß der Energiespeichervorgang, also die Beschleunigung des Kolbens durch die Zeitdauer des Kolbenvorhubs ohne eine wesentliche Druckerhöhung steuerbar ist. Durch die Möglichkeit eines variablen Kolbenvorhubes sowie dadurch, daß nach dem Schließen des Absperrventils im Kraftstoffzulauf zur Pumpe der Antriebsmagnet für die Pumpe verschieden lang eingeschaltet sein und in dieser Zeit mit verschieden hoher Intensität erregt werden kann, lassen sich die Einspritzlänge und der -verlauf in der benötigten, vom jeweiligen Motorzustand abhängigen Weise beeinflussen. Durch beliebige Kombinationen des Vorförderhubs und der nachfolgenden Verdrängungsphase durch den erregten Absperrventilmagneten lassen sich sämtliche im Einzelfall benötigten Druckverläufe darstellen.

Die Erfindung schafft ferner ein Verfahren zum Ansteuern eines elektromagnetischen Absperrventils für die erfindungsgemäße Einspritzvorrichtung, das derart ausgestaltet ist, daß ein schnelles Öffnen des Ventils, eine steuerbare Offenzeit,

ein schneller Abfall, konstante Anzug- und Abfallzeiten sowie eine geringe Energieaufnahme gewährleistet sind. Entsprechende Verfahrensmerkmale sind in den Ansprüchen 38 und 39 angegeben.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer herkömmlichen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung,

Fig. 2 und 3 charakteristische Druckverläufe beim Abspritzen von Kraftstoff mit der Vorrichtung von Fig. 1,

Fig. 4 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in schematischer Darstellung mit Rückführung des Kraftstoffs in den Vorratsbehälter offenes System,

Fig. 5 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in schematischer Darstellung mit einem geschlossenen Kraftstoffkreislauf,

Fig. 6 eine Variante der Vorrichtung von Fig. 5,

Fig. 7 eine Variante der Vorrichtung von Fig. 6 mit baueinheitlicher Ausführung wesentlicher Bauteile der Vorrichtung,

Fig. 8 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit materialeinheitlich realisiertem Förderkolben und Absperrventil,

Fig. 9 bis 11 Varianten der materialeinheitlichen Ausbildung von Förderkolben und Absperrventil der Vorrichtung von Fig. 8,

Fig. 12 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einer baueinheitlichen Ausbildung der Kraftstoffbeschleunigungspumpe, des Absperrventils und des Rückschlagventils in der Druckleitung zur Einspritzdüse im Schnitt,

Fig. 13 eine um 90° gedrehte Schnittdarstellung der Vorrichtung von Fig. 12,

Fig. 14 die Ausführungsform einer in der Schwungleitung angeordneten Dämpfungseinrichtung,

Fig. 15 die bevorzugte Ausführungsform des Absperrventils zur Erzeugung eines modulierten Druckverlaufs des über die Düse abgespritzten Kraftstoffes,

Fig. 16 eine Darstellung von mit der Vorrichtung von Fig. 15 erzielbaren Druckverläufen des abgespritzten Kraftstoffes,

Fig. 17 eine alternative Ausführung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung mit einer vom Kraftstoffsystem getrennt ausgebildeten Druckstoßeinrichtung,

Fig. 18 eine weitere Ausführung der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung und

Fig. 19 ein Schaltschema einer elektronischen Steuerung für das Absperrventil der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung.

Die Fig. 1 bis 3 sind eingangs zum Stand der Technik beschrieben worden.

Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung sind in den Fig. 4 bis 18 dargestellt, wobei für gleiche Bauteile die selben Bezugszeichen verwendet sind.

Die in Fig. 4 gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung basiert auf einer Kolbenpumpe 1 mit elektromagnetischem Antrieb zum Ansaugen von Kraftstoff aus einem Vorratsbehälter 2 sowie zum Beschleunigen des angesaugten Kraftstoffes in einer Schwungleitung 3, die über eine Druckleitung 4 an eine Einspritzdüse 5 angeschlossen ist. Ferner ist in einem Abzweig zwischen der Schwungleitung 3 und der Druckleitung 4 ein Absperrventil 6 angeordnet, das als elektromagnetisches Ventil ausgeführt ist und den Kraftstoff-Durchgang zu einer Rücklaufleitung 7 steuert, die an das Absperrventil 6 angeschlossen ist und in den Vorratsbehälter 2 mündet. Die Ansteuerung des Absperrventils 6 sowie der Kolbenpumpe 1 erfolgt über ein gemeinsame elektronische Steuereinrichtung 8, die an die Erregerspule des Magnetventils 6 sowie an eine Spule des Antriebselektromagneten der Kolbenpumpe 1 angeschlossen ist. Ferner ist ein Rückschlagventil 9 in einer Ansaugleitung 10 angeordnet, die das pumpenseitige Ende der Schwungleitung 3 mit dem Vorratsbehälter 2 verbindet.

Die Kolbenpumpe 1 umfaßt eine Magnetspule 11 mit einem im Spulendurchgang angeordneten Anker 12, der als zylindrischer Körper, beispielsweise als Vollkörper, ausgebildet ist, in einer Gehäuse-Bohrung 13 geführt ist, die sich parallel zur Zentrallängsachse der Ringspule 11 erstreckt und mittels einer Druckfeder 14 in eine Ruhestellung vorgespannt ist, in

welcher er in der Fig. 4 am linken Ende der Gehäuse-Bohrung 13 mit seiner hinteren Stirnwand anliegt. Die andere Stirnwand des Ankers 12 wird von der Feder 14 beaufschlagt, die sich am rechten Ende der Bohrung 13 an der Gehäusewandung der Pumpe 1 abstützt. Die federbeaufschlagte Stirnseite des Ankers 12 ist fest mit einer Kolbenstange 15 verbunden, an deren freiem Ende ein Kolben 16, der Förderkolben der Pumpe 1 befestigt ist, der an der Innenwandung der Schwungleitung 5 geführt ist, und bevorzugt gegenüber dieser Wandung abgedichtet ist. Die Kolbenstange 15 durchsetzt eine Bohrung im Pumpengehäuse, deren Durchmesser geringer ist als der Durchmesser der den Anker 12 führenden Bohrung.

Die Ansaugleitung 10 mündet vor der außen gelegenen Stirnfläche des Förderkolbens 16 in die Schwungleitung 3. Das Rückschlagventil 9 in der Förderleitung 10 umfaßt beispielsweise als Ventilelement eine federvorgespannte Kugel, wobei Kugel und Feder so angeordnet sind, daß das kugelförmige Ventilelement im Rückschlagventil angehoben wird, wenn der Förderkolben 16 zum Ansaugen von Kraftstoff an dem Behälter 2 seinen Saughub durchführt, also dann, wenn der Kolben 16 in Fig. 4 eine Hubbewegung nach links ausführt, was dann der Fall ist, wenn der Magnet 11 entregt ist, und der Anker 12 in seine Ruhestellung durch die Feder 14 überführt wird. Im anderen Falle, nämlich beim Förderhub des Kolbens 16, entsprechend einer Kolbenbewegung in Fig. 4 nach rechts bei erregtem Elektromagneten 11 wird das Ventilelement des Rückschlagventils 10 in seine Sperrstellung überführt, so daß die Verbindung der Schwungleitung 3 zum Vorratsbehälter 2 unterbrochen ist. Durch den Förderhub des Kolbens 16 wird die Masse des in der Schwungleitung 3 befindlichen Kraftstoffes beschleunigt und während einer durch die Steuereinrichtung 8 vorgegebenen Öffnungszeitdauer des Absperrventils 6 in die Rücklaufleitung 7 und über diese in den Behälter 2 überführt. Während dieses Zeitraums erfolgt also in erster Linie eine Beschleunigung

des Kraftstoffes in den Leitung 3 und 7, und der Kraftstoffdruck ist dabei so gering, daß die in an sich bekannter Weise beispielsweise hydraulisch blockierte Düse 5 einen Sperrzustand einnimmt, in welcher über die Düse kein Kraftstoff auszutreten vermag.

Wenn die Kraftstoffmenge in der Schwungleitung 3 (und der Rücklaufleitung 7) einen durch die Steuereinrichtung 8 in Abhängigkeit von aktuellen Motorbetriebsbedingungen vorgegebenen Beschleunigungswert erreicht hat, wird ebenfalls unter Steuerung der Einrichtung 8 das Absperrventil geschlossen, wodurch die kinetische Energie des in den Leitungen 3 und 4 strömenden Kraftstoffes schlagartig in eine Druckstoßenergie umgewandelt wird, deren Wert so hoch ist, daß der Schließwiederstand der Düse 5 überwunden und Kraftstoff über die Düse 5 abgespritzt wird.

Ein wesentlicher Vorteil der in Fig. 4 dargestellten erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung im Vergleich zu der in Fig. 1 dargestellten herkömmlichen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung besteht in der Verwendung einer diskontinuierlich betriebenen Kolbenpumpe, die im Zusammenhang mit dem elektromagnetisch betätigten Einspritzventil eine präzise Steuerung des Einspritzvorgangs erlaubt, wobei ein weiterer Vorteil darin besteht, daß durch den diskontinuierlichen Pumpenbetrieb eine wesentliche Energieersparnis erreicht wird.

Während die Einspritzvorrichtung gemäß Fig. 4 insofern ein offenes System darstellt, als beim Beschleunigungshub des Förderkolbens 16 über die Leitung 7 in den Behälter 2 eine größere Kraftstoffmenge in den Vorratsbehälter 2 zurückgeleitet und beim Saughub des Kolbens 16 aus dem Behälter 2 wiederum angesaugt wird, ist in Fig. 5 eine Variante der erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung gezeigt, in welcher der Kraftstoff im Kreislauf zur Pumpe 1 zurückgeführt ist, wobei

aus dem Vorratsbehälter 2 beim Saughub des Förderkolbens 16 lediglich die Menge angesaugt wird, die beim vorausgehenden Einspritzvorgang über die Düse 5 abgespritzt worden ist. Ein derartiger geschlossener Kreislauf erfordert weniger Antriebsenergie durch die Pumpe 1 im Vergleich zu einem offenen System, weil eine geringere Kraftstoffmasse bewegt werden muß, wobei ein weiterer entscheidender Vorteil darin besteht, daß die Energie des Druckstoßes für den Abspritzvorgang mit herangezogen wird, die beim schlagartigen Schließen des Absperrventils in die nachgeschaltete Rücklaufleitung eingeleitet wird.

Die Einspritzvorrichtung gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von derjenigen gemäß Fig. 4 durch eine Führung der Leitung 7 von dem Absperrventil 6 zur Rückseite des Förderkolbens 16 (Saugseite) sowie dadurch, daß zusätzlich zu dem Rückschlagventil 9 ein Rückschlagventil 17 vorgesehen ist, das in Reihe zu dem Rückschlagventil 9 geschaltet ist und die Kolbenvorderseite (Förderseite) mit der Kolbenrückseite (Saugseite) verbindet. Das Rückschlagventil 17 ist so ausgelegt, daß es seine Schließstellung beim Förderhub des Förderkolbens 16 einnimmt, so daß ein Fluidausgleich zwischen der Kolbenvorder- und -rückseite erfolgt.

Die Saugleitung 10 von Fig. 4 ist in Fig. 5 durch einen das zweite Rückschlagventil 17 mit der Schwungleitung 3 verbindenden Leitungsabschnitt 18 ersetzt, wobei das andere Ende des Rückschlagventils 17 über einen Leitungsabschnitt 18' mit der Leitung 7 verbunden ist, von der ein Leitungsabschnitt 19 abzweigt, der in den Behälter 2 mündet, und in dem das erste Rückschlagventil 9 angeordnet ist, das in seiner Funktion dem Rückschlagventil 9 von Fig. 4 entspricht.

Beim Beschleunigungs- oder Förderhub des Förderkolbens 16 strömt in der Schwungleitung 3 beschleunigter Kraftstoff bei

geöffnetem Absperrventil 6 über die Leitung 7 in den Saugraum hinter den Kolben 16. Durch das in der Leitung 7 strömende Fluid wird das Rückschlagventil 9 in seiner geschlossenen Stellung gehalten, und das zweite Rückschlagventil 17 ist beidseits, also über die Leitung 7 und über die Leitung 3 mit dem selben Druck beaufschlagt, so daß das Federelement dieses Ventils sein Ventilorgan in seiner geschlossenen Stellung hält. Die beiden Rückschlagventile 9 und 19 verbleiben auch dann in ihrer geschlossenen Stellung, wenn das Absperrventil 6 schlagartig geschlossen wird. Im Gegensatz zur Ausführungsform gemäß Fig. 4 verläuft eine Druckwelle beim Schließen des Ventils 6 nicht nur zwischen diesem und der Vorderseite des Förderkolbens, sondern auch zwischen dem Ventil 6 über die Leitung 7 und der Rückseite des Förderkolbens 16, wobei sich dieser Druckanteil zu dem Druckanteil in der Schwungleitung vor dem Kolben addiert, so daß der gesamte durch das Schließen des Ventils 6 in die Kraftstoffmenge induzierte Druckpotential zum Ausstoßen des Kraftstoffes über die Düse 5 zur Verfügung steht. Die dadurch gewonnene Energie in dem Einspritzsystem erlaubt entweder eine Miniaturisierung der Pumpe 1 oder alternativ hierzu eine verringerte Stromeinspeisung in den Antriebsmagneten der Pumpe 1.

Die Wirkflächen des Kolbens 16, nämlich die vordere und hintere Stirnseite dieses Kolbens sind aufgrund der Anbringung der Kolbenstange auf der rückseitigen Stirnfläche unterschiedlich groß, weshalb beiderseits des Kolbens 16 unterschiedliche Drücke herrschen. Diese Druckdifferenz wird durch einen Druckspeicher 20 ausgeglichen, der an die Leitung 18' angeschlossen ist.

Beim Saughub des Kolbens 16 strömt von der Kolbenrückseite unter Überwindung des Rückschlagventils 17 Kraftstoff über die Leitungsabschnitte 18 und 18' in die Schwungleitung 3 und über den Vorratsbehälter 2 wird lediglich unter Überwindung

der beiden Rückschlagventile 9 und 19 eine geringe Menge an Kraftstoff angesaugt, entsprechend der über die Düse 5 abgespritzten Kraftstoffmenge.

Eine Variante der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung von Fig. 5 ist in Fig. 6 gezeigt. Diese Einspritzvorrichtung kommt ohne den Druckspeicher 20 aus, weil der Förderkolben mit dem Anker des Antriebselektromagneten vereinigt ist, wodurch beide Kolbenstirnflächen gleich groß sind, so daß der Druck beiderseits des Kolbens gleich groß ist.

In Fig. 6 ist also der Anker materialeinheitlich ausgebildet mit dem Förderkolben, was im dargestellten Ausführungsbeispiel dadurch erreicht wird, daß der Förderkolben 16 zusammen mit der Kolbenstange 15 gemäß Fig. 5 weggelassen ist. In Verlängerung der Ankerbohrung 13 ist im Pumpengehäuse ein Durchbruch 21 auf der Rückseite des Ankers ausgebildet, an den die Leitung 7 angeschlossen ist. Die Funktionsweise der Vorrichtung von Fig. 6 entspricht im übrigen derjenigen von Fig. 5, d.h., daß die in die Leitung 7 beim Schließen des Ventils 6 eingeleitete Druckenergie wird an die Rückseite des als Förderkolben wirkenden Ankers 12 übertragen und damit für den Einspritzvorgang zusätzlich zu dem Druckstoß zur Verfügung gestellt, der in der Schwungleitung 3 durch das Schließen des Ventils 6 erzeugt worden ist.

Fig. 7 zeigt eine Abwandlung der erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung gemäß Fig. 6. Die Abwandlung besteht darin, daß die Kolbenpumpe 1, das Absperrventil 6 und das zweite Rückschlagventil 19 als bauliche Einheit in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind, wobei das Rückschlagventil 19 in den Anker-Verkolben 12 integriert ist.

In dem gemeinsamen Gehäuse 22 sind Pumpe 1 und Absperrventil 6 hintereinander auf einer gemeinsamen Achse der Gehäuse-Mit-

tellängsachse angeordnet. Das Absperrventil 6 ist ebenso wie die Pumpe 1 mit einem elektromagnetischen Antrieb ausgebildet, der eine Spule 23 umfaßt, deren Stromzuführung über die in Fig. 7 nicht dargestellte gemeinsame Steuereinrichtung für das Absperrventil und die Pumpe zugeführt wird. Die Erregerwicklung 23 ist wie diejenige der Pumpe ringförmig ausgebildet und in einer Paßausnehmung des Gehäuses 22 mittels eines Flansches 24 gehaltert, der mit dem Gehäuse 22 fest verbunden ist. In ähnlicher Weise ist die Wicklung 11 des Pumpenmagneten durch einen Flansch 25 in einer Paßbohrung des Gehäuses 22 gehaltert.

Der Flansch 24 erstreckt sich mit einem zentralen Abschnitt in die Spule 23 hinein, und umfaßt eine Mittelbohrung 26, die mit der durch Pfeile symbolisierten Schwungleitung 3 in Verbindung steht. Am inneren Ende ist die Bohrung 26 in ihrem Querschnitt erweitert, wobei die durch die Erweiterung gebildete Schulter ein Auflager für eine Feder 27 bildet, die als Rückstellfeder für den Anker 28 des Absperrventil-Elektromagneten dient. Dieser ist in einer Bohrung innerhalb des Gehäuses 22 aufgenommen, die einen größeren Querschnitt aufweist, als die Bohrung 26 sowie deren Erweitungsabschnitt. Der Anker 28 ist als Hohlkörper ausgebildet und weist auf einer der Bohrung 26 zugewandten Seite eine Ausnehmung auf, die in etwa denselben Querschnitt aufweist, wie die Erweiterung der Bohrung 26. An diese Ausnehmung schließt sich in dem Anker 28 eine Ausnehmung 29 geringeren Querschnitts an, wobei die Schulter zwischen der Mittelbohrung 29 und der außen liegenden Bohrung größeren Querschnitts ein weiteres Auflager für die Feder 27 bildet, die daher den Anker 28 bei nicht aktiviertem Elektromagneten in seine Ruhestellung in Fig. 7 nach rechts drückt.

Der Anker 28 bildet das Ventilorgan des Absperrventils 6. Zu diesem Zweck ist der Anker 28 an seiner Vorderseite mit einer

umlaufenden Schrägfläche ausgebildet, die bei entregtem Absperrventil-Elektromagneten in Eingriff gelangt mit einer im Gehäuse 22 aus entsprechend ausgebildeten, konisch verlaufenden Ringfläche 30. Der Kanal 29 innerhalb des Ankers/Ventilorgans 28 mündet über eine Mehrzahl von Kanälen 31 in die umlaufende Schrägfläche des vorderen Ventilorganteils, die in Eingriff mit dem Ventilsitz 30 zu gelangen vermag, und in diesem Falle einen Austritt von Fluid über die Öffnungen 31 verhindert. Andernfalls, nämlich bei erregtem Absperrventil-Elektromagneten befindet sich das Ventilorgan 28 in seiner Öffnungsstellung, in welcher seine konisch verlaufende Vorderseite abgerückt ist vom Ventilsitz 30, so daß über die Öffnungen 31 Fluid in den Spaltraum zwischen den einander gegenüberliegenden Schrägflächen zu gelangen vermag, und von diesem Spaltraum in eine Bohrung 32, die in die Bohrung 13 für den Anker/Förderkolben 12 der Pumpe 1 mündet. Die Bohrung 13 ist sowohl im Gehäuse 22 wie im zentralen Abschnitt des Flansches 25 ausgebildet, und der Anker/Kolben 12 wird durch die Druckfeder 14, wie beispielsweise in Fig. 5 in seine Ruhelage vorgespannt. Diese Seite der Bohrung für den Kolben 12 steht wie beispielsweise bei der Vorrichtung von Fig. 5 in Verbindung mit dem einen Ende der Schwungleitung 3, deren anderes Ende an die Bohrung 26 im Flansch 24 angeschlossen ist.

Das Rückschlagventil 9 in der Ansaugleitung zum Vorratsbehälter 2 ist an eine Bohrung 33 des Gehäuses 22 angeschlossen, die an dem Ende in die Bohrung 19 für den Anker/Kolben 12 mündet, in welche auch die Verbindungsbohrung 32 mündet.

Der Anker/Kolben 12 ist hohl ausgelegt, weist also eine Mittelbohrung auf, und als Ventilelement ausgebildet, das die Funktion des zweiten Rückschlagventils 19 der Vorrichtung gemäß den Fig. 5 und 6 erfüllt. Die Bohrung bzw. der Hohlraum innerhalb des Ankers/Kolbens 3 weist drei Abschnitte unterschiedlichen Querschnitts auf, nämlich einen der Verbindungs-

bohrung 32 gegenüberliegenden Abschnitt geringen, der Bohrung 32 in etwa entsprechenden Durchmessers, einen darauf folgenden Abschnitt größeren Durchmessers, in dem ein Ventilorgan 34 sowie eine dieses Organ vorspannende Feder 35 angeordnet ist, sowie einen darauf folgenden Abschnitt wiederum größeren Durchmessers, der in die vordere Stirnseite (in Fig. 7 rechts) mündet, wobei in dem Schulterbereich zwischen diesem und dem vorausgehenden Abschnitt ein Haltering 36 für die Feder 35 eingesetzt ist. Die Feder 35 ist eine Druckfeder, die das Ventilorgan 34 gegen den Ventilsitz vorspannt, der als Schulter zwischen den beiden erstgenannten Bohrungsabschnitten des Ankers/Kolbens 12 ausgebildet ist.

Die Funktion der Einspritzvorrichtung gemäß Fig. 7 entspricht im wesentlichen derjenigen der Vorrichtung von Fig. 6, auf deren Beschreibung hiermit Bezug genommen wird.

Fig. 8 zeigt eine Integration der Funktion des Absperrventils 6 der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den als Förderkolben ausgebildeten Anker 12 des Antriebssolenoids für die Kraftstoffbeschleunigungspumpe 1, wobei die dargestellte Anordnung funktionsmäßig in etwa der Vorrichtung von Fig. 6 entspricht, und wobei in Fig. 8 das zweite Rückschlagventil 19 nicht dargestellt ist. Die Integration der Absperrventilfunktion erübrigt eine Steuerung der Absperrventilfunktion in den Förderkolben durch die Steuereinheit 8, wie beispielsweise bei der Vorrichtung von Fig. 6. Durch die funktionelle Integration der Absperrventilfunktion in die Funktion der Pumpe 1 wird eine Vereinfachung der Einspritzvorrichtung erreicht, die zu einer erheblichen Material- und Platzersparnis führt.

Der Anker/Kolben 12 ist als zylindrischer Vollkörper ausgebildet, mit dem rückseitigen Ende in einer Bohrung 40 im in Fig. 8 linken Teil des Pumpengehäuses gelagert, während eine

weitere Bohrung 41 mit dem selben Durchmesser im rechten Teil des Pumpengehäuses ausgebildet ist und beim Förderhub des Kolbens 12 dessen vorderen Abschnitt führt. An der vorderen Stirnseite des Ankers/Kolbens 12 ist eine zentrale Ausnehmung 42 vorgesehen, deren Basisfläche eines der beiden Lager zur Rückstellung des Ankers 12 bildet. Die andere Lagerstelle für die Feder 19 stellt eine Schulter zwischen einer förderseitigen Bohrung 43 und einer nachfolgenden engeren Bohrung 44 dar, an welche das pumpenseitige Ende der Schwungleitung angeschlossen ist. Bei der Feder 19 handelt es sich wie bei den vorausgehenden Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung um eine Druckfeder, die den Anker/Kolben 12 in seine Ruhestellung vorspannt, in welcher er mit seiner hinten gelegenen Stirnfläche an einer Ringfläche anliegt, die gebildet ist im Übergangsbereich von der Bohrung 40 zu einer zurückliegenden Bohrung 45 geringeren Durchmessers, die in Übertragungsverbindung mit der Schwungleitung 3 steht.

Die Schulter bzw. die Ringfläche 46 im Übergangsbereich von der durchmessergrößeren Bohrung 41 zur durchmesserkleineren Bohrung 43 dient als Anschlagfläche für die ringförmige vordere Stirnwand des Ankers/Kolbens 12 und wirkt mit diesem im Sinne der Funktion des Absperrventils 6 der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung zusammen. D.h., daß der Anker/Kolben 12 nach Zurücklegen einer Hubstrecke x, die festgelegt ist durch den Abstand der vorderen Stirnfläche des in Ruhestellung befindlichen Ankers/Kolbens 12 von der Ringfläche 46, an dieser anstößt, wodurch die Beschleunigung des Kraftstoffes durch den Anker/Kolben 12 schlagartig unterbrochen und die dem Fluid innewohnende kinetische Energie schlagartig in einen Druckstoß umgewandelt wird, dessen Höhe dazu ausreicht, Kraftstoff über die Einspritzdüse 5 abzuspritzen, die im Bereich der Bohrung 45 an die Schwungleitung 3 angeschlossen ist, an deren anderem Ende im Bereich der

Bohrung 44 die Kraftstoffansaugleitung mit dem Rückschlagventil 19 angeschlossen ist.

Weitere Varianten eines integrierten Förderkolben/Anker/Absperrventils sind in den Fig. 9 bis 11 dargestellt. Auch bei diesen Varianten erfolgt eine Druckstoßerzeugung nach Zurücklegen einer Hubstrecke des Ankers/Förderkolbens 12 in der Größenordnung von x. Während die Absperrventilfunktion gemäß Fig. 9, an ein auf der Kolbenhubstrecke liegendes Hindernis ähnlich wie gemäß Fig. 8, durch ein Anstoßen des Ankers/Kolbes erzielt wird, erfolgt die Realisierung dieser Funktion gemäß den Fig. 10 und 11 durch eine schlagartige Unterbrechung der Kraftstoffbeschleunigung durch das plötzliche Verschließen von Strömungsschikanen in Gestalt enger Bohrungen.

Ähnlich wie in Fig. 8 erfolgt die Führung des Ankers/Kolbens 12 bei den Ausführungsformen gemäß den Fig. 9 bis 11 in zwei in axialer Richtung voneinander beabstandeten Bohrungen 40 und 41, wobei im übrigen den Fig. 9 bis 11 die Anordnung von Fig. 8 zugrunde liegt, mit dem Unterschied, daß das zweite Rückschlagventil 19 ähnlich wie bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Fig. 7 in den als Hohlelement ausgebildeten Anker/Kolben integriert ist, wie durch gleiche Bezugszeichen für gleiche Bauteile der Vorrichtungen von Fig. 7 bzw. 9 bis 11 verdeutlicht ist.

In Fig. 9 schlägt nach Zurücklegen einer Hubstrecke x die innengelegene Stirnfläche des Ventilorgans 34 des Rückschlagventils 19 an einem Zapfen 50 an, der auf der Längsmittelachse der Anker/Kolbenbohrungen 40 und 41 angeordnet ist. Dieser Aufprall bewirkt den anhand der Fig. 8 geschilderten Druckstoß.

In Fig. 10 erfolgt die Beschleunigung des Kraftstoffes über Schikanen in Gestalt von engen Bohrung 51 und 52, die im Bereich des in Förderrichtung vorne gelegenen Endes der Bohrung 41 ausgebildet sind und in Übertragungsverbindung stehen mit der an die Schwungleitung angeschlossenen Gehäusebohrung 44. Wie in Fig. 10 durch Pfeile verdeutlicht, strömt im Inneren des Ankers/Kolbens 12 enthaltener Kraftstoff über die quer zur Kraftstoff-Förderrichtung verlaufende Bohrungen 51 in in Förderrichtung davon beabstandete Bohrung 52 im Pumpengehäuse und von dort in die Bohrung 44 und schließlich in die Schwungleitung. Sobald das ringförmige Vorderende des Ankers/Kolbens 12 eine Hubstrecke x zurückgelegt hat, verschließt dieser Teil des Kolbens die Radialöffnungen 51, wodurch schlagartig die Beschleunigung des Kraftstoffes beendet und dadurch ein Druckstoß erzeugt wird.

Fig. 11 unterscheidet sich von der Variante gemäß Fig. 10 dadurch, daß die Strömungsschikanen in Gestalt von Öffnungen 53 in einer vorderen Stirnwand des hohlen Ankers/Kolbens ausgebildet sind. Nach Zurücklegen der Hubstrecke x gelangt die vordere Kolbenstirnwand mit den radial außen gelegenen Öffnungen 53 in Anlage an die Schulter 46, wodurch ein Strömungsaustritt von Fluid aus dem Kolbeninnern in die Bohrung 44 schlagartig unterbrochen wird, so daß die kinetische Energie des strömenden Kraftstoffes in einen Druckstoß umgewandelt wird, der zum Ausstoßen von Kraftstoff über die Einspritzdüse führt.

