

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : F02M 59/46, 59/36	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/18347 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 15. April 1999 (15.04.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01763 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. Juni 1998 (27.06.98) (30) Prioritätsdaten: 197 43 668.4 2. Oktober 1997 (02.10.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE). KIENZLER, Dieter [DE/DE]; Neuköllner Strasse 6, D-71229 Leonberg (DE). POTSCHIN, Roger [DE/DE]; Fliederstrasse 19, D-74336 Brackenheim (DE). SCHMOLL, Klaus-Peter [DE/DE]; Richard-Wagner-Strasse 3, D-74251 Lehensteinsfeld (DE). BOECKING, Friedrich [DE/DE]; Mainzer Strasse 27, D-70499 Stuttgart (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: LIQUID CONTROL VALVE

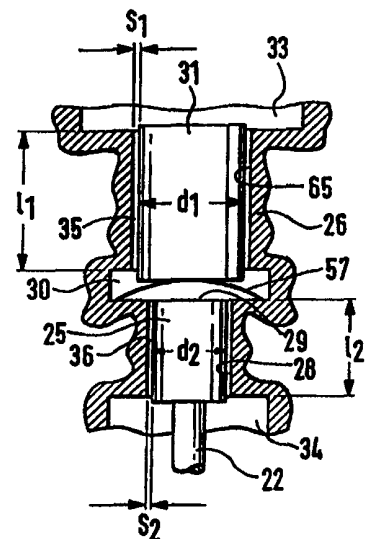
(54) Bezeichnung: VENTIL ZUM STEUERN VON FLÜSSIGKEITEN

(57) Abstract

The invention relates to a liquid control valve which is provided, for its operation, with a bonding chamber (30) filled with liquid and placed between a piston (21) of a piezoelectric actuator (32) and a piston (25) that actuates a valve member. In order to compensate for liquid loss occurring in a bonding chamber when briefly exposed to high pressure in each cycle of operation, the pressure differential existing in the low pressure chambers (18, 22) between, on the one hand, the bonding chamber (30) and, on the other hand, the piston surfaces (31) of the piezoelectric actuator (32) and the surfaces of the piston (25) that actuates the valve member, the surfaces being in both cases turned to the side opposite the bonding chamber (30), is used during the return stroke of the actuator piston (31) to have a refilling completed along slots (35, 36) without using any valve. This type of valve is intended for use in fuel injection systems of internal combustion engines for vehicles.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten vorgeschlagen, das zu seiner Betätigung mit einem flüssigkeitsgefüllten Kopplungsraum (30) versehen ist, der zwischen einem Aktorkolben (31) eines Piezoaktors (32) und einem ein Ventilglied betätigenden Kolben (25) angeordnet ist. Zum Ausgleich von Flüssigkeitsverlusten, die der bei jedem Arbeitsspiel kurzzeitig unter hohem Druck stehende Kopplungsraum (30) erleidet, wird die zwischen dem Kopplungsraum (30) und den auf den beiden dem Kopplungsraum (30) abgekehrten Seiten des Aktorkolbens (31) und des das Ventilglied (22) betätigenden Kolbens (25) in Niederdruckräumen (18, 33) bestehende Druckdifferenz beim Rückhub des Aktorkolbens (31) genutzt, um entlang von Spalten (35, 36) ventillos eine Wiederauffüllung zu erreichen. Das Ventil ist zur Anwendung bei Kraftstoffeinspritzeinrichtungen für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen bestimmt.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

10 Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Ventil zum Steuern von Flüssig-
15 keiten gemäß der Gattung des Patentanspruches 1. Durch die
EP 0 477 400 ist ein solches Ventil bekannt. Dort ist der
Betätigungskolben des Ventilgliedes in einem im Durchmesser
kleineren Teil einer Stufenbohrung dicht verschiebbar ange-
ordnet, wogegen ein im Durchmesser größerer Kolben, der mit
20 dem Piezoaktor bewegt wird, in einem im Durchmesser größeren
Teil der Stufenbohrung angeordnet ist. Zwischen den beiden
Kolben ist ein hydraulischer Raum eingespannt, derart, daß,
wenn der größere Kolben durch den Aktor um eine bestimmte
Wegstrecke bewegt wird, der Betätigungskolben des Ventil-
25 gliedes um einen um das Übersetzungsverhältnis der Stufen-
bohrungsquerschnittsflächen vergrößerten Weg bewegt wird.
Das Ventilglied, der Betätigungskolben, der im Durchmesser
größere Kolben und der Piezoaktor liegen auf einer gemeinsa-
men Achse hintereinander.

30

Bei solchen Ventilen besteht das Problem, Längenänderungen
des Piