



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 494 365 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91119914.9**

(51) Int. Cl.⁵: **F02M 45/04, F02M 45/02, F02M 55/02**

(22) Anmeldetag: **22.11.91**

(30) Priorität: **20.02.91 DE 4105168**
10.12.90 DE 4039304

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.07.92 Patentblatt 92/29

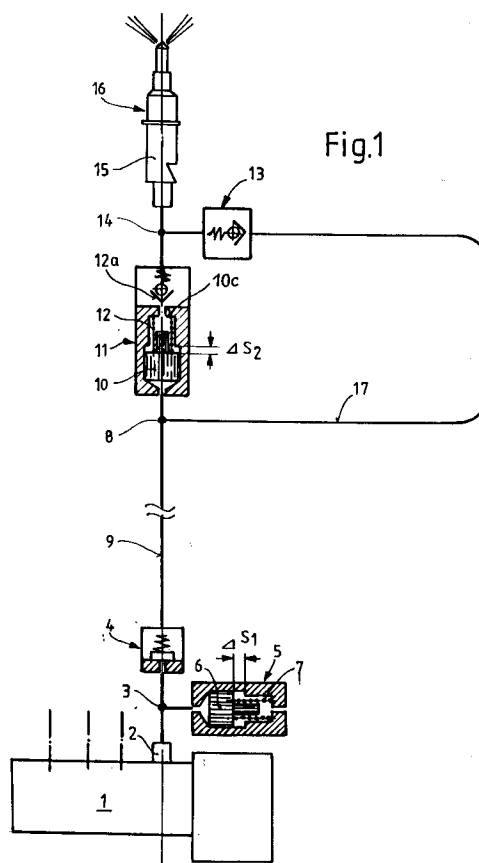
(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL SE

(71) Anmelder: **MAN Nutzfahrzeuge**
Aktiengesellschaft
Dachauer Strasse 667 Postfach 50 06 20
W-8000 München 50(DE)

(72) Erfinder: **Zürner, Hans Jürgen, Dipl.-Ing.**
Pelzetteleite 61
W-8501 Ammerndorf(DE)
Erfinder: **Henkel, Dietmar, Ing. (grad.)**
Kopernikusring 50
W-8430 Neumarkt(DE)

(54) **Einspritzsystem für luftverdichtende Brennkraftmaschinen.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Einspritzsystem für luftverdichtende Brennkraftmaschinen. Zur Verringerung der Verbrennungsgeräusche von Diesel-Brennkraftmaschinen geht man dazu über, den Einspritzvorgang in eine Vor- und Haupteinspritzung zu unterteilen. Um die Spritzmengenanstiegsgeschwindigkeit bei Teillast- und/oder niedriger Drehzahl zu erhöhen wird nach Figur 1 erfindungsgemäß vorgeschlagen, der Einspritzpumpe 1 einen Druckwellenbildner 4 vorzuschalten, dem ein Volumenspeicher 5 parallel geschaltet ist. Durch den Druckwellenbildner 4 wird gewährleistet, daß der Weg zur Einspritzleitung 9 erst freigegeben wird, wenn sich ein vorbestimmter Druck aufgebaut hat. Dieser Druck bricht nach Öffnung des Druckwellenbildners 4 auch nicht so schnell zusammen, da Brennstoff auch bei geringer Kolbengeschwindigkeit der Einspritzpumpe 1 aus dem Volumenspeicher 5 nachgespeist wird. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht nach Figur 4 darin, daß die Umgehungsleitung 17 erst vom Dosierkolbensystem 11 abzweigt, so daß durch Reflexion der vom Druckwellenbildner 4 kommenden Druckwelle eine Verdoppelung des Druckes eintritt.



EP 0 494 365 A1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Einspritzsystem gemäß dem Gattungsbegriff des Patentanspruches 1.

Aus DE-OS 35 16 537 ist ein Einspritzsystem vorbekannt, nach dem eine Unterteilung des Einspritzvorganges in eine Vor- und eine Haupteinspritzung ermöglicht werden soll. Zu diesem Zweck wird in die Einspritzleitung ein Dosierkolbensystem eingeschaltet, dem ein Verzögerungsglied parallel geschaltet ist. Wenn nun eine Druckwelle von der Einspritzpumpe kommend die Einspritzleitung durchläuft trifft sie zunächst auf das Dosierkolbensystem und verschiebt gegen die Kraft einer Rückstellfeder einen Dosierkolben und führt so der Einspritzdüse eine durch den Hub des Dosierkolbens begrenzte Brennstoffmenge zu, wo sie der Voreinspritzung dient. Während der Voreinspritzung ist ein Rückschlagventil im Verzögerungsglied geschlossen. Ein Teil der Druckwelle wurde vor der Dosierkolbeneinheit über eine als Verzögerungsglied fungierende Umgehungsleitung abgezweigt und trifft wegen der Wegdifferenz mit zeitlicher Verzögerung am Rückschlagventil ein, und öffnet dieses gegen die Federkraft. Nun kann Brennstoff aus der Umgehungsleitung über die Einspritzdüse als Haupteinspritzmenge in den Brennraum eingespritzt werden. Das Zeitintervall zwischen Vor- und Haupteinspritzung kann durch die Längendifferenz von der Einspritzleitung und Umgehungsleitung variiert werden. Ein Hauptnachteil eines derartigen Einspritzsystems liegt in der geringen Spritzmengenanstiegsgeschwindigkeit bei Teillast und niedriger Drehzahl der Brennkraftmaschine unmittelbar nach dem Erscheinen des die Haupteinspritzung einleitenden Druckwellenimpulses.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bei bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine, wie Teillast- und/oder niedrige Drehzahl die Spritzmengenanstiegsgeschwindigkeit spürbar zu erhöhen.

Gelöst wird diese Aufgabe zum einen durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1.

Im Zusammenwirken des Dosierkolbensystems mit dem Volumenspeicher ergibt sich damit ein ganzes Bündel von Vorteilen. So ist z. B. eine exakte Dosierung der Voreinspritzmenge infolge der volumeneinprägend wirkenden Arbeitsweise des Dosierkolbensystems sichergestellt. Nahezu völlig entfällt der Dimensionierungsaufwand zur Modellierung der gewünschten Zeitfunktion des Druckeinbruches, wie er sich sonst zwischen erfolgter Voreinspritzung und einsetzender Haupteinspritzung einstellen soll. Von entscheidender Bedeutung ist jedoch die erlangte Verbesserung der Haupteinspritzung. Aufgrund der nunmehr größeren Volumenergiebigkeit als Folge des Volumenspei-

chers und des gleichzeitig hohen und länger andauernden Scheitelwertes der Druckwelle am Düsenhaltereingang der Einspritzdüse sind wesentliche Verbesserungen im Hinblick auf die Schwarzausmission der Brennkraftmaschine zu erwarten.

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß die Wahl der Nockensteilheit bei diesem System nicht mehr den bisherigen Einschränkungen unterliegt (keine definierte Zeitabhängigkeit des Druckeinbruches zwischen Vor- und Haupteinspritzung im zeitlichen Verlauf des stromab vom Druckwellenbildner sich einstellenden Druckgeschehens mehr erforderlich). Damit steht der angestrebten Verwirklichung einer nahezu beliebig schnellen Einspritzung mit Hilfe des dafür uneingeschränkt zur Verfügung stehenden Parameters "Nockensteilheit" nichts mehr im Wege. Willkommen ist ferner auch der Wegfall der Dämpferfunktion am Schaft des Druckwellenbildner-Ventils.