Fig. 12 und 13 zeigen eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der das Absperrventil als Hydraulikventil ausgebildet und mit der Pumpe 1 in einem gemeinsamen Gehäuse vereinigt ist. Auch die Schwungleitung 3 ist bei dieser Variante in das gemeinsame Gehäuse integriert.

Die Funktion sowie der wesentliche Aufbau der Pumpe 1 mit elektromagnetischem Antrieb entspricht im wesentlichen den vorausgehend beschriebenen Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung, und die Kraftstoffansaugleitung ist an ein Anschlußrohr 60 angeschlossen, das in das Pumpengehäuse eingepaßt ist (Fig. 13).

Das Absperrventil 6 ist bei diesem Ausführungsbeispiel nicht elektromagnetisch ansteuerbar ausgebildet, sondern schließt selbsttätig aufgrund des Bernoulli-Effekts bei einer bestimmten Durchflußgeschwindigkeit. Der während der Beschleunigungsphase durch die Schwungleitung 3 fließende Kraftstoff gelangt über einen Spalt 61 in den Ventilraum 42. Zwischen dem Ventilkegel 63 und dem dazugehörigen Ventilsitz ist ein schmaler Ringspalt gelassen, der sich durch entsprechende Auslegung einer Feder 64 einstellen läßt. Der Kraftstoff strömt durch diesen Ringspalt und erzeugt dort nach Bernoulli einen geringeren statischen Druck als in der Umgebung. Bei einer bestimmten Strömungsgeschwindigkeit ist der statische Druck im Ringspalt soweit abgefallen, daß der Ventilkegel 63 angezogen wird und das Absperrventil 6 schlagartig schließt, wodurch der zum Ausstoßen des Kraftstoffes über die Einspritzdüse erforderliche Druckstoß erzeugt wird, wobei die zur Einspritzdüse führende Druckleitung an den Ausgang eines Rückschlagventils 65 angeschlossen ist, das ebenfalls mit der in den Fig. 12 und 13 dargestellten Anordnung baulich vereinigt ist.

Der Ventilkegel 66 des Ventils 65 ist durch Vorspannung einer Feder 67 gegen den zugehörigen Ventilsitz gepreßt, wobei die Feder 67 so ausgelegt ist, daß das Ventil geschlossen ist, wenn der in der Schwungleitung 3 anliegende Druck unterhalb desjenigen Wertes liegt, der zu einem Ausstoß von Kraftstoff über die Einspritzdüse führt. Durch das Rückschlagventil 65 wird eine Blasenbildung in der Druckleitung zum Einspritzven-

til vermieden, weil durch dieses Rückschlagventil ein Einsaugen von Luft über die Einspritzdüse beim Abfallen des Abspritzdruckes und einem damit verbundenen Rücksaugen von Kraftstoff in die Druckleitung zusammen mit Luft verhindert wird.

Der Anker/Förderkolben 7 ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 12/13 mit radialen Schlitzen 68 und 69 unterschiedlicher Tiefe versehen, die am gesamten Umfang des im wesentlichen zylinderförmigen Ankers angeordnet sind. Diese Schlitze verhindern die Ausbildung von Wirbelströmen bei Erregung des Solenoids und tragen damit zur Energieeinsparung bei.

Fig. 14 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform einer Dämpfungseinrichtung 70, die gegebenenfalls in der Schwungleitung 3 angeordnet sein kann. Die Dämpfungseinrichtung 70 besteht im wesentlichen aus einem federbelasteten Rückschlagventil, dessen durch eine Feder 73 vorbelastete Ventilplatte 72 eine Mittelbohrung geringeren Durchmessers 74 aufweist. Die Dämpfungseinrichtung hat die Aufgabe, Schwingungen zu dämpfen, die entstehen können, wenn die Druckwelle beim Auftreffen auf die Rückseite des Pumpenkolbens reflektiert wird und durch die Schwungleitung zurückwandert.

Bei manchen Verbrennungsverfahren ist es zweckmäßig, den Kraftstoff bei jedem Arbeitszyklus mehrfach kurz hintereinander in definierten Mengen einzuspritzen. Erfindungsgemäß kann dabei die Zeit zwischen den einzelnen Druckspitzen von einigen 1/10 ms bis einigen ms betragen. Die Anzahl der Druckspitzen kann je nach Bedarf ebenfalls unterschiedlich sein. Eine solche Druckcharakteristik kann besonders für eine längere Einspritzdauer oder für dieselmotorische Verbrennungen sinnvoll sein.

Die beschriebene Druckcharakteristik (s. Fig. 16) kann durch wiederholtes, mehrfaches kurzzeitiges Schließen und Öffnen des Absperrventils erreicht werden. Es kann aber auch ein definiertes Prellen des Absperrventilkörpers auf seinem Dichtsitz erfolgen. Schließlich kann der Ablaufquerschnitt des Absperrventils 6 bei der Schließbewegung abwechselnd geöffnet und geschlossen werden. Eine dementsprechende konstruktive Ausbildung ist in Fig. 15 gezeigt. Dieses Ventil ist als elektromagnetisch betätigbares Ventil ausgebildet und umfaßt ein Gehäuse 70, in dem eine ringförmige Wicklung 71 des Elektromagneten eingebettet ist. Der Anker 72 des Solenoids ist als Ventilorgan ausgebildet. Der Anker 72 sitzt in einer Zentralbohrung 73 des Gehäuses und wird durch eine Zugfeder 74 in seine Ruhestellung vorgespannt, in der der Anker 72 mit seiner hinteren Stirnfläche an einer Anschlagfläche 75 anliegt, die das eine Ende der Bohrung 73 bildet. Der Anker 73 ist hohl ausgebildet, umfaßt also eine Mittelbohrung 76, die sich durch den gesamten Anker erstreckt, und die in etwa den selben Querschnitt aufweist wie eine Zulaufbohrung 77. An seinem dem Anker 73 gegenüberliegenden Ende ist die Zulaufbohrung 77 durchmessererweitert, wobei die selbe Bohrungserweiterung an dem gegenüberliegenden Ende des Ankers 73 für dessen Mittelbohrung 76 vorgesehen ist. Die durch diese Durchmessererweiterungen geschaffenen Schultern am Ende der Bohrung 77 und dem gegenüberliegenden Ende des Ankers 73 dienen als Auflager für die Zugfeder 74. Am vorderen Ende des kolbenförmigen Ankers bzw. Ventilorgans 72 sind in axialer Richtung voneinander beabstandet eine Anzahl radialer Schlitze 78 ausgebildet. Am in Hubrichtung des Ankers 72 vorderen Ende ist in der Bohrung 73 für den Anker eine Ringnut 79 ausgebildet, die in einen Ablauf 80 mündet.

Kraftstoff fließt von der Zulaufbohrung 77 durch die Mittelbohrung 76 in die Ablaufbohrung 80, wenn die Spule 71 von einem Erregerstrom durchflossen ist, so daß sich der Anker/das

Ventilorgan 72 sich in Anlage an der Gehäusestirnfläche 75 befindet. Wird der Erregerstrom der Spule 71 abgeschaltet, so drückt die Feder 74 das Ventilorgan 72 nach rechts in eine Schließstellung. Bei der Schließbewegung des Organs 72 wird zunächst die Ringnut 79 verschlossen, so daß ein Druckstoß entsteht. Bei der weiteren Schließbewegung des Organs 72 kommen die im Organ 72 radial angeordneten Schlitze 78 mit der Ringnut 79 und damit der Ablaufbohrung 80 fluchtend aufeinanderfolgend zur Deckung, so daß sich der Druck zunächst abbauen kann, bis im weiteren Verlauf der Schließbewegung die Ringnut 79 wiederum vom kolbenförmigen Organ 72 verdeckt wird usw.. Durch die Anzahl der radialen, axial voneinander beabstandeten Schlitze 78 wird die Anzahl der erreichbaren Einspritzdruckspitzen bestimmt, wobei die Druckspitzenfolge bestimmt wird vom axialen Abstand der Schlitze 78 zueinander. Typische mit einem derartigen Absperrventil erreichbare Druckverläufe sind in Fig. 16 dargestellt, wobei das Ausmaß des Druckabfalls zwischen aufeinanderfolgenden Druckspitzen von der axialen Breite der Schlitze 78 im Ventilorgan 72 abhängt.

Eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ist in Fig. 17 gezeigt. Bei dieser Variante ist die Druckstoßeinrichtung getrennt ausgebildet von einer Kraftstoffansaug- und Abspritzeinrichtung. Die Druckstoßeinrichtung umfaßt eine Fluidbeschleunigungspumpe 1 der in Fig. 11 dargestellten Art, in der die Funktion des Absperrventil ebenso integriert ist wie diejenige des Rückschlagventils 19. Die Druckstoßeinrichtung ist als geschlossenes System ausgebildet, d.h. die Schwungleitung ist am Pumpeneinlaß und -auslaß angeschlossen, und in diesem Kreislauf zirkuliert ein geeignetes inkompressibles Fluid. Diese Druckstoßeinrichtung ist über eine Membraneinrichtung 90 an die Kraftstoff-Abspritzeinrichtung angeschlossen, die im vorliegenden Falle neben dem Kraftstoffvorratsbehälter 2 und der Einspritzdüse 5

zwei in Serie mit der Einspritzdüse 5 geschaltete Rückschlagventile 91 und 92 umfaßt, wobei ein Abzweig zwischen den beiden Rückschlagventilen an die Membraneinrichtung 90 angeschlossen ist, die andererseits über eine Leitung 93 an die Schwungleitung 3 der separaten Druckstoßeinrichtung angeschlossen ist. Die Rückschlagventile 91 und 92 sind derart ausgelegt, daß dann, wenn die Membran 30 durch einen von der Druckstoßeinrichtung in der vorstehend beschriebenen Weise erzeugten Druckstoß ausgelenkt wird, das dem Vorratsbehälter 2 benachbarte Rückschlagventil 91 durch den im Leitungsabschnitt 94 enthaltenen Kraftstoff in seine Schließstellung gedrängt wird, während dieselbe Kraftstoffmasse durch den anliegenden Druck das an die Einspritzdüse 5 angeschlossene Rückschlagventil 92 öffnet, wodurch über diese Düse Kraftstoff abgespritzt wird. Nach Beendigung des Druckstoßes geht die Membran der Membraneinrichtung 90 in ihre Ausgangsstellung zurück, wodurch in dem Leitungsabschnitt 94 ein Unterdruck entsteht, durch welchen das Rückschlagventil 92 geschlossen und das Rückschlagventil 91 unter Ansaugen von Kraftstoff aus dem Vorratsbehälter 2 geöffnet wird.

Fig. 18 zeigt eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, die nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip arbeitet.

Auch die Vorrichtung gemäß Fig. 18 umfaßt eine Pumpe 1, deren Auslegung im wesentlichen derjenigen der Pumpe 1 von Fig. 4 entspricht, mit der Ausnahme, daß der Förderkolben nicht in einen Kolbenteil und eine Kolbenstange differenziert ist; vielmehr ist der Kolben 16 unmittelbar an den Anker 12 angeschlossen. Der Kolben 16 taucht in einen Verdrängungsraum 100 ein. An den Verdrängungsraum 100 schließt sich eine Druckleitung 101 an, an deren Ende das Einspritzventil 5 angeschlossen ist.

Am Anfang der Druckleitung 101, in unmittelbarer Nähe zu dem Verdrängungsraum 100 weist die Druckleitung 101 eine Öffnung 102 auf, an die eine Kraftstoffzufuhrleitung 103 angeschlossen ist. In der Kraftstoffzufuhrleitung 103 sitzt ein Absperrventil 104. Das Absperrventil 104 weist eine federbelastete Ventilplatte 105 auf, die mit einem Anker 106 verbunden ist. Der Anker 106 weist eine Mittelbohrung 107 und rechtwinklig dazu angeordnet eine Bohrung 108 auf. In der Ruhestellung ist das Absperrventil 104 geöffnet, d.h. der Anker 106 wird durch eine Feder 109 in eine Endlage gedrückt, in der Kraftstoff aus dem nicht dargestellten Ende der Zufuhrleitung 103 aus einem nicht dargestellten Vorratsbehälter um die Ventilplatte 105 durch die Bohrungen 108 und 107 zu der Druckleitungsöffnung 102 zu fließen vermag.

Der erfindungsgemäße Einspritzvorgang verläuft wie folgt. Bei vollständig gefüllter Druckleitung 101 wird zu einem geeigneten Zeitpunkt die Magnetspule 11 erregt, wodurch der Anker 12 aus seiner Endlage heraus beschleunigt wird, wobei der Kolben 16 in den Verdrängungsraum, der ebenfalls mit Kraftstoff gefüllt ist, eintaucht. Der von dem Kolben 16 verdrängte Kraftstoff fließt durch die Schwungleitungsöffnung 102, die Mittelbohrung 107, die Querbohrungen 108 und den vorratstankseitigen Teil der Leitung 103 ab. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wird das Absperrventil 104 aktiviert, wobei die Ventilplatte 105 an ihrem Ventilsitz zu liegen kommt und das Ventil sperrt. Hierdurch wird die Schwungleitungsöffnung 11 verschlossen, so daß kein weiterer Kraftstoff aus dem Systemverdrängungsraum 100/Druckleitung 101 entweichen kann. Kolben 16 und Anker 12 werden als Folge schlagartig abgebremst und geben die in ihnen gespeicherte kinetische Energie an den inkompressiblen Kraftstoff ab, was eine Druckwelle zur Folge hat, durch welche Kraftstoff aus der Druckleitung 101 über das Einspritzventil 5 abgespritzt wird, das in an sich be-

kannter Weise hydraulisch betätigbar und federbelastet ausgeführt ist.

Die Ansteuerung der Kolbenpumpe 1 und des Absperrventils 104 erfolgt durch eine gemeinsame, nicht dargestellte Steuerelektronik, die es auch vorsehen kann, daß die Magnetspule 11 der Pumpe 1 nach dem Schließen des Ventils 104 eine bestimmte Zeit lang erregt bleibt. Wesentlich ist, daß sowohl das Zulaufventil 104 wie die Pumpe 1 steuerbar sind, so daß durch eine variablen Vorhub des Kolbens 16 der Pumpe 1, dies ist der Hub bei geöffnetem Ventil 104, sowie dadurch, daß nach dem Schließen des Zulaufventils 104 die Antriebsmagnetspule 11 der Pumpe 1 verschieden lange mit verschieden hoher Intensität eingeschaltet sein kann, die Kraftstoff-Einspritzmenge sowie deren Druckverlauf sich nahezu beliebig beeinflussen lassen, wodurch der Einspritzvorgang optimal an den jeweiligen Motor sowie dessen Betriebsbedingungen angepaßt werden kann.