Zum anderen wird diese Aufgabe gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 2 gelöst.

Dadurch, daß das Verzögerungsglied von einer Steueröffnung im Dosierkolbensystem abzweigt, welche zunächst vom Kolben versperrt ist wird die vom Druckwellenbildner über die Einspritzleitung auf den Kolben zulaufende Druckwelle am Kolben reflektiert und führt somit zu einer Verdoppelung des Druckes und daraus resultierend zu einer Verdoppelung der auf den Kolben wirkenden Kraft. Der zeitliche Abstand zwischen dem jeweiligen Einsetzen von Vor- und Haupteinspritzung ergibt sich als Summe aus den beiden nachstehend näher erläuterten Anteilen und zwar zum einen aus der Zeit, die der Kolben zur Verdrängung der Voreinspritzmenge bis hin zum Beginn der Freigabe der Steueröffnung benötigt, sowie zum anderen aus der Zeit die zur völligen Freigabe der Steueröffnung erforderlich ist plus der Laufzeit der, die Haupteinspritzung einleitenden Druckwelle im Verzögerungsglied. Die Ansprechzeit des Kolbens bis zur Freigabe der Steueröffnung ist stets konstant, da durch den vorgeschalteten Druckwellenbildner am Eingang des Dosierkolbensystems konstante Druckverläufe herrschen.

Variationsmöglichkeiten des Verzögerungsgliedes sind in den Ansprüchen 3 bzw. 4 enthalten.

Eine, zu einer Umgehungsleitung alternative Ausbildung des Verzögerungsgliedes ist den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 5 zu entnehmen.

Ein derartiges Verzögerungsglied weist eine wesentliche geringere Länge auf. Besonders vorteilhaft ist jedoch dessen geringes Speichervolumen. Ein hohes Speichervolumen führt bei Kompression zu hohen Volumenänderungen, was natürlich einer kürzeren verzögerungsfreien Einspritzung

im Wege steht. Durch den geschichteten Aufbau gleichartiger Elemente ergeben sich geringe Fertigungskosten.

Eine weitere Alternative der Umgehungsleitung kann Anspruch 6 entnommen werden. Diese Alternative zeichnet sich durch noch geringere Fertigungskosten aus.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Volumenspeichers, des Dosierkolbensystems, sowie des Druckwellenbildners sind den Ansprüchen 7 bis 9 zu entnehmen.

Durch die Abstimmung der Federkraft auf die Fläche des Kolbens kann erreicht werden, daß der Ansprechdruck des Volumenspeichers in jedem Falle geringer ist, als der des Druckwellenbildners, so daß nach dem Ansprechen desselben genügend Druck und Brennstoffvolumen innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung steht.

Ausführungsbeispiele des Einspritzsystems und Variationen eines Verzögerungsgliedes sind in Zeichnungen dargestellt. Es zeigt:

- Figur 1 ein Schaltschema eines Einspritzsystems mit Abzweigung eines Verzögerungsgliedes vor einem Dosierkolbensystem
- Figur 2 eine zeitliche Ausbildung eines Druckimpulses im Leitungsabschnitt nach einem Druckwellenbildner
- Figur 3 eine zeitliche Ausbildung des Druckes im Ringraum einer Einspritzdüse mit Vor- und Haupteinspritzung gemäß Schaltschema nach Figur 1
- Figur 4 ein Schaltschema eines Einspritzsystems mit Abzweigung eines Verzögerungsgliedes am Dosierkolbensystem
- Figur 5 eine zeitliche Ausbildung des Druckes im Ringraum einer Einspritzdüse mit Vor- und Haupteinspritzung gemäß Schaltschema nach Figur 4
- Figur 6 ein Verzögerungsglied in Schichtbauweise
- Figur 7 ein Verzögerungsglied mit Zentralbohrung und Radialbohrungen zur Unterteilung
- Figur 8 einen Druckwellenbildner

Ein Schaltschema eines Einspritzsystems zeigt Figur 1. Ein von einem entsprechenden Pumpenelement einer Einspritzpumpe 1 geförderter und an einem Druckstutzen 2 bereitgestellter Brennstoff lädt - dabei einen ersten Verzweigungspunkt 3 passierend - aufgrund seiner Kompressibilität zunächst die als Vorlagevolumen aufzufassenden stromauf eines Druckwellenbildners 4 gelegenen Leitungsabschnitte auf einen Druck auf, der dem Ansprechdruck eines Volumenspeichers 5 entspricht. Erreicht im weiteren Verlauf des Fördervorganges der Druck den Ansprechwert eines Aus-

weichkolbens 6, gibt dieser nach Zurücklegen eines Weges Δs_1 ein entsprechendes Speichervolumen zur Abspeicherung des augenblicklich geförderten Brennstoffes frei. Steigt infolge weiteren Kraftstoff-Förderns der Druck im vorgenannten Volumenspeicher 5 auf den Ansprechwert des Druckwellenbildners 4, entspannt sich unter Mitwirkung einer Vorspannfeder 7 des Ausweichkolbens 6 das zwischenzeitlich im Volumenspeicher 5 angesammelte Brennstoffvolumen (darf nicht mehr als die Leerlauffördermenge bei unterer Leerlaufdrehzahl betragen) unter Bildung einer Druckwelle in die stromab vom Druckwellenbildner 4 befindliche Leitung. Die dabei entstehende zeitliche Ausbildung des fortschreitenden Druckimpulses gibt Figur 2 wieder. Deutlich kommt dort das angestrebte Ausbleiben des bisher notwendigen Druckeinbruches zum Ausdruck.

Hat die Druckwelle den zwischen dem ersten Verzweigungspunkt 3 und einem zweiten Verzweigungspunkt 8 gelegenen Leitungsabschnitt 9 durchlaufen, verzweigt sich der Energieinhalt der Welle in zwei Anteile.

Der eine Anteil wirkt auf einen federvorgespannten Kolben 10 eines Dosierkolbensystems 11 und führt auf diese Weise zur Bildung der Voreinspritzmenge. Die vorgespannte Druckfeder 12 ist sehr schwach ausgelegt und dient lediglich zur federkraftgetriebenen Rückführung des Kolbens 10 in seine Ruhelage. Dies muß innerhalb einer Zeit geschehen, die kürzer ist als die Arbeitsspieldauer bei oberer Abregeldrehzahl des Motors. Durchmesser und Weg Δs_2 des Kolbens 10 geben das Volumen der Einspritzmenge vor. Auf ihrem Weg passiert die Voreinspritzmenge zunächst ein zweites Rückschlagventil 12a um schließlich über einen dritten Verzweigungspunkt 14 in einen Düsenhalter 15 einer Einspritzdüse 16 geschleust, der Zerstäubung zugeführt zu werden. Das Eindringen von Anteilen der Voreinspritzmenge in eine als Verzögerungsglied ausgebildete Umgehungsleitung 17 kann wirksam mit der Sperrwirkung eines ersten Rückschlagventils 13 unterdrückt werden. Beide Rückschlagventile 12a und 13 besitzen eine Drosselbohrung, um so eine Druckentlastung stromabwärts liegender Leitungsabschnitte (einschließlich Düsenhalter 15) innerhalb der Dauer eines Arbeitsspiels zu gewährleisten (Wirkungsweise wie niedrig eingestelltes Gleichdruckventil).

Der andere Anteil der im zweiten Verzweigungspunkt 8 der Einspritzleitungen angelangten "Primär"-Druckwelle nimmt seinen Weg über die Umgehungsleitung 17, öffnet das an deren Ende befindliche erste Rückschlagventil 13, wird mittels eines zweiten Rückschlagventils 12a am Eindringen in das Dosierkolbensystem 11 gehindert, dringt sodann in den Düsenhalter 15 ein, um dort die Haupteinspritzung unter sehr hohem Druck

(Druckverdoppelung infolge Wellenüberlagerung) zu veranlassen.

Figur 3 gibt die sich ergebende Zeitabhängigkeit des Druckes im Ringraum der Zerstäuberdüse wieder, wobei dort "T", die Laufzeit der Druckwelle innerhalb der Umgehungsleitung bzw. des Verzögerungsgliedes bedeutet. Deutlich erkennbar ist der nur noch vom Prozess der Standdruckbildung unwesentlich beeinflusste Druckzusammenbruch im Zeitraum zwischen den beiden, wellenmechanisch erzeugten Druckspitzen. Besonders willkommen ist neben der sich ergebenden hohen Anstiegsgeschwindigkeit des Druckes während der Aufbauphase der Haupteinspritzung das sich zeitparallel ausbildende hohe Druckniveau. Letztgenannte Eigenschaften sind Voraussetzung für die Realisierung der eingangs erwähnten Absenkung des Schwarzrauches gegenüber Einspritzanlagen, die über keinen Druckwellenbildner verfügen.

Eine weitere Leistungssteigerung der vorstehend beschriebenen Einspritzanlage bis hin zu Zerstäubungsqualitäten des Kraftstoffes, über die nur druckspeichergespeiste Ausführungen mit elektronisch gesteuerten Druckfreigabeventilen verfügen, ließe sich bei erhöhtem Aufwand wie folgt verwirklichen:

Mittels eines Spindelantriebes oder eines einfachen Nocken-Rollenstoßel-Systems (beide Versionen von einem Lageregelkreis mit elektronisch gesteuertem Getriebemotor als Stellglied bedient) ist ein Stiftanschlag für den Ausweichkolben 6 - als Bestandteil des Volumenspeichers 5 - so zu beeinflussen, daß der zurückgelegte Weg Δs_1 des Ausweichkolbens und somit das unter hohem Druck gespeicherte Kraftstoffvolumen der augenblicklich vom Dieselmotor angeforderten Einspritzmenge entspricht. Die motorzustandsrelevante Dosierung des Speichervolumens erfolgt dabei mittels Kennfeldsteuerung (in Abhängigkeit der beiden Variablen, Lastanforderung und Drehzahl des Motors) der Sollwertvorgabe für Δs_1 des vorgenannten Lageregelkreises.

Ergänzend sei darauf verwiesen, daß das Zusammenfassen von Einzelfunktionen wie Druckwellenbildner 4 und Volumenspeicher 5 oder Dosierkolbensystem 11 und die beiden Rückschlagventile 12a und 13 (eventuell auch Düsenhalter 15) zu einer jeweils kompakten Gesamtheit zwecks Minimierung des Montageaufwandes in der Praxis sinnvoll erscheint. Vorteile bietet diese Vorgehensweise auch im Hinblick auf das Druckwellenverhalten der Anlage, das aufgrund der kleiner gewordenen "parasitären" Speichervolumina unnütz langer Leitungsverbindungen willkommene Verbesserungen hinsichtlich des instationären Übertragungsverhaltens in Aussicht stellt.

Es versteht sich von selbst, daß die infolge örtlicher Unstetigkeitsstellen des Wellenwiderstan-

des im Einspritzsystem entstehenden reflektierten Druckwellen, mit Hilfe des bekannten Instrumentariums von Abhilfemaßnahmen zwecks Vermeidung von sogenannten "Nachspritzern" zu unterdrücken sind. In der Regel handelt es sich dabei um Hardware-Komponenten wie Entlastungs- und Gleichdruckventil, die im Bedarfsfall mit einer Rückströmdrossel kombiniert, im Druckstutzen 2 der Einspritzpumpe 1 zu plazieren sind (Figur 1).

Hinsichtlich der Realisierung des Verzögerungsgliedes empfiehlt es sich, die Umgehungsleitung 17 durch eine alternative Verzögerungseinrichtung zu ersetzen, welche neben einer erheblich verringerten Baulänge eine geringere Kraftstoff-Füllung aufweist. Letztgenannter Punkt ist insofern ebenfalls von Bedeutung, als die Verwirklichung der neuerdings angestrebten, kürzeren Einspritzzeit immer dann auf Schwierigkeiten stößt, wenn das im Einspritzleitungssystem gespeicherte Kraftstoffvolumen verhältnismäßig groß ist. Dieser Tatbestand ist darauf zurückzuführen, daß infolge der Kraftstoffkompressibilität die hydraulische Ersatzfeder des leitungsgebundenen Kraftstoffvolumens mit dessen wachsender Größe hinsichtlich "Weichheit" zunimmt und damit bei Stoßanregung (Einsetzen der Plungerbewegung) Anlaß zum verstärkten Auftreten von hydraulischen Schwingungen in der Einspritzleitung gibt. Dies führt zu der Konsequenz eines ebenfalls vermehrten Aufwandes im Hinblick auf deren Unterdrückung.

Verzögerungsglieder im oben angesprochenen Sinne bestehen aus einer in Ausbreitungsrichtung der Druckwelle hintereinander geschalteten, wechselnden Abfolge von kurzen Leitungsabschnitten und Miniaturvolumina. Also letztlich aus einer Kette, bestehend aus einzelnen, hintereinander geschalteten, hydraulischen Helmholtzresonatoren.

Als Auslegungsparameter stehen neben Länge und Durchmesser des "Resonanzrohres" das Volumen des "Resonanzbehälters" für die Dimensionierung des einzelnen Resonators zur Verfügung, mit denen in bekannter Weise zugleich auch die Resonanzfrequenz des Helmholtzsystems festlegbar ist. Aus der letztgenannten wiederum können die Übertragungseigenschaften der gesamten "Laufzeitkette" wie Druckfrontabteilung (in Abhängigkeit der Gliederzahl), Wellenlaufzeit und schließlich das Volumen der Kraftstoff-Füllung abgeleitet oder aber auch vorgegeben werden.