Fig. 19 schließlich zeigt eine erfindungsgemäße Schaltung zur Ansteuerung eines elektromagnetisch ansteuerbaren Absperrventils für eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff gemäß der Erfindung.

Um ein Absperrventil für die erfindungsgemäße Vorrichtung bei hochtourigen Brennkraftmaschinen naturgemäß kurz zur Verfügung stehenden Zeiten ordnungsgemäß ansteuern zu können, sind folgende Forderungen zu erfüllen:

Das Magnetventil bzw. Absperrventil muß sehr schnell anziehen (Anzugszeit kleiner als etwa 1,5 ms), die Offenzeit muß steuerbar sein (etwa 0,5 - 6 ms), das Magnetventil muß schnell schließen bzw. abfallen (etwa 3 ms) und die Anzug- bzw. Abfallzeiten sollen über alle Arbeitsspiele konstant bei geringer Energieaufnahme sein.

Um eine sehr geringe Anzugszeit zu erreichen, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, das Magnetventil mit einem sehr hohen Strom anzusteuern, der so groß ist, daß das Magnetventil zerstört werden würde, wenn dieser hohe Strom während der Offenzeit weiterfließt.

Erfindungsgemäß ist es daher vorgesehen, den hohen Einschaltstrom nach Anziehen des Ventils auf einen wesentlich geringeren Haltestrom zu reduzieren.

Es wird also während des Öffnungsvorgangs des Ventils eine hohe Leistung zugeführt, die reduziert wird, sobald das Ventil geöffnet hat. Fig. 19 zeigt eine Schaltung, um ein solches Verhalten - hoher Einschaltstrom und geringer Haltestrom - zu realisieren.

Dabei ist die Schaltung für ein Ventil ausgelegt, das in seiner Ruhestellung, d.h. wenn der Kolben in seiner federbelasteten Endlage ist, geöffnet ist.

Die Schaltung besteht zunächst aus einer Serienschaltung aus der Magnetwicklung des Ventils, der Drain-Source-Strecke eines Schalttransistors Q1 in Form eines MOSFET und dem Rückschlagventil.

Die über dem Widerstand des Rückschlagventils abfallende Spannung ist ein Maß für den in der Magnetwicklung des Ventils fließenden Stroms.

Die Schaltung weist weiter einen als Komparator geschalteten Operationsverstärker IC1 auf, an dessen einen Eingang über einem Widerstand R2 die über den Widerstand des Rückschlagventils abfallende, den in der Ventilwicklung fließenden Strom repräsentierende Spannung anliegt.

An dem zweiten Eingang des Komparators bzw. des Operationsverstärkers IC1 liegt eine Spannung an, die über dem Widerstand R3 abfällt. Der Widerstand R3 ist je nach Schaltzustand eines Flip-Flops IC2 entweder mit einem einstellbaren Widerstand R4 oder einem einstellbaren Widerstand R5 zu einem Spannungsteiler zusammengeschaltet.

Der Gate-Anschluß des MOSFET Q1 wird über einen Widerstand R6 angesteuert, der am Ausgang und UND-Gatters IC3 angeschlossen ist. Die beiden Eingänge des UND-Gatters sind einerseits mit einem Signaleingang und andererseits mit dem Ausgang des Komparators IC1 verbunden.

Der Signaleingang führt auf den Setzeingang des Flip-Flops IC2, und der Ausgang des Komparators IC1 ist mit dem Rücksetzeingang des Flip-Flops IC2 verbunden.

Die Funktionsweise der Schaltung ist wie folgt. Im Ruhezustand liegt an dem Signaleingang kein Signal an. Das Ventil befindet sich in seiner Ruhestellung, d.h. die Magnetspule ist nicht von Strom durchflossen. Der Schalttransistor Q1 sperrt, demgemäß fällt über dem Widerstand Rückschlagventil eine Spannung ab. Der Ausgang des Komparators IC1 steht auf LOGISCH 1. Wird nun am Signaleingang eine Spannung angelegt, die LOGISCH 1 entspricht, so liegen an beiden Eingängen des UND-Gatters IC3 LOGISCH 1 an, so daß der Schalt-MOSFET Q1 über R6 angesteuert wird und durchschaltet.

Gleichzeitig liegt auf dem Setzeingang des Flip-Flops IC2 LOGISCH 1 an, so daß der aus R4 und R3 bestehende Spannungsteiler mit Spannung beaufschlagt wird. Die nun über R3 abfallende Spannung ist ein Maß für den maximalen Einschaltstrom. Aufgrund der Induktivität des Magnetspule des Ventils baut sich der Anzugsstrom langsam auf, bis die über das Rück-

schlagventil abfallende Spannung größer wird als die über R3 abfallende Spannung. Sobald die über das Rückschlagventil abfallende Spannung größer ist als die über R3 abfallende Spannung, schaltet der Ausgang des Komparators IC1 auf LOGISCH 0. Das Flip-Flop IC2 schaltet daher um, so daß nunmehr der Spannungsteiler, gebildet aus R3 und R5, wirksam wird. Die nunmehr über R3 abfallende Spannung ist dem Haltestrom proportional.

Gleichzeitig geht der Ausgang des UND-Gatters IC3 auf LOGISCH 0, so daß der Schalttransistor Q1 zunächst sperrt.

Da der Schalttransistor Q1 sperrt, fällt über das Rückschlagventil keine Spannung mehr ab, so daß der Komparatorausgang wieder auf LOGISCH 1 geht. Der Zustand des Flip-Flops IC2 verändert sich nicht mehr. Der Ausgang von IC3 geht wieder auf LOGISCH 1, wodurch der Schalttransistor Q1 wieder durchschaltet. Es fließt wieder ein Strom durch die Spule des Magnetventils, bis dieser Strom so groß wird, daß die über das Rückschlagventil abfallende Spannung größer ist als die über R3 anliegende Spannung, die nunmehr durch den Spannungsteiler R3/R5 festgelegt wird.

Auf diese Weise geht die Schaltung in einem sich wiederholenden Haltezyklus über, wobei der Haltestrom durch Einstellen des Widerstandes R 5 festgelegt werden kann.

Die Trägheit der Massen des Absperrventils führen dazu, daß das Ventil trotz des getakteten Haltestroms in seiner Schließstellung verharrt und kein unerwünschtes Abfallen auftritt.

Sobald der Signaleingang auf LOGISCH 0 gesetzt wird, wird der Haltestrom abgeschaltet und das Ventil fällt ab in seine Offenstellung.

Durch das Flip-Flop IC2 werden dem Komparator IC1 also zwei unterschiedlich einstellbare (nämlich an R4 und R5) Referenzspannungen zur Verfügung gestellt. Solange das am Signaleingang anliegende Eingangssignal LOGISCH 1 ist, taktet der Komparator IC1 jeweils bei Erreichen des eingestellten Maximalstroms den Schalttransistor über den UND-Gatter IC3 aus. Beim ersten Austakten wird auch das Flip-Flop umgeschaltet. Auf diese Weise wird einmalig ein hoher, danach immer wieder ein niedriger Maximalstrom (= Haltestrom) zugelassen.

Auf diese Weise wird ein schnelles Öffnen des Ventils ermöglicht, ohne daß der dazu notwendige Strom bei Halten des Ventils zu dessen Zerstörung führt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff für Brennkraftmaschinen, mit einer Einspritzdüse, der Kraftstoff durch eine Druckstoßeinrichtung zugeführt wird, die eine kraftstoffbeschleunigende Pumpe und eine den Kraftstoffffluß verzögernde Einrichtung umfaßt, durch deren Betätigung die kinetische Energie des beschleunigten Kraftstoffes schlagartig in eine den Kraftstoff über die Einspritzdüse abspritzende Stoßwelle umgewandelt wird, **gekennzeichnet durch** eine intermittierend betriebene Kraftstoffbeschleunigungspumpe (1).

2. Vorrichtung nach Anpsruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kraftstoffbeschleunigungspumpe eine Kolbenpumpe (1) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenpumpe (1) elektromagnetisch angetrieben ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **gekennzeichnet durch** eine gemeinsame elektronische Steuereinrichtung (8) für die Pumpe (1) und die elektrisch betätigbare Verzögerungseinrichtung (6).

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Verzögerungseinrichtung ein Absperrventil ist, das an einen Abzweig einer die Pumpe mit der Einspritzdüse verbindenden Schwungleitung angeschlossen ist, im geöffneten Zustand ein Abfließen des beschleunigten Kraftstoffes aus der Schwungleitung in den Abzweig zuläßt und bei schlagartigem Schließen die Druckstoßwelle erzeugt, durch welche

der Kraftstoff über die Einspritzdüse abgespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verdrängungsraum vor dem Förderkolben (16) der Kolbenpumpe (1) an die Schwungleitung (3) sowie über ein Rückschlagventil (10) an einen Kraftstoffvorratsbehälter angeschlossen ist, damit aus diesem beim Rückstellen des Kolbens (6) Kraftstoff in den Verdrängungsraum und damit in die Schwungleitung (3) zu fließen vermag.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (6) über eine Kraftstoffrücklaufleitung (7) mit dem Kraftstoffvorratsbehälter (2) verbunden ist.

7. Vorrichtung nach Anpsruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (6) mit dem Saugraum hinter dem Förderkolben (6) der Pumpe (1) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach Anpsruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Saugraum hinter dem Förderkolben (6) über ein Rückschlagventil (17) mit dem Verdrängungsraum vor dem Kolben (6) verbunden ist, damit beim Rückstellen des Kolbens (6) Kraftstoff aus dem Saug- in den Verdrängungsraum zu strömen vermag.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kolbenpumpe (2) einen Solenoidantrieb umfaßt, dessen Anker (12) über eine Kolbenstange (14) mit dem Förderkolben (16) verbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Förderkolbenrückseite zusätzlich mit einem Druckspeicher (20) zur Kompensation des Differenzdruckes, der auf der Flächendifferenz zwischen der vollflächigen Kolbenvorderseite und der durch den Anschluß der Kolben-

stange (14) an den Kolben (16) bedingten Ringfläche der Kolbenrückseite beruht, in Verbindung steht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb der Kolbenpumpe (1) ein Solenoid umfaßt, dessen Anker (12) als Förderkolben mit zwei gleich großen Stirnseiten ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (6) ein elektromagnetisch betätigbares Ventil ist.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kolbenpumpe (1) und das Absperrventil (6) als bauliche Einheit ausgeführt sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kolbenpumpe (1) und das Absperrventil (6) in einem gemeinsamen Gehäuse (22) angeordnet sind und jeweils aus unmittelbar zueinander benachbarten Solenoiden bestehen, deren Anker (12 und 28) als Förderkolben bzw. als kolbenförmiges Ventilorgan ausgebildet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **gekennzeichnet durch** eine im wesentlichen koaxiale Anordnung von Förderkolben (12) und kolbenförmigem Ventilelement (28).

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang des Absperrventils (6) über einen kurzen Kanal (32) mit dem rückwärtigen Saugraum der Pumpe (1) verbunden ist, in den ein weiterer Kanal (33) mündet, der an das Rückschlagventil anschließbar ist, das in Verbindung mit dem Kraftstoffvorratsbehälter (2) steht.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Ventilorgan ein federrückgestellter hohler Kolben (Kolben mit Sacklochbohrung) (28) mit frontseitigen Fluidaustrittsöffnungen (31) ist, die in Schrägflächen des Kolbens (28) münden, die mit entsprechenden Schrägflächen (30) (Ventilsitz) am vorderen Ende einer den Kolben aufnehmenden Bohrung in Dichteingriff zu gelangen vermögen.

18. Vorrichtung nach Anpsruch 17, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Schrägflächen am Kolbenvorderende sowie am gegenüberliegenden Ende der Kolbenbohrung konisch umlaufende Fläche sind.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet,** daß das den hinter dem Förderkolben (12) gelegenen Saugraum mit dem vor dem Förderkolben gelegenen Verdrängungsraum verbindende Rückschlagventil (19) in den Förderkolben (12) integriert ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Rückschlagventil (19) ein Ventilorgan (34) umfaßt, das in einer Durchgangs- oder Mittelbohrung des Förderkolbens (12) angeordnet und mittels einer Feder (35) gegen ein Ventilsitz am in Förderrichtung hinteren Ende des Förderkolbenhohlraums gedrängt ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** daß das Absperrventil (6) ein nach dem Bernoulli-Prinzip gesteuertes Ventilorgan ist, das in der Durchlaßstellung federvorgespannt unter Ausbildung eines Spaltes von seinem Ventilsitz beabstandet ist und seine Schließstellung am Ventilsitz schlagartig einnimmt, wenn der Kraftstoff aufgrund der Pumpenförderleistung eine vorgegebenen Durchflußgeschwindigkeit erreicht.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Druckleitung von der Pumpe (1) zur Einspritzdüse (3) zur Verhinderung einer Gasblasenbildung durch Einsaugen von Luft über die Einspritzdüse ein Rückschlagventil (65) angeordnet ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (6) und das Rückschlagventil (65) zusammen mit der Pumpe (1), insbesondere einer elektromagnetisch betätigten Kolbenpumpe als bauliche Einheit in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kolbenpumpe (1) als Verzögerungseinrichtung für den von der Pumpe beschleunigten Kraftstoff ausgebildet ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anker (12) des KolbenpumpenantriebsSolenoids als Förderkolben ausgebildet ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Förderhub der Kolbenpumpe (1) durch ein Anschlagmittel für den Förderkolben (12) begrenzt ist, wobei das Auftreffen des Förderkolbens (12) auf dem Anschlagmittel die Druckstoßwelle im Kraftstoff auslöst.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Anschlagmittel eine Verengung der den Förderkolben (12) im Pumpengehäuse aufnehmenden Bohrung ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verengung eine ringförmige Schulter (46) zwischen der Förderkolbenbohrung und einer in Förderrichtung

nachgeschalteten Bohrung (44) geringeren Querschnitts ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Förderkolben (12) eine Mittelbohrung aufweist und in Förderrichtung hinten durch ein Ventilorgan geschlossen ist, das entgegen der Förderrichtung des Kolbens federvorgespannt an seinem Ventilsitz anliegt.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Anschlagmittel ein auf der Höhe des Ventilorgans (19) angeordneter und mit diesem zusammenwirkender Anschlag (50) ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verzögerungseinrichtung ein in Reihe zum Förderkolben geschaltetes Ventil ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Wandung der Förderkolbenbohrung wenigstens eine mit einer Verbindungsleitung zur Einspritzdüse in Übertragungsverbindung stehende Öffnung (52) ausgebildet ist, die durch den Förderkolben (12) am Ende seines Förderhubes verschlossen wird.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Förderkolben hohl ausgebildet ist, wobei im Bereich seiner vorderen Stirnwand wenigstens eine Öffnung vorgesehen ist, die zum Ende des Förderhubs durch einen Wandabschnitt der Förderkolbenbohrung verschlossen wird.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 33, **dadurch gekennzeichnet**, daß Einlaß und Auslaß der Förderpumpe (1) durch die Schwungleitung (3) miteinander verbunden sind, wobei die Einspritzdüse (5) im Bereich des Pumpen-

einlasses von der Schwungleitung (3) abzweigt, während ein Kraftstoffvorratsbehälter (2) im Bereich des Pumpenauslasses über ein Rückschlagventil an die Schwungleitung (3) zum Nachfüllen von der über die Einspritzdüse abgespritzten Kraftstoffmenge in die Schwungleitung während des Saughubs der Pumpe angeschlossen ist.

35. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verzögerungseinrichtung für den von der Kolbenpumpe (1) beschleunigten Kraftstoff · ein Absperrventil (104) ist, das in der Kraftstoffleitung zur Pumpe (1) angeordnet ist und bei einem vorgegebenen Hub der Pumpe (1) schlagartig geschlossen wird.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (104) elektromagnetisch betätigbar ist.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35 oder 36, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Absperrventil (104) am pumpenseitigen Ende der Zulaufleitung (103) angeordnet ist.

38. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 37, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elemente der Druckstoßeinrichtung, vor allem die elektromagnetische Pumpe (1) und die Verzögerungseinrichtung (6) einen geschlossenen Steuerfluidkreis bilden, der mittels eines Übertragungsgliedes, wie z.B. eine Membraneinrichtung, an eine Kraftstoffversorgungsleitung von dem Kraftstoffvorratsbehälter (2) zur Einspritzdüse (5) angekoppelt ist, um die im Steuerfluidkreis erzeugte Druckstoßwelle auf die Kraftstoff-Druckleitung zum Abspritzen von Kraftstoff aus der Einspritzdüse (5) zu übertragen.

39. Verfahren zum Ansteuern eines elektromagnetischen Absperrventil, insbesondere für die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und 24 bis 38, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Absperrventil zum schnellen Öffnen ein hoher Strom (höher als der langzeitverträgliche Ventilbetätigungsstrom) zugeführt wird, und daß dieser Strom zum Offenhalten des Absperrventils unmittelbar nach Erreichen der Ventilöffnungsstellung auf einen zeitlichen Mittelwert abgesenkt wird, der für das Ventil unschädlich ist.

40. Verfahren nach Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Strom dem Ventil getaktet zugeführt wird, wobei der erste Takt zu dem Zeitpunkt endet, an welchem das Ventil durch den hohen Strom geöffnet worden ist, und wobei die nachfolgenden Taktzeiten durch das Erreichen eines die Ventilöffnungsstellung gewährleistenden niedrigeren Strompotenzials bestimmt sind.

41. Verfahren nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Strompotential zwischen den Takten auf den Wert 0 abgesenkt wird.

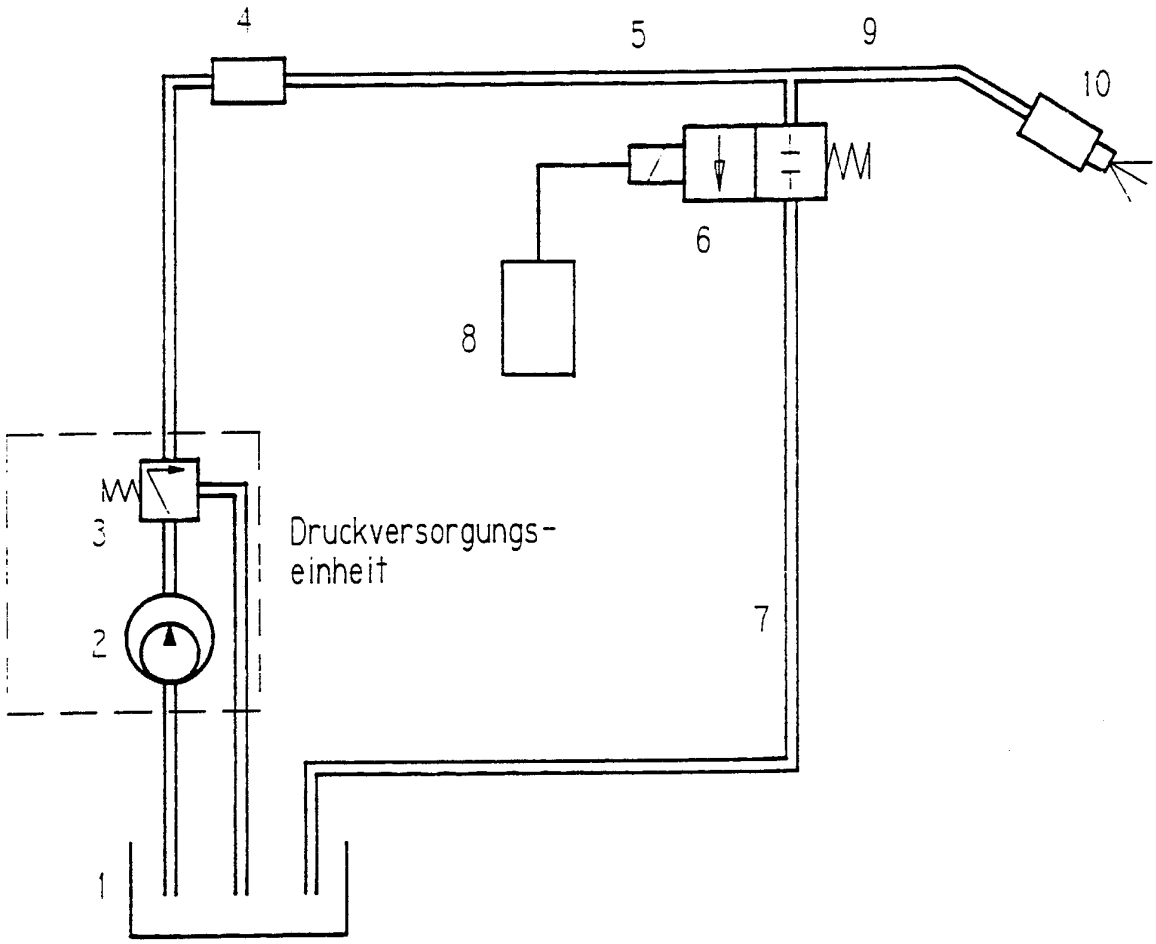


Fig. 1

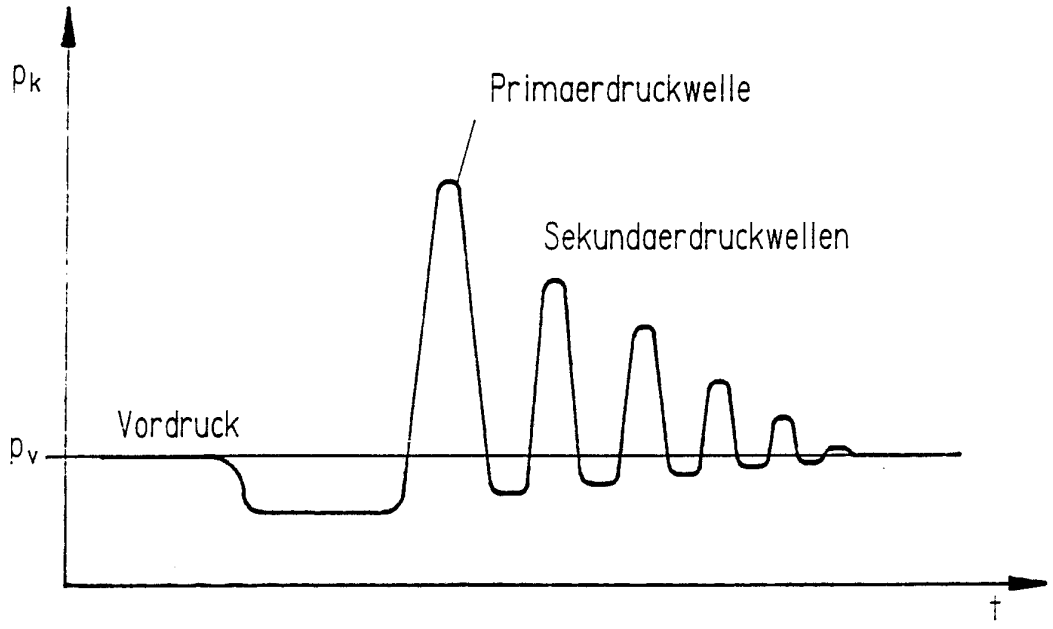

pk
Primaerdruckwelle
Sekundaerdruckwellen
Vordruck
pv
t

Fig. 2

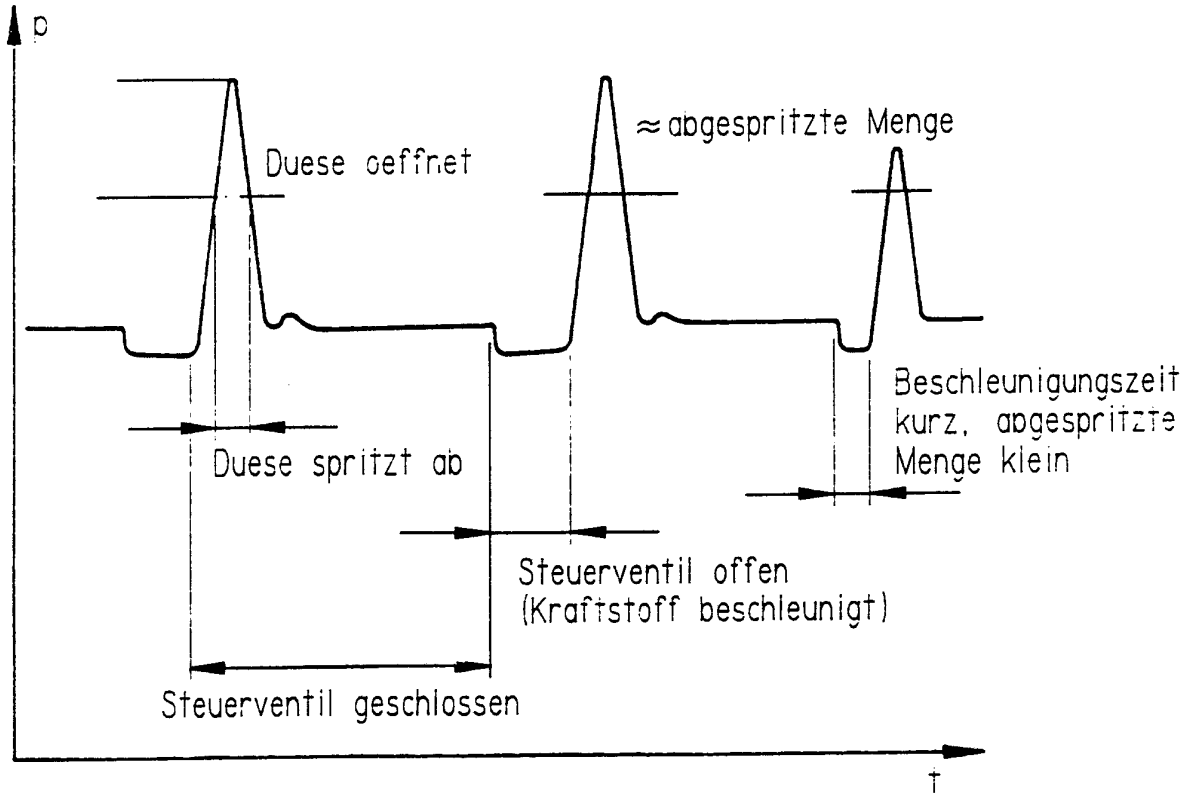

p
Duese geffnet
≈ abgespritzte Menge
Beschleunigungszeit
kurz, abgespritzte
Menge klein
Duese spritzt ab
Steuerventil offen
(Kraftstoff beschleunigt)
Steuerventil geschlossen
t