So ergibt sich die notwendige Anzahl der hintereinander geschalteten Helmholtzresonatoren gemäß nachstehender Beziehung zu

$$n = \left(\frac{\Delta t}{t_a} \right)^{1,5}.$$

Darin bedeutet Δt den angestrebten zeitlichen Abstand zwischen Vor- und Haupteinspritzung, während t_a die erwünschte mittlere Zeitdauer des Druckanstieges der Druckwelle, nach erfolgten Passieren der Laufzeitkette, ausdrückt. Die Resonanzfrequenz des Einzeloszillators ergibt sich zu $f_0 = 0,5 \cdot t_a^{-1,5} \cdot \Delta t^{0,5}$. Die Beziehung zur näherungsweise Bestimmung der Resonanzfrequenz aus den geometrischen Abmessungen von Resonanzkanal und Resonanzbehälter lautet hingegen

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{A}{V \cdot S}}$$

Dabei bedeuten C die Schallgeschwindigkeit im Dieseldieselkraftstoff, A den Querschnitt des Resonanzkanals, V das Volumen des "Resonanzbehälters" und S (Figur 4) die Resonanzkanallänge.

Das vorstehend beschriebene Verzögerungsverhalten der Laufzeitkette gilt natürlich nur für solche Frequenz-Komponenten der Druckwelle, deren Frequenz kleiner ist als die Resonanzfrequenz des einzelnen Helmholtzresonators. Dies läßt für die Dimensionierung den bedeutsamen Zusammenhang zwischen Abteilverhalten der aus dem Verzögerungsglied austretenden Druckwelle und der gewählten Resonanzfrequenz des Helmholtzresonators erkennen. Frequenzanteile der zu verzögernden Druckwelle mit einer Frequenz gleich oder größer als der Helmholtzresonanzfrequenz, stoßen die ersten Glieder der Laufzeitkette zum Schwingen an oder werden dort unterdrückt. In der Praxis bedeutet dies keine Einschränkung in der Anwendung des Konzeptes, zumal schlimmstenfalls mit der Wahl der strömungsmechanisch bedingten Dämpfung des Einzeloszillators das Dämpfungsdekrement der angestoßenen Schwingung im Sinne kurzer Abklingzeiten beeinflußbar ist.

Eine alternative Lösung für das Verzögerungsglied zur Verbesserung der hochdruckhydraulischen Systemeigenschaften im Hinblick auf eine verbesserte Zerstäubung des Brennstoffes ist aus Figur 4 zu ersehen. Die Umgehungsleitung 17 zweigt nicht vor dem Dosierkolbensystem 11 von der Einspritzleitung 9 ab, sondern direkt mittels einer Steueröffnung 10a von einem Zylinderraum 10b des Dosierkolbensystems 11. Die vom Kolben 10 während seiner Bewegung aus der Ruhelage heraus zuerst freigegebenen Kante der Steueröffnung 10a ist um einen Weg ΔS_3 gegenüber der wirksamen Steuerkante des Kolbens 10 in seiner Ruhelage zurückversetzt. Der Weg des Kolbens 10 ist wie in der Version nach Figur 1 durch einen Anschlag 10c auf die Wegstrecke ΔS_2 begrenzt. Die übrigen Merkmale des Einspritzsystems entsprechen denen der Figur 1.

Der besondere Vorteil des in Figur 4 gezeigten Systems besteht darin, daß die vom Druckwellenbildner 4 auf das Dosierkolbensystems 11 zulaufende Druckwelle am Kolben 10 reflektiert wird, wodurch sich der dort wirksame Druck nach dem Superpositionssatz verdoppelt. Dieser Druck führt zu einer Erhöhung der Verdrängergeschwindigkeit des Kolbens 10 was zu einer besseren Zerstäubung des Brennstoffes in der Voreinspritzphase führt. Von weiterem Vorteil ist - wie an anderer Stelle noch ausführlich beschrieben wird - die nunmehr reduzierte Laufzeit der Druckwellenfront der Haupteinspritzung mit der Folge einer kleiner auszuliegenden, aktiven Länge des Verzögerungsgliedes 17. Der zur Freigabe der Haupteinspritzung erforderliche Steuerquerschnitt, repräsentiert vom Kolbenweg ΔS_2 - ΔS_3 , ist unter Zuhilfenahme einer umfangsparallelen Ringnut im Zylinderteil 11 (zwecks Überführung des Brennstoffes in die, das Verzögerungsglied speisende Radialbohrung 10a) so klein wie möglich zu halten, um eine größtmögliche zeitliche Drucksteilheit der Anstiegsflanke der Haupteinspritzung sicherzustellen. Der zeitliche Bewegungsablauf des Kolbens 10 ist durch den Druckwellenbildner 4 normiert, da dieser stets konstante Druckverhältnisse liefert.

Die erwünschte Voreinspritzmenge ergibt sich wieder aus dem Zylinderraum 10b als Produkt von Kolbenfläche und Hub ΔS_2 des Kolbens 10.

Im weiteren soll auf die Funktionsweise eingegangen werden.

Nach erfolgter Zumessung des Voreinspritzvolumens mittels Kolben 10 und dessen Verdrängung in Richtung Einspritzventil 16, gibt das der Einspritzpumpe 1 zugewandte Ende des Kolbens 10 eine Steueröffnung 10a im Dosierkolbensystem 11 frei, wobei die Steueröffnung 10a ihrerseits von einer, stromaufwärts gelegenen, an der Zylinderinnenwand umfangsparallel eingebrachten, zugleich auch Steuerkanten-Funktion übernehmenden Verteilernut (Steueröffnung 10a) gespeist wird. Da die Steueröffnung 10a austrittsseitig mit der Eintrittsseite der Umgehungsleitung 17 verbunden ist, kann der die Haupteinspritzung einleitende und aufrechterhaltende Brennstoff folglich erst dann das Verzögerungsglied passieren, wenn der Kolben 10 seine vom Anschlag 10c bestimmte Endlage erreicht hat. Die hieraus resultierenden Konsequenzen sind folgende.

Solange die, dem Druckwellenbildner 4 entstammende Druckwelle den Kolben 10 in einen Zustand der Volumenverdrängung versetzt, verhält sich das Dosierkolbensystem 11 wellenmechanisch wie eine hydraulisch schallharte Reflektionsstelle mit dem allgemein bekannten Vermögen des Ausbildens einer Druckverdoppelung, hierbei im Bereich der Druckangriffsfläche des Kolbens 10 auftretend. Besagte Druckverdopplung - bis zur Frei-

gabe der Steueröffnung 10a andauernd - hat in willkommener Weise eine Erhöhung der Verdrängergeschwindigkeit des Kolbens 10 zur Folge, die ihrerseits zu einer besseren Zerstäubung der Einspritzmenge beiträgt. Wird des weiteren durch gezielte Auslegung die zeitliche Dauer der vom Druckwellenbildner erzeugten Druckwelle gleich oder größer als die Verschiebedauer T_v (Figur 5) des Kolbens 10 dimensioniert, kann ein, der Druckverdopplung entstammender Restanteil von potentieller Energie der Druckwelle zugleich auch für eine zeitliche Druckaufteilung der Anfangsphase der Haupteinspritzung genutzt werden, die ihrerseits ebenfalls zu erhöhter Zerstäubungsqualität führt.

Nachteilig war für die bisherige Lösung, daß das Verzögerungsglied für eine Druckwellen-Laufzeit T (Figur 3) ausgelegt werden mußte. Diese Zeit verkürzt sich nunmehr nach Figur 5 um den Betrag T_v (Kolbenbewegungs-Dauer). Als neue Druckwellenlaufzeit ergibt sich damit der zeitliche Betrag T' . Entgegen der Darstellung in Figur 3 ist die prozentuale Minderung der Wellenlaufzeit im hydraulischen Verzögerungsglied erheblich größer als dies in Figur 5 im Verhältnis von T' zu T zum Ausdruck kommt.

Die mit der erhaltenen, kürzeren Laufzeit T' einhergehende Verringerung von Länge und Füllmenge des hydraulischen Verzögerungsgliedes ist insofern hochwillkommen, als damit die druckabhängige Volumennachgiebigkeit des leitungsgebundenen Brennstoffes (Hochdruckteil) eine Verminderung erfährt. Die zu fordernde Konstanz (Reproduzierbarkeit) der Kolbenverschiebezeit T_v - letztlich deren Unabhängigkeit sowohl von der Gesamteinspritzmenge pro Arbeitsspiel und Zylinder wie von der Motordrehzahl - ist sichergestellt durch die erzwungene Konstanz des Energieinhaltes der vom Druckwellenbildner 4 (Figur 1 bzw. Figur 4) erzeugten Druckwelle.

Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel für die vorstehend beschriebene Laufzeitkette aus Helmholtzresonatoren 18. Diese Helmholtzresonatoren 18 sind in einem Rohr 19 geführt, das auf der einen Seite mit einem ersten Anschlußstutzen 18a abgeschlossen ist. Eine zylindrische Bohrung 20 wird mit ersten und zweiten Scheiben 21 und 22 entsprechend einer wechselnden Anordnung gefüllt wie sie Figur 4 darstellt. Jede erste Scheibe 21 besitzt eine konzentrische Bohrung 23 entsprechend den Anschlußstutzen 18a und 18b, die dem Innendurchmesser der angeschlossenen Einspritzleitungen entspricht. Die zweiten Scheiben 22 - paarweise spiegelbildlich zueinander angeordnet - sind einseitig mit einer kegelstumpfförmigen Bohrung 23a angeschragt und bilden auf diese Weise das Resonanzvolumen des einzelnen Helmholtzresonators 18 während die Bohrung 23 der Scheibe

21 als zugehöriges Resonanzrohr dient. Das verbleibende Ende des Rohres 19 ist mit dem angeschraubten Anschlußstutzen 18b abgeschlossen, der zusammen mit einem Einlegestück 24 dazu dient, den Scheibenstapel vorzuspannen, um radiale Kapillarspalten an den Berührungsflächen der Scheiben auszuschließen.

Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Kette von Helmholtzresonatoren 18 als Verzögerungsglied, das sich durch geringen Fertigungsaufwand auszeichnet (wegen der Symmetrie des Systems ist nur eine Hälfte dargestellt). Wesentlicher Teil ist hier ein zylindrischer Körper 25 der mit durchgängigen Radialbohrungen 26 im Abstand S versehen wurde. Auf dem zylindrischen Körper 25 ist ein weiteres Rohr 27 aufgeschrumpft, an dessen beiden Enden mittels Lötstelle 28a für zuverlässige Kraftstoffabdichtung gesorgt ist. Das, von jeder Radialbohrung 26 umfaßte Volumen ist als Resonanzvolumen des jeweiligen Helmholtzresonators 18 aufzufassen, das seinerseits jeweils mit der - zwischen zwei benachbarten Radialbohrungen 26 eingeschlossenen - Zentralbohrung 28 als Resonanzrohr wechselwirkt. An den Schnittpunkten der Radialbohrungen 26 mit der Zentralbohrung 28 ist mit geeigneter Vorgehensweise für die Abrundung scharfer Kanten zu sorgen um Kavitation auszuschließen (zonenselektives, elektrochemisches Fräsen oder Sandstrahlen unter Verwendung eines Fensterpaares als Bestandteil einer axial am Außenumfang des Rohres 27 verschieblichen Hülse um ortsselektiven Austritt der beiden, radial austretenden Sandstrahlen zu erzwingen).

Eine konstruktive Ausbildung eines Druckwellenbildners 4 ist in Figur 8 dargestellt. In seinem Aufbau ähnelt der Druckwellenbildner einem Einspritzventil, unterscheidet sich jedoch von dieser funktionell durch sein, um ein vielfach größeres Verhältnis von Ansprechdruck zu Schließdruck. Er besteht zunächst aus dem Düsenhalter 15, einem Düsenkörper 29 und einer Überwurfmutter 30, welche beide Teile verbindet. Im Düsenkörper 29 ist ein Stellglied 31 axial beweglich geführt, welches sich in einen Ventilschaft 32 und einen Kolben 33 gliedert, welcher in loseem Kontakt mit dem Ventilschaft 32 verbunden ist.

Der Ventilschaft 32 mit Durchmesser d_1 weist eine kegelstumpfförmig ausgebildete Spitze auf, welche eine planebene Dichtfläche 34 mit Durchmesser d_2 trägt. Diese dichtet einen Druckraum 35 gegen eine Auslaßbohrung 36. Der Druckraum 35 umgibt den Ventilschaft 32 coaxial, wobei der Druckraum 35 über eine Zulaufbohrung 36 mit einem Ausgang der Einspritzpumpe 1 (Figur 1) verbunden ist. Zur Begrenzung der axialen Beweglichkeit des Stellgliedes 31 ist ein Anschlag an einer Koppelplatte 37 vorgesehen, welche zwischen dem Düsenhalter 15 und den Düsenkörper 29 einge-

spannt ist.

Um die Steuerung des Stellgliedes 31 möglichst flexibel handhaben zu können ist es vorteilhaft, den Kolben 33 über eine Bohrung 38 mit einer kennfeldgesteuerten, hier nicht näher dargestellten Hilfsdruckquelle zu verbinden. Als einfachere, jedoch weniger anspruchsvolle Lösung der Schließkrafterzeugung am Ventilschaft ist anstelle des hilfsdruckbeaufschlagten Kolbens 33 der Einsatz einer entsprechend dimensionierten vorgespannten Druckfeder denkbar. Die Vorspannkraft der Druckfeder liegt dann im Bereich der Kraft des Kolbens 33.