Fig. 3

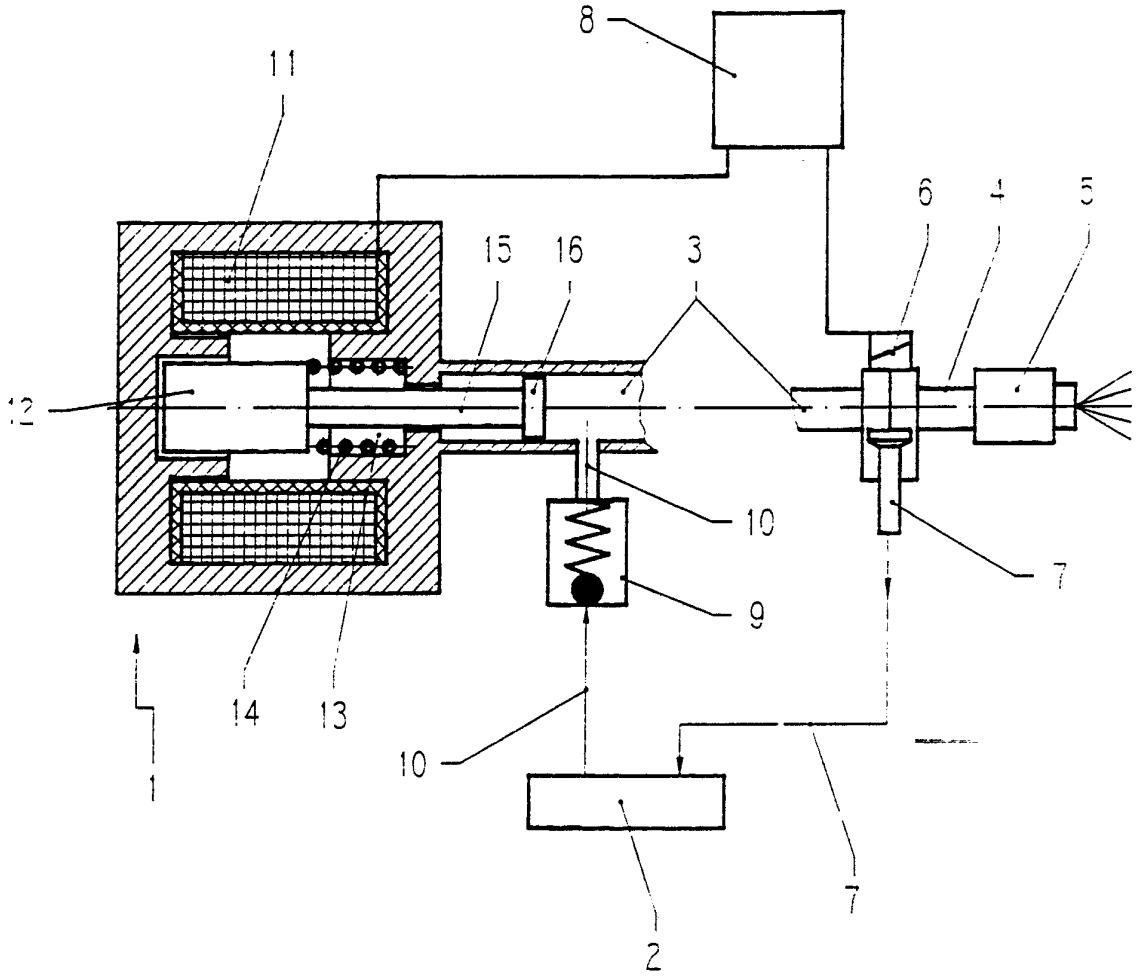


Fig. 4

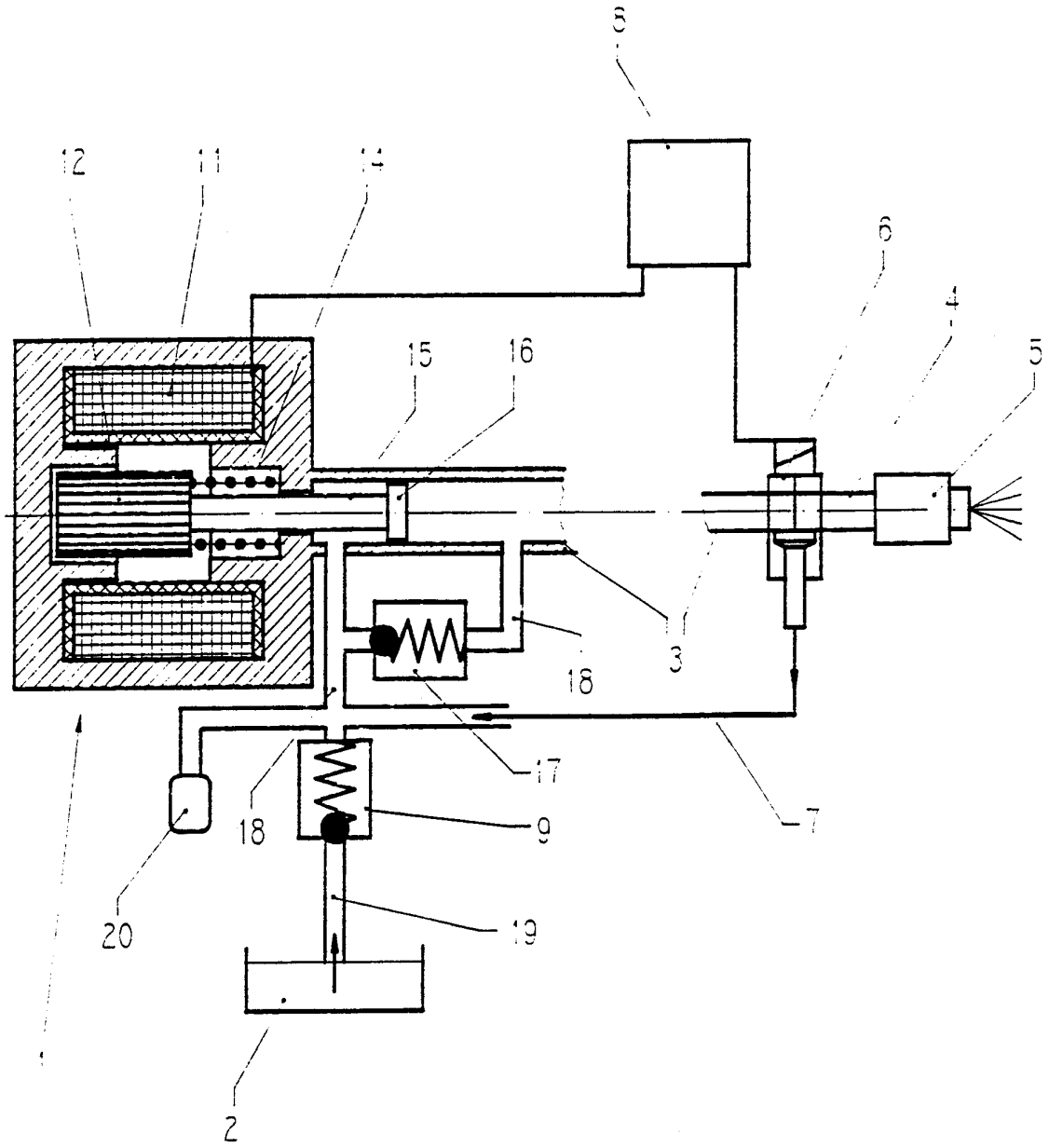


Fig. 5

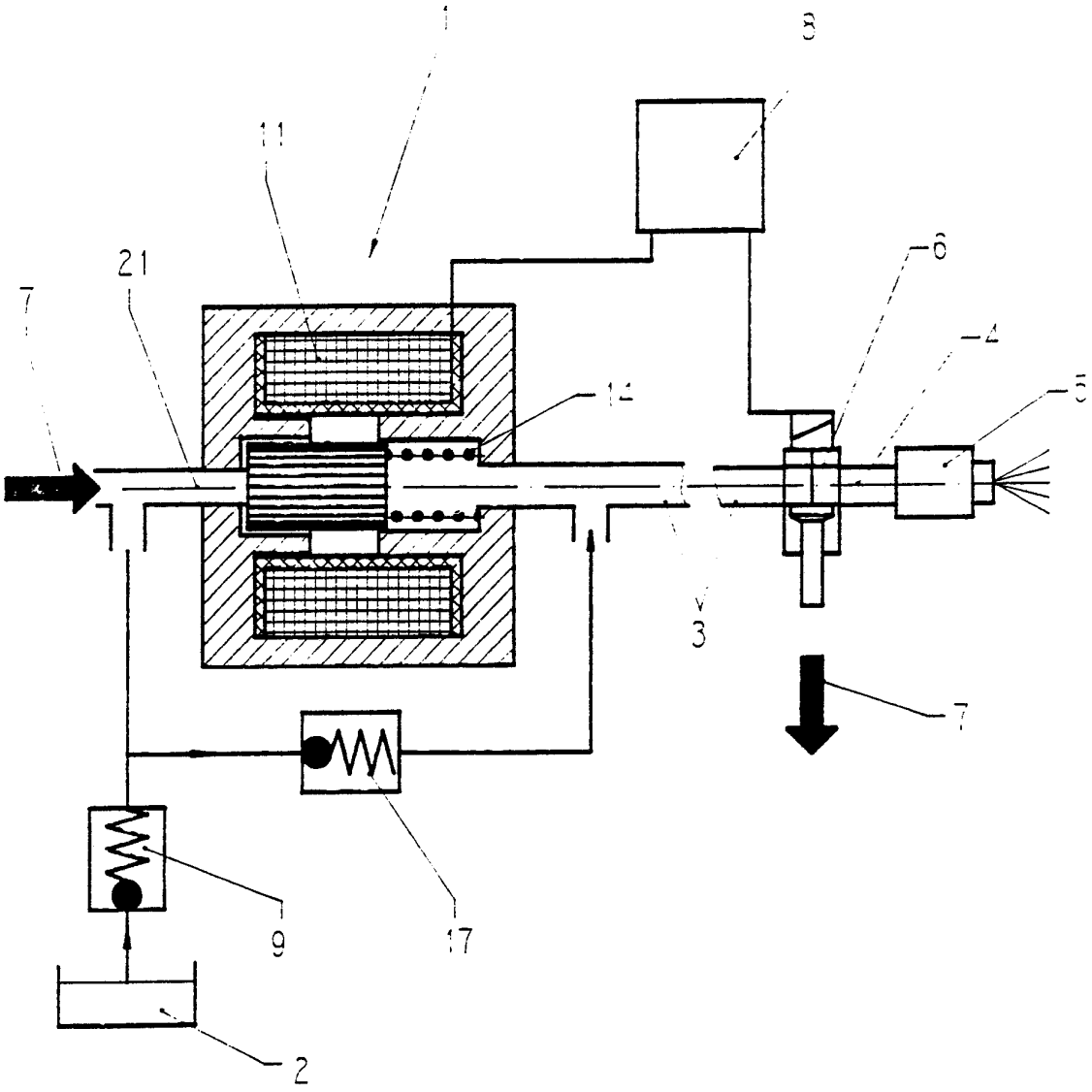


Fig. 6

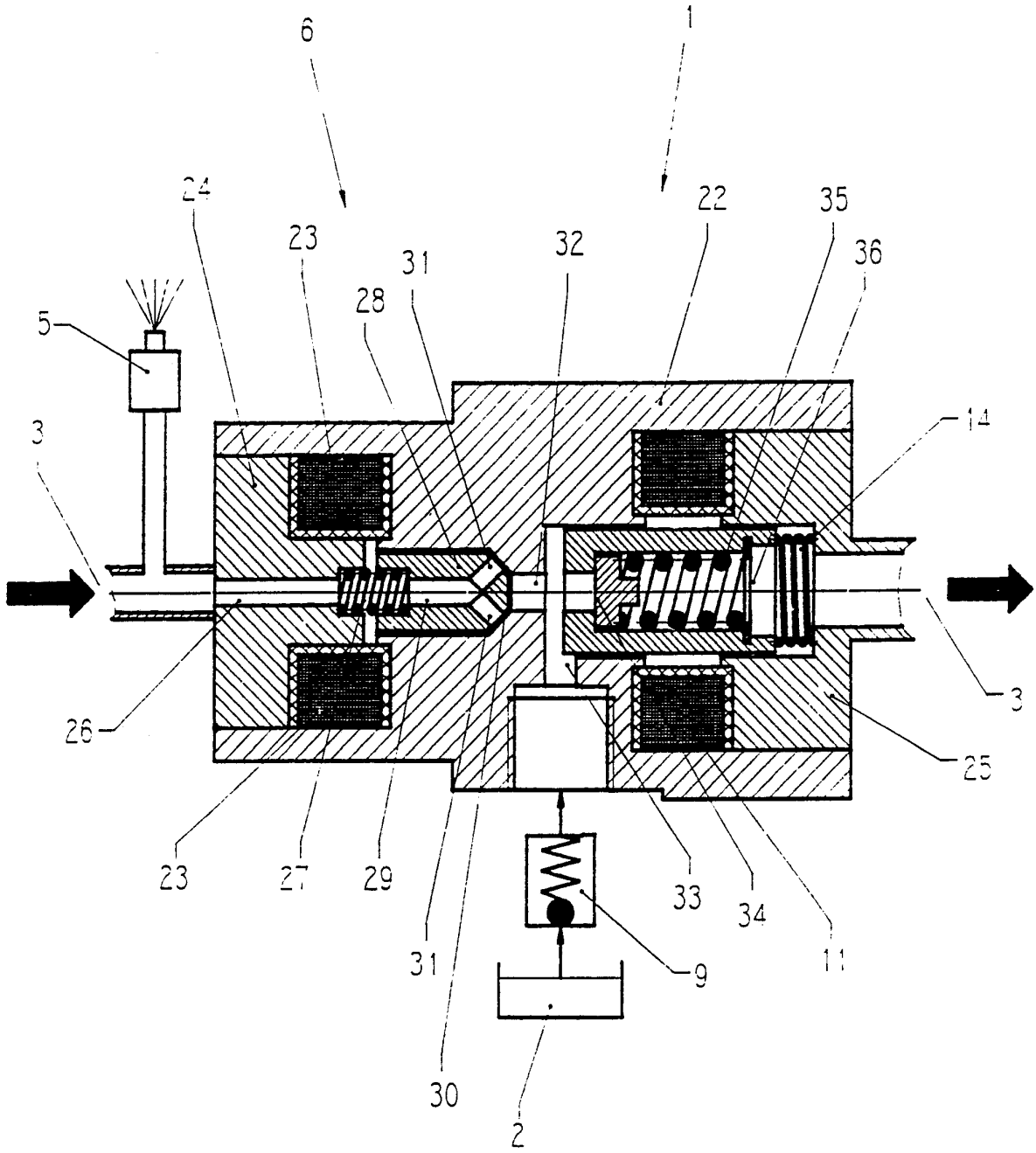


Fig. 7