Patentansprüche

1. Einspritzsystem für luftverdichtende Brennkraftmaschinen, bestehend aus einer Einspritzpumpe, einer Einspritzleitung und einer Einspritzdüse, wobei der Einspritzdüse in deren unmittelbarer Nähe ein Dosierkolbensystem vorgeschaltet ist, welches in Reihe geschaltet in die Einspritzleitung eingebaut ist und dem Dosierkolbensystem ein Verzögerungsglied parallel geschaltet ist, wobei vor dem Einmünden des Verzögerungsgliedes in die Einspritzleitung in einem Bereich zwischen Dosierkolbensystem und Einspritzdüse ins Verzögerungsglied ein erstes Rückschlagventil eingebaut ist, welches in Richtung auf die Einspritzdüse durchlässig ist und ein Volumen eines Zylinderraumes des Dosierkolbensystems so bemessen ist, daß es einer Voreinspritzmenge entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß nach einem Druckstutzen (2) der Einspritzpumpe (1) in die Einspritzleitung (9) ein Druckwellenbildner (4) eingebaut ist, daß von der Einspritzleitung (9) zwischen Druckstutzen (2) und Druckwellenbildner (4) ein Volumenspeicher (5) abzweigt, wobei der Ansprechdruck des Volumenspeichers (5) stets kleiner zu wählen ist als der Ansprechdruck des Druckwellenbildners (4), und daß das Verzögerungsglied vor Einmündung der Einspritzleitung (9) in das Dosierkolbensystem (11) abzweigt (Figur 1).
2. Einspritzsystem für luftverdichtende Brennkraftmaschinen, bestehend aus einer Einspritzpumpe, einer Einspritzleitung und einer Einspritzdüse, wobei der Einspritzdüse in deren unmittelbarer Nähe ein Dosierkolbensystem vorgeschaltet ist, welches in Reihe geschaltet in die Einspritzleitung eingebaut ist und dem Dosierkolbensystem ein Verzögerungsglied parallel geschaltet ist, wobei vor dem Einmünden des Verzögerungsgliedes in die Einspritzleitung in einem Bereich zwischen Dosierkolbensystem und Einspritzdüse ins Verzögerungs-

glied ein erstes Rückschlagventil eingebaut ist, welches in Richtung auf die Einspritzdüse durchlässig ist und ein Volumen eines Zylinderraumes des Dosierkolbensystems so bemessen ist, daß es einer Voreinspritzmenge entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Druckstutzen (2) der Einspritzpumpe (1) in die Einspritzleitung (9) ein Druckwellenbildner (4) eingebaut ist, daß vor der Einspritzleitung (9) zwischen Druckstutzen (2) und Druckwellenbildner (4) ein Volumenspeicher (5) abzweigt, wobei der Ansprechdruck des Volumenspeichers (5) stets kleiner zu wählen ist als der Ansprechdruck des Druckwellenbildners (4), und daß das Verzögerungsglied mittels einer Steueröffnung (10a) von einem Zylinderraum (10b) des Dosierkolbensystem (11) abzweigt, derart, daß die Einspritzleitung (9) nach dem Verschieben eines Kolbens (10) des Dosierkolbens (11) aus seiner Ruhelage heraus um einen Weg ΔS_3 mit dem Verzögerungsglied verbindbar ist (Figur 4).

3. Einspritzsystem nach den Ansprüchen 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungsglied als eine Umgehungsleitung (17) ausgebildet ist.
4. Einspritzsystem nach den Ansprüchen 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verzögerungsglied als eine in Reihe geschaltete Kette von Helmholtzresonatoren (18) ausgebildet ist.
5. Einspritzsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Helmholtzresonatoren (18) durch Aufeinandererschichtung von zylindrischen Scheiben (21, 22) gebildet werden, wobei eine erste Scheibe (21) eine konzentrische Bohrung (23) aufweist und eine zweite Scheibe (22) eine kegelstumpfförmige Bohrung (23a) aufweist, wobei die Schichtung dieser Scheiben (21, 22) derart erfolgt, daß einer ersten Scheibe (21) zwei zweite Scheiben (22) folgen, derart, daß die zweiten Scheiben (22) spiegelbildlich zueinander gerichtet sind, so daß deren Bohrungen (23a) das Resonanzvolumen des einzelnen Helmholtzresonators (18) bilden.
6. Einspritzsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kette der Helmholtzresonatoren (18) dadurch zustandekommt, daß ein zylindrischer Körper (25) eine Zentralbohrung (28) aufweist, und daß diese Zentralbohrung (28) in gleichen Abständen durch lotrecht dazu ausgeführte Radialbohrungen (26) unterbrochen wird, derart, daß diese Radialbohrungen (26) das Resonanzvolumen des einzelnen

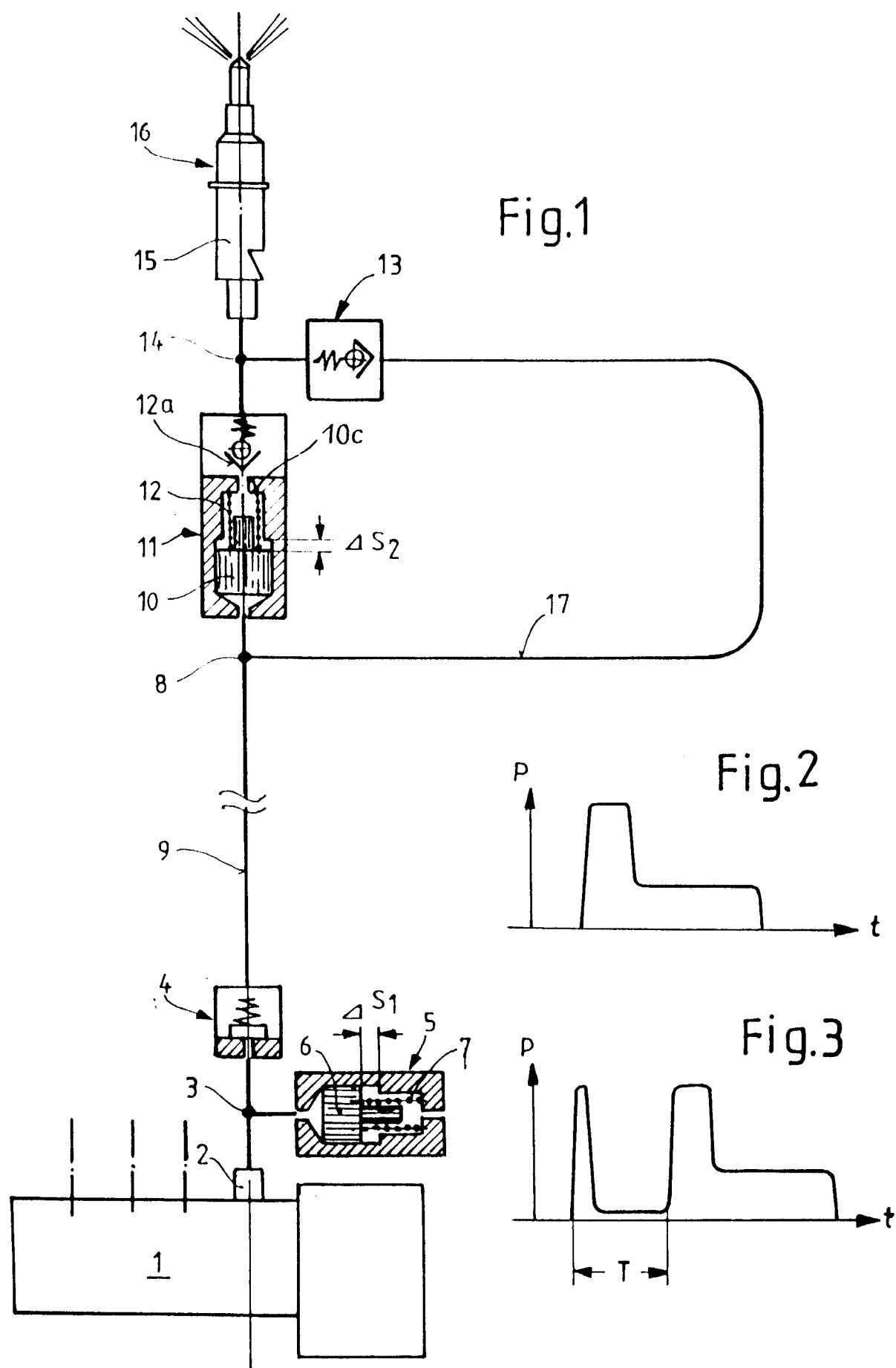
Helmholtzresonators (18) bilden.