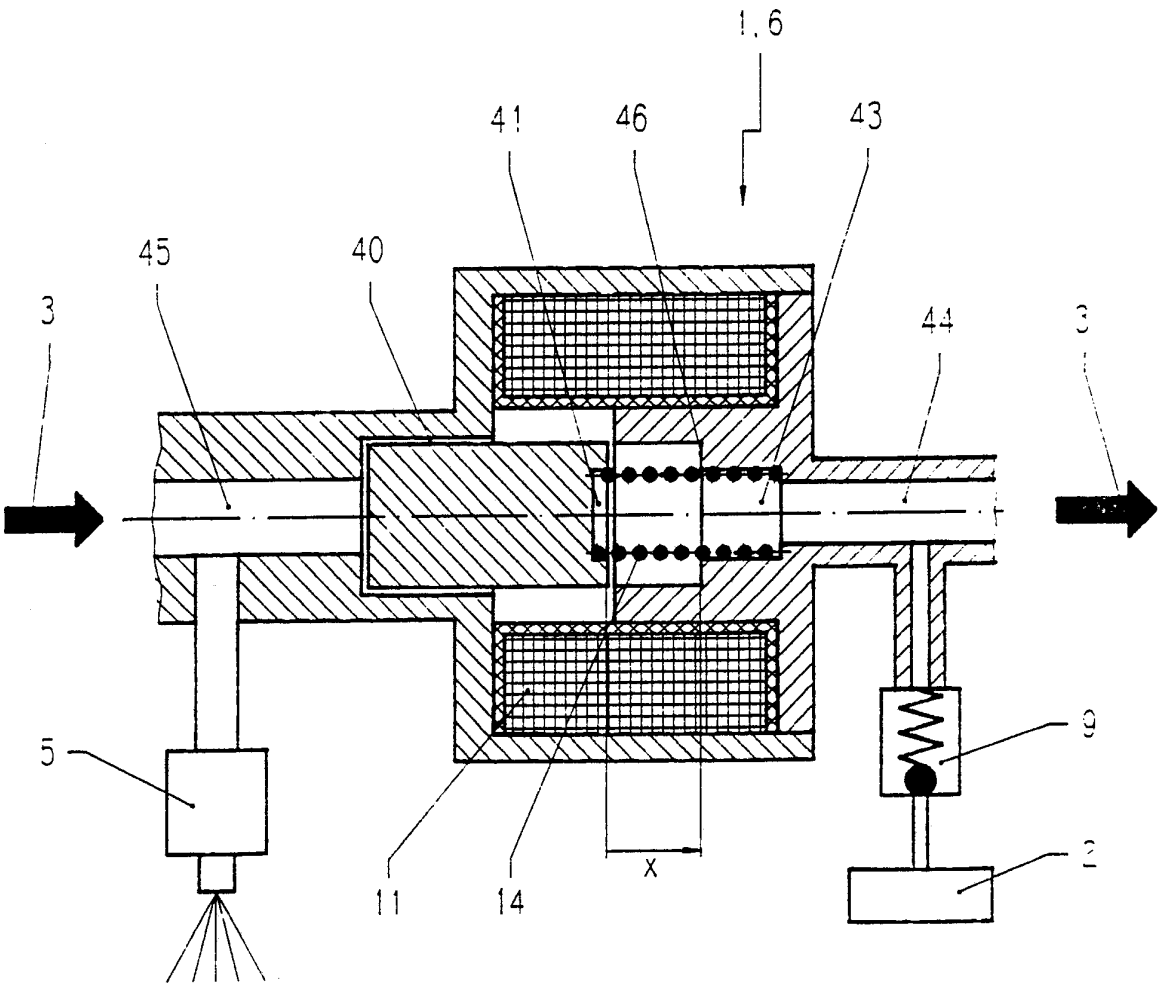


Fig. 8

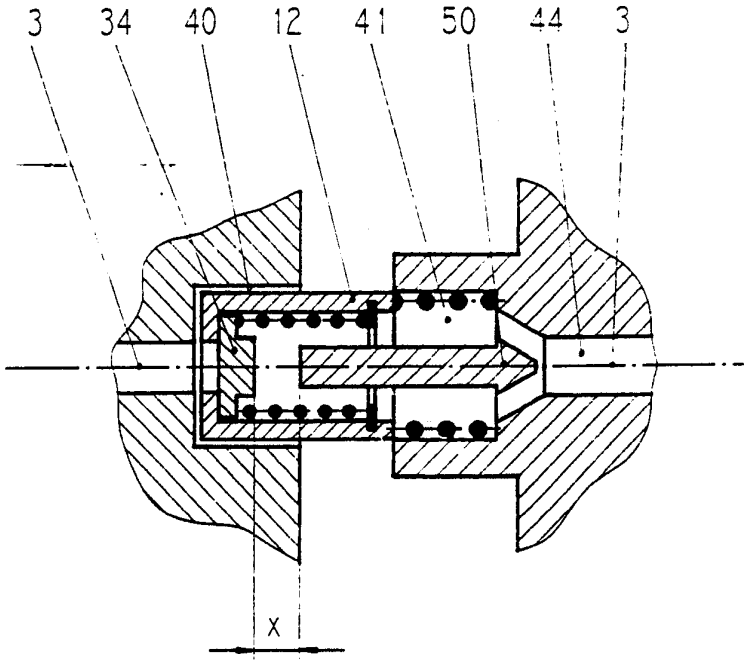


Fig. 9

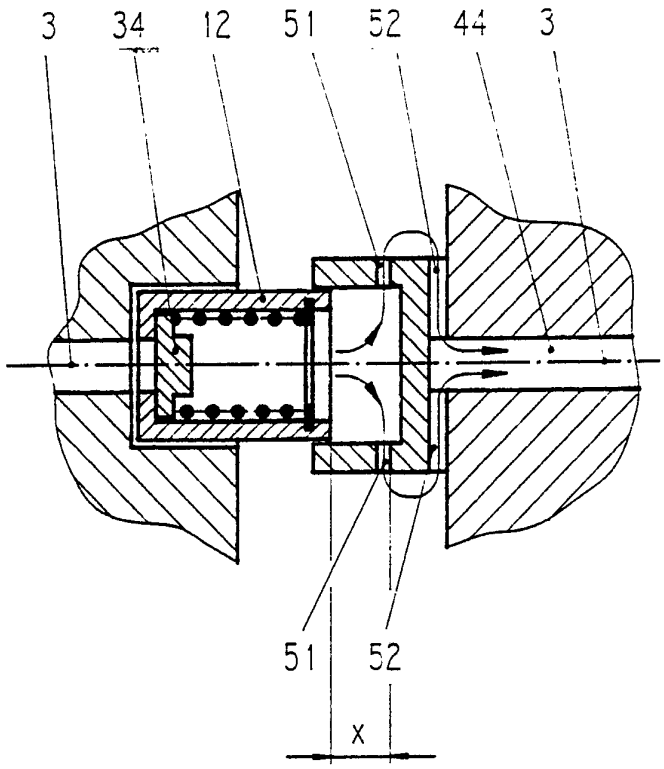


Fig. 10

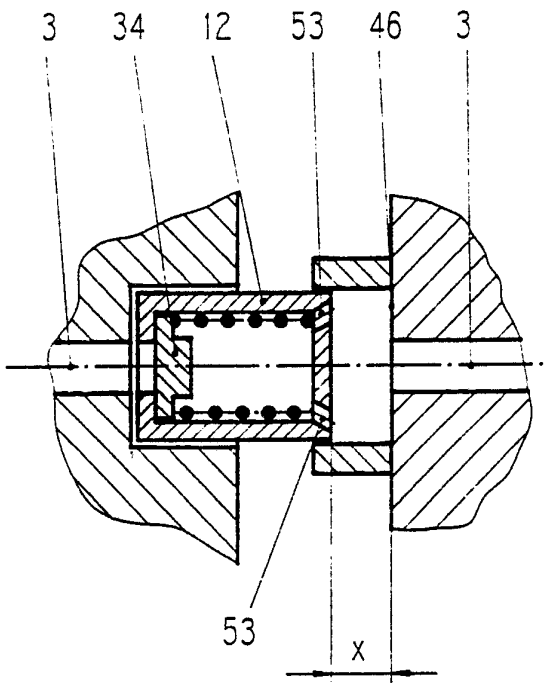
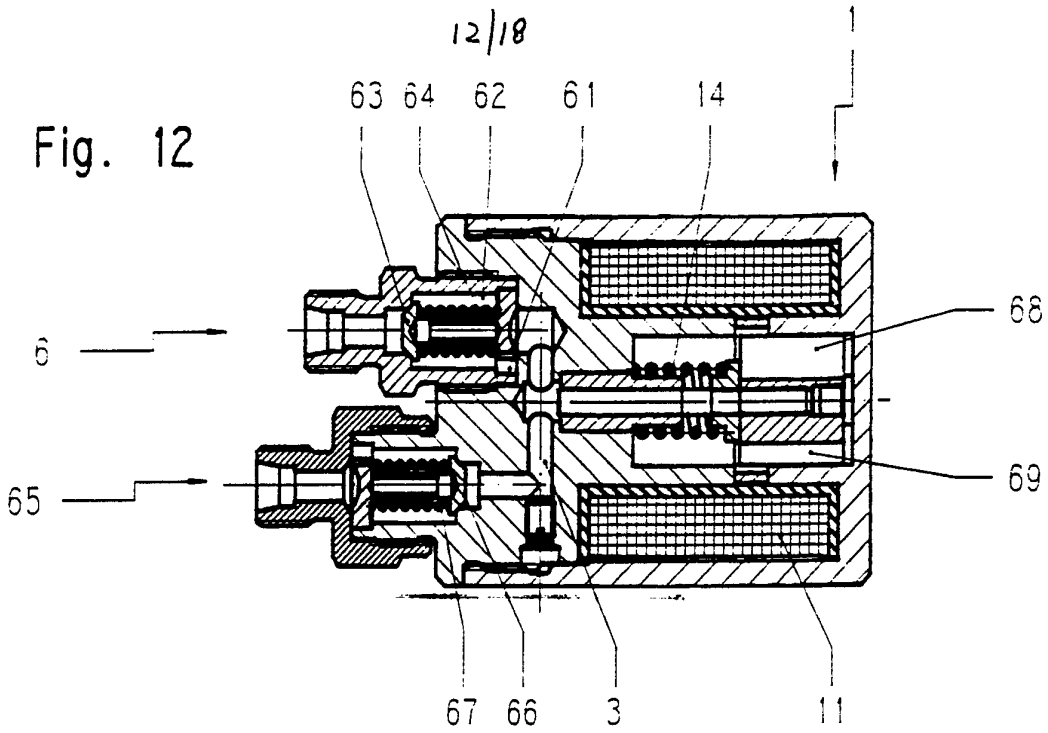


Fig. 11

Fig. 12



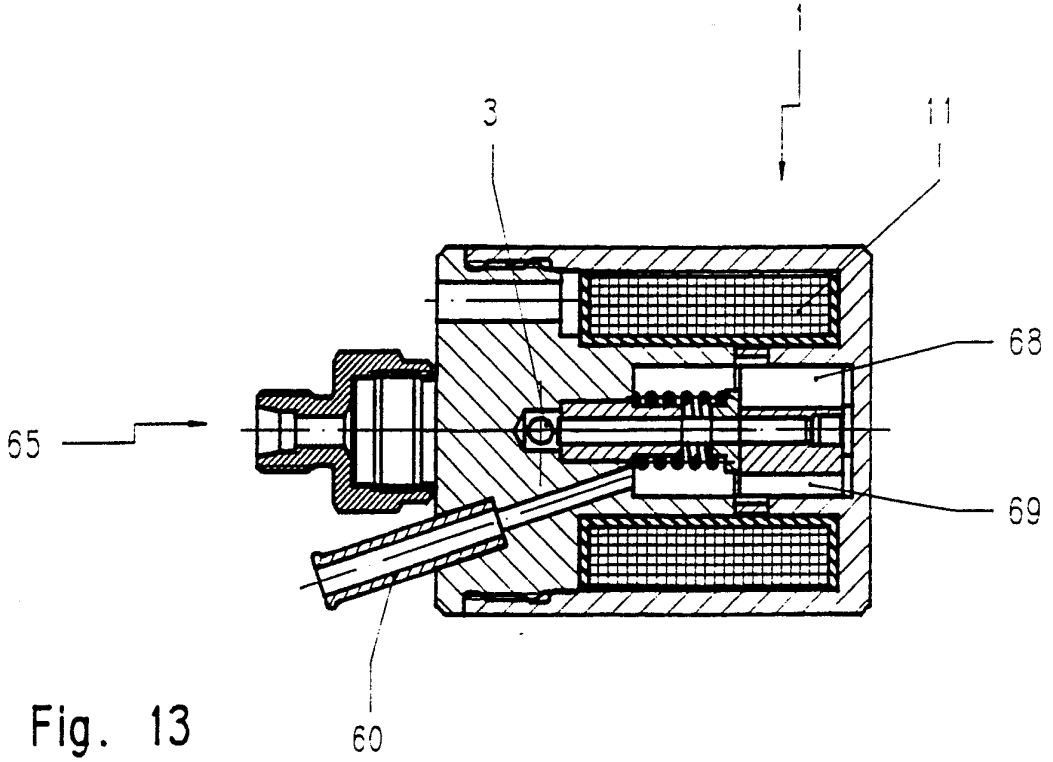


Fig. 13

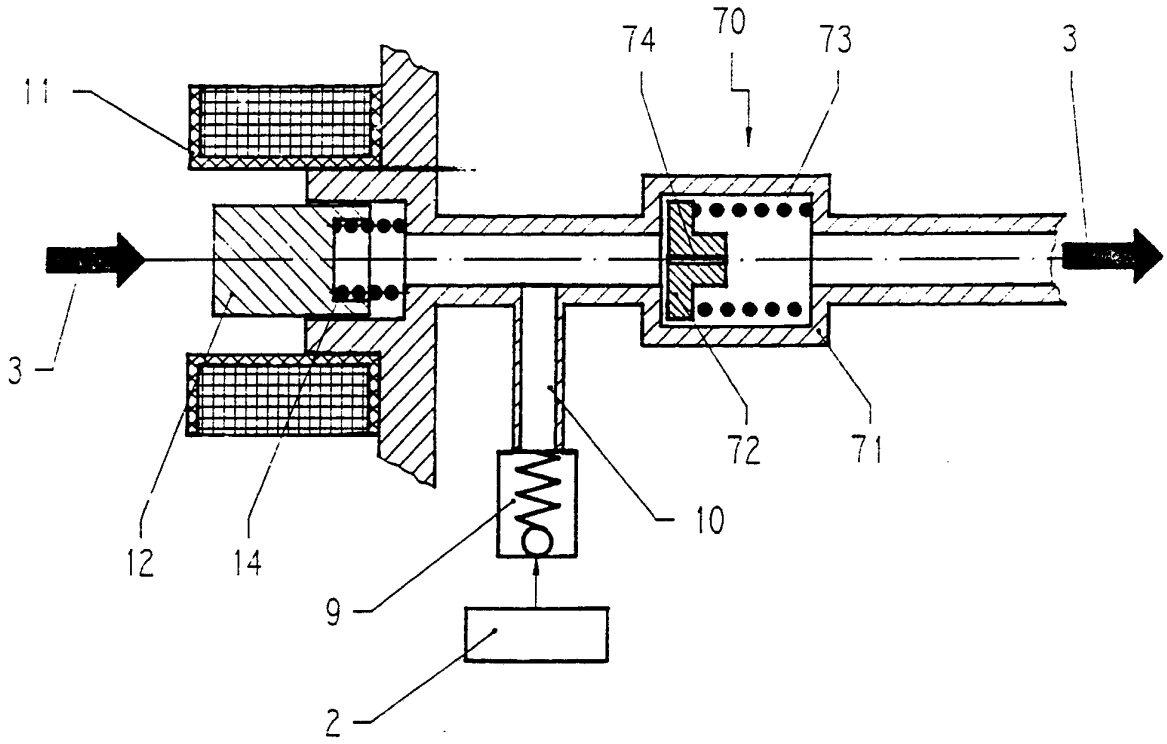


Fig. 14

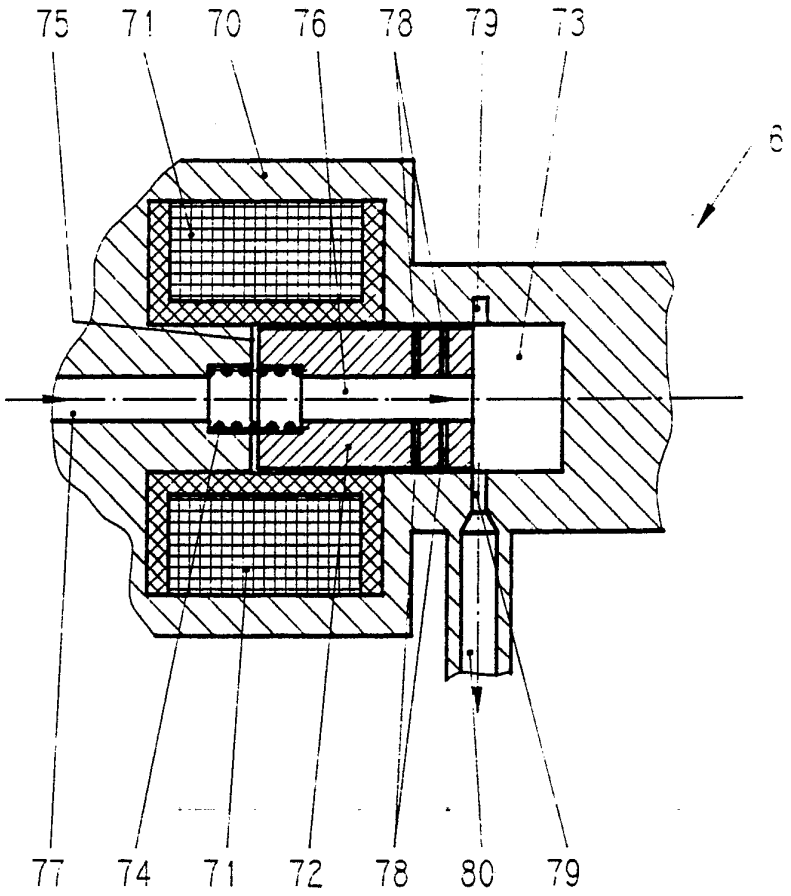


Fig. 15

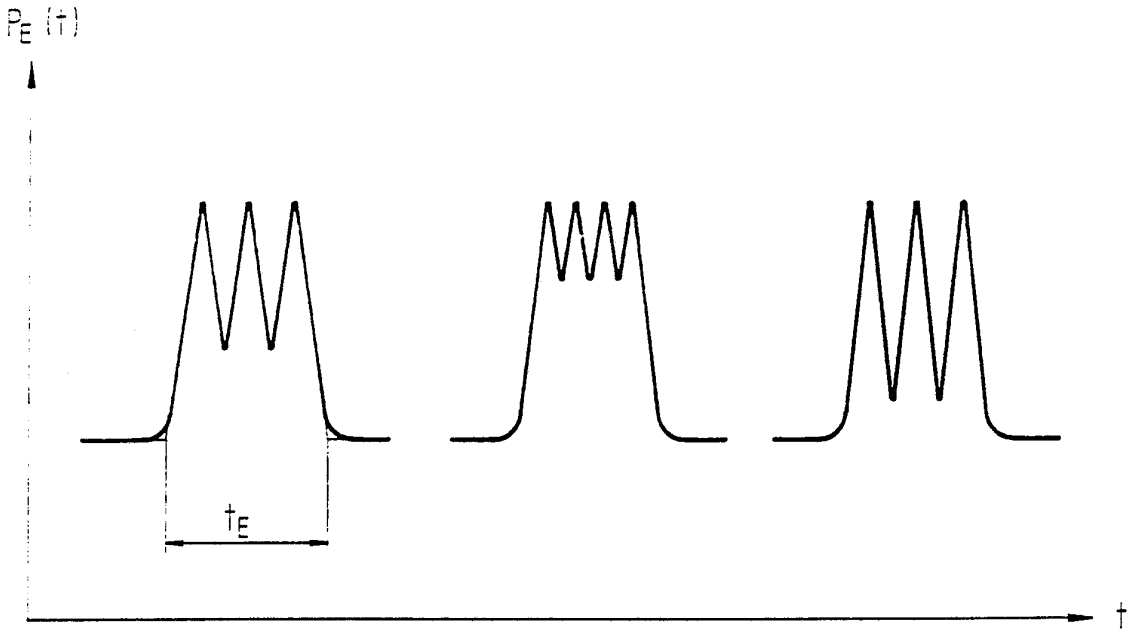


Fig. 16

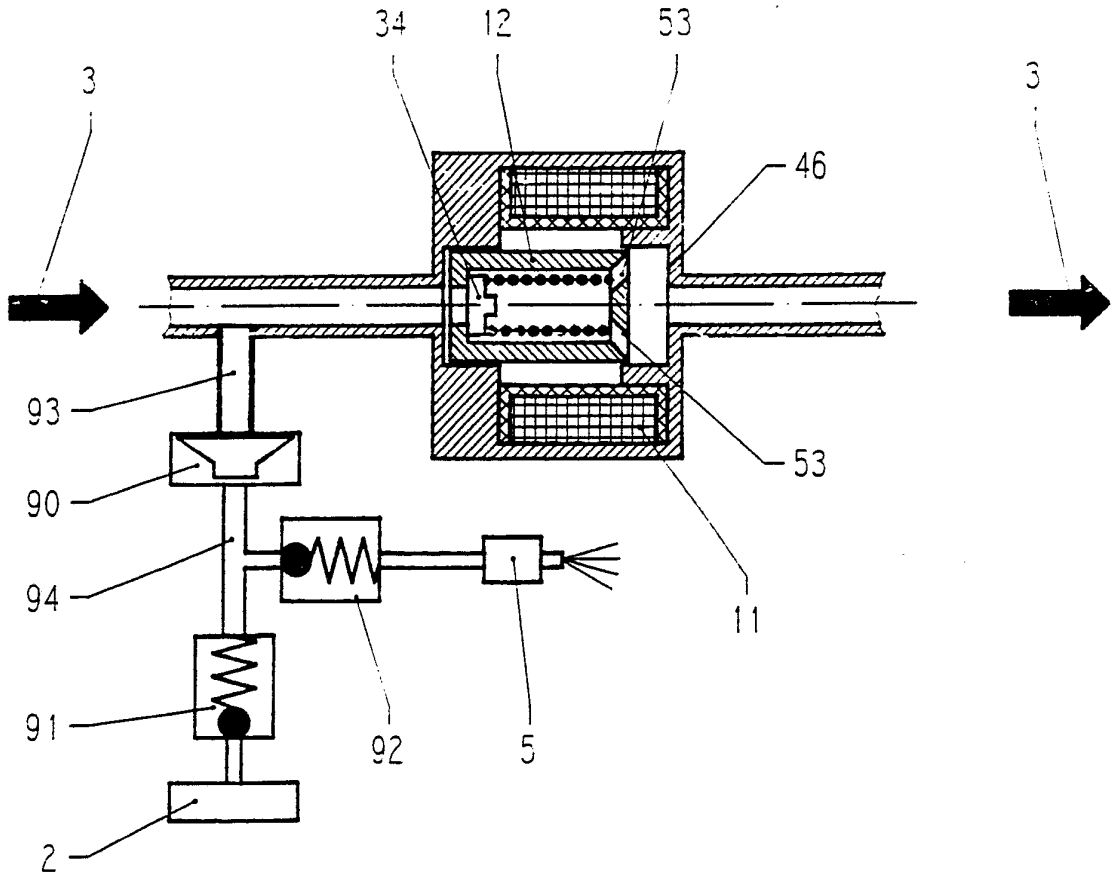


Fig. 17

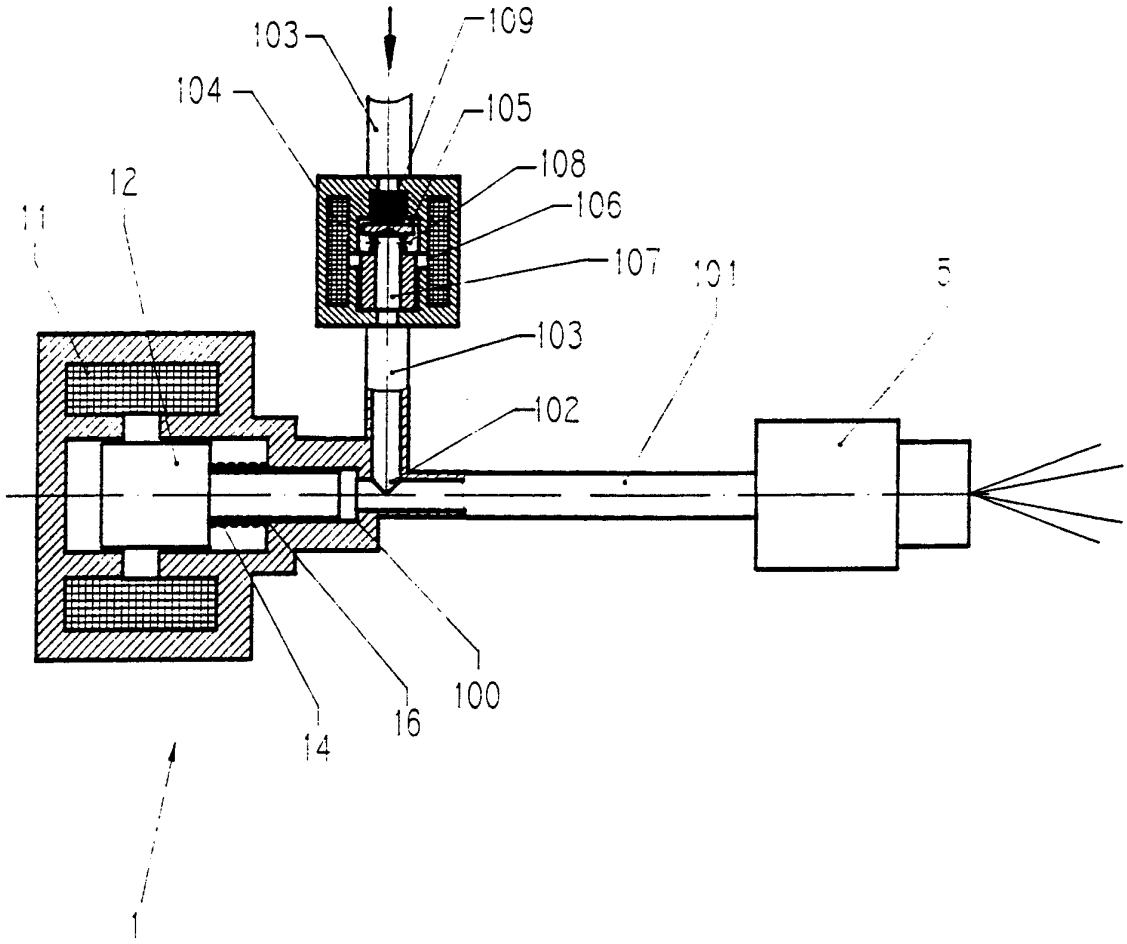


Fig. 18

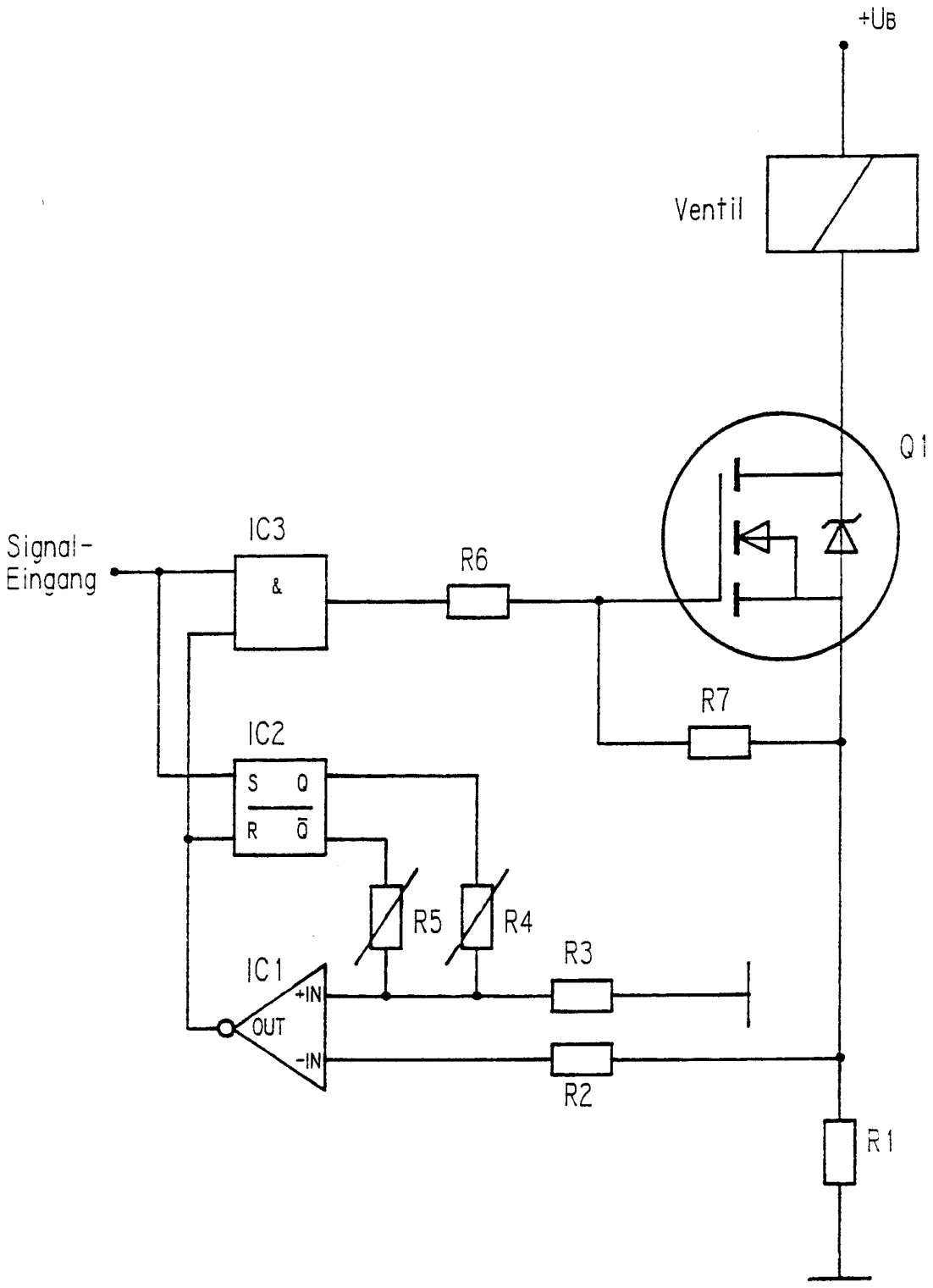

+UB
Ventil
Q1
IC3
&
Signal-
Eingang
R6
R7
IC2
S Q
R Q̄
R5
R4
R3
IC1
+IN
OUT
-IN
R2
R1

Fig. 19