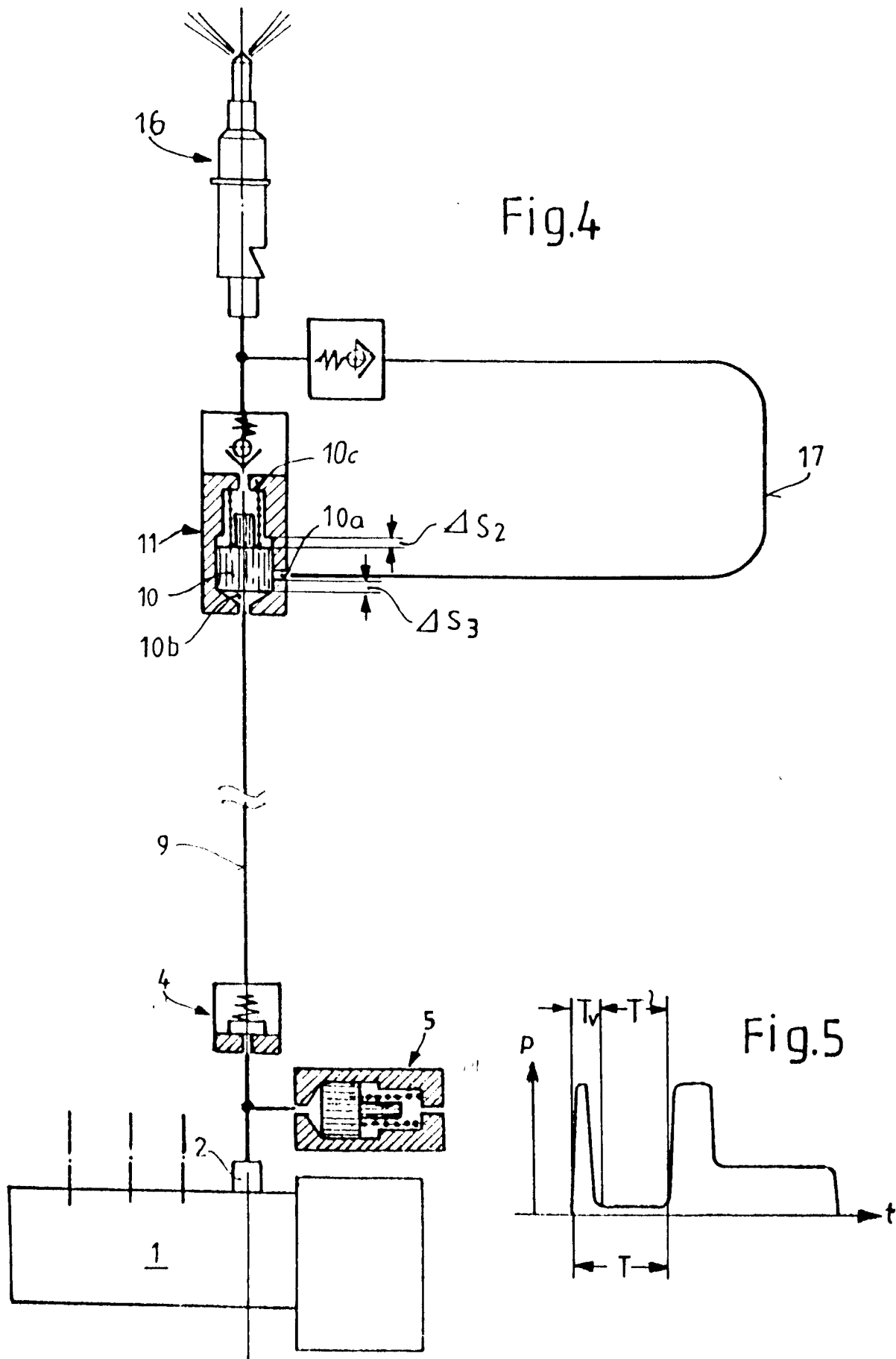
7. Einspritzsystem nach den Ansprüchen 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenspeicher (5) aus einem Zylinder mit einem darin axial beweglichen Ausweichkolben (6) gebildet wird und daß der Ausweichkolben (6) mittels einer Vorspannfeder (7) belastet ist, wobei die Vorspannkraft der Feder derart gewählt ist, daß der Ansprechdruck des Ausweichkolbens (6) stets kleiner ist als der Ansprechdruck des Druckwellenbildners (4). 5
10

8. Einspritzsystem nach den Ansprüchen 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Dosierkolbensystem (11) aus einem Gehäuse mit darin axial beweglich geführten Dosierkolben (10) gebildet wird, daß der Dosierkolben (10) mittels einer Druckfeder (12) in Ausgangsstellung gehalten wird, wobei der Weg ΔS_2 des Kolbens (10) mittels Anschlag (10c) begrenzbare ist und daß ein Zylindervolumen des Dosierkolbensystems (11) stromab durch ein zweites Rückschlagventil (12a) derartig absperrenbar ist, daß ein Durchströmen nur in Richtung der Einspritzdüse (16) möglich ist. 15
20
25

9. Einspritzsystem nach den Ansprüchen 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckwellenbildner (4) ähnlich einem Einspritzventil im wesentlichen aus einem Düsenhalter (15), einem Düsenkörper (29) und einem Stellglied (31) gebildet wird, wobei dem Stellglied (31) von der Einspritzpumpe (1) Brennstoff über eine Zulaufbohrung (36) zugeführt wird, welche in einen Druckraum (35) mündet, daß das Stellglied (31) aus einem mit Kolben (33) belasteten Ventilschaft (32) gebildet wird und der Ventilschaft (32) eine Auslaßbohrung (36) in Richtung der Einspritzleitungen versperrt oder öffnet, und daß der Ventilschaft (32) aus einem zylindrischen Teil und einem kegelig zulaufenden Teil besteht, derart, daß die Differenz der Flächen mit dem Durchmesser d1 und dem Durchmesser d2 belastet mit dem Brennstoffdruck ausreicht, um bei einem vorbestimmten Druck p_0 das Stellglied (31) gegen die Kraft des Kolbens (33) zu öffnen, wobei der Kolben (33) über eine Bohrung (38) von einer Hilfsdruckquelle mit einem kennfeldgesteuerten Hydraulikdruck beaufschlagbar ist. 30
35
40
45
50

55





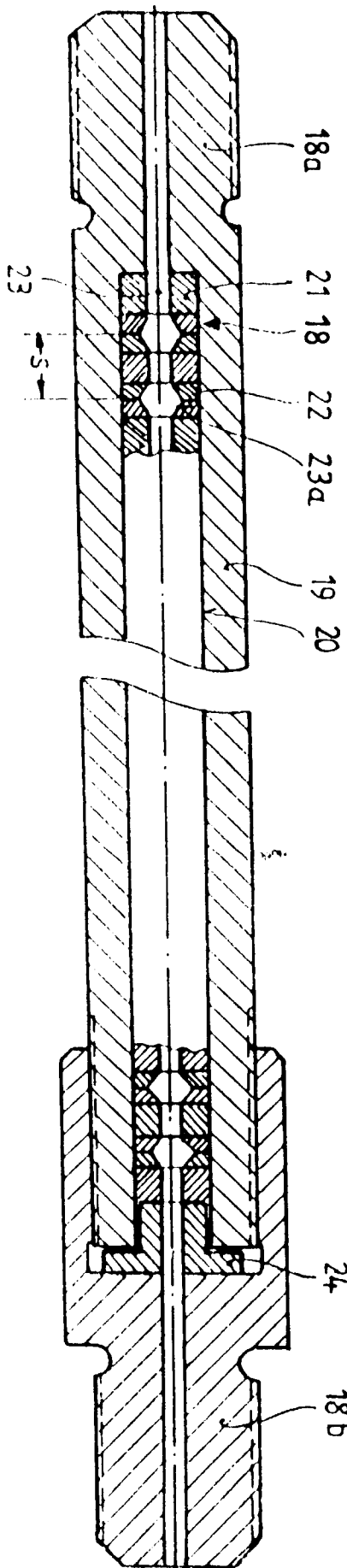


Fig. 6

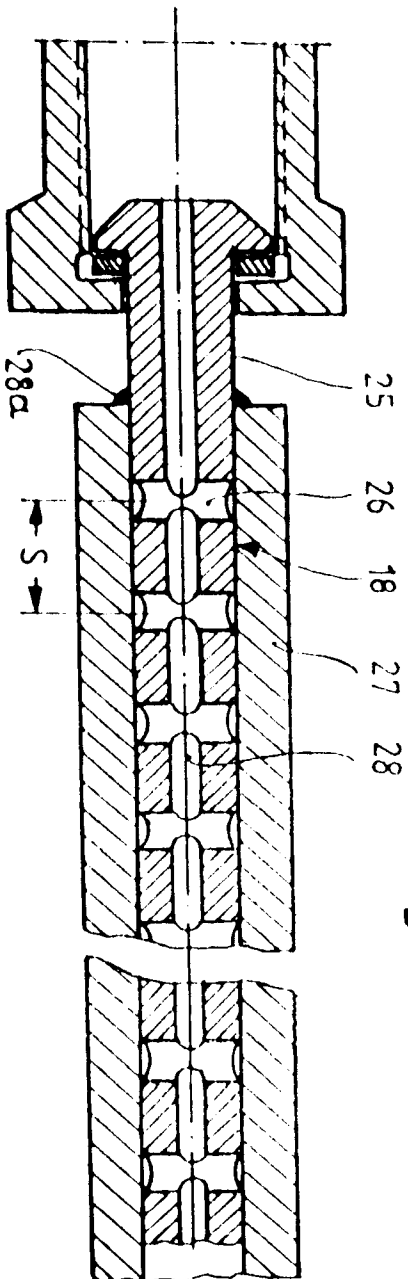
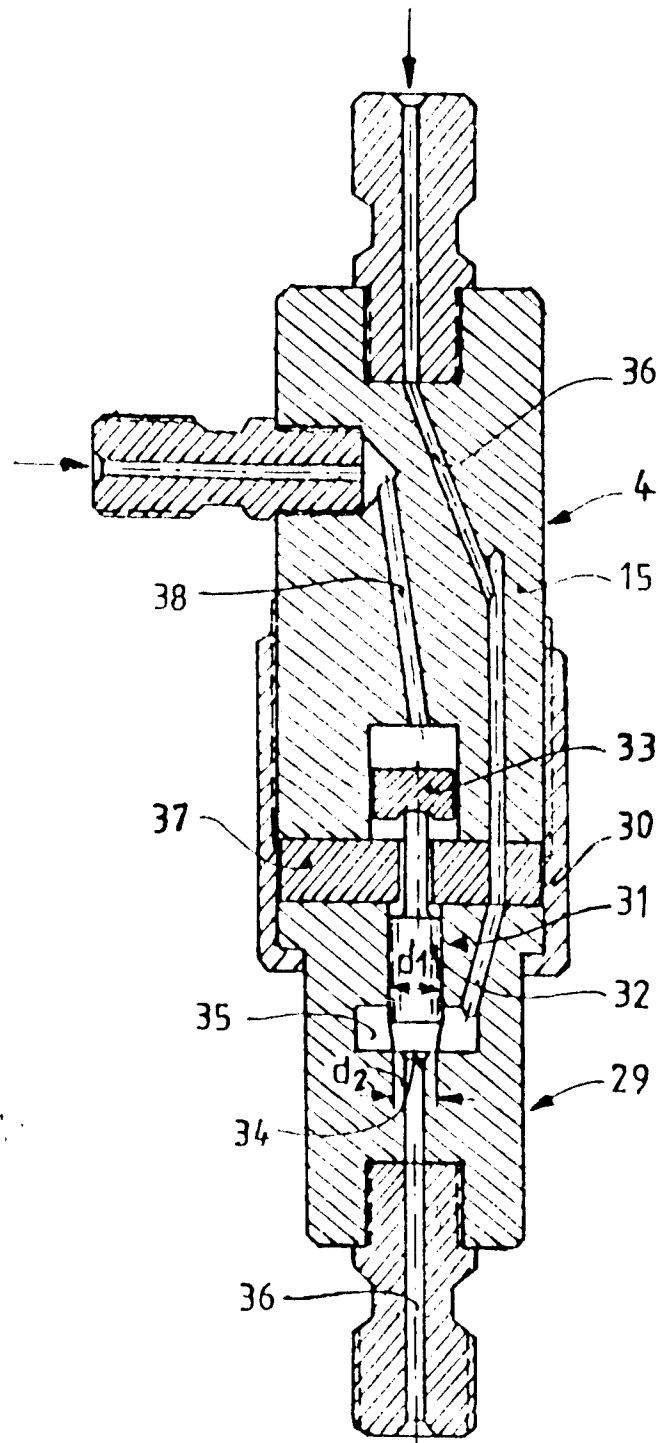


Fig. 7

Fig.8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 9914

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A, D	DE-A-3 516 537 (MAN) * Das ganze Dokument *	1, 2	F02M45/04 F02M45/02 F02M55/02
A	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED Section PQ, Week 8544, 29. November 1986 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class Q53, AN 85-204974 & SU-A-1 151 706 (TRACTOR FUEL APPTS) 13. April 1983 * Zusammenfassung *	1, 2, 5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 135 (M-585)28. April 1987 & JP-A-61 275 569 (HINO MOTORS LTD) 5. Dezember 1986 * Zusammenfassung *	1	
A	DE-C-814 684 (KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 261 (M-514)(2317) 5. September 1986 & JP-A-61 085 569 (NISSAN MOTOR CO LTD) 1. Mai 1986 * Zusammenfassung *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	DE-C-736 489 (SULZER)		F02M
A	FR-A-872 072 (KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	17 MAERZ 1992	KLINGER T. G.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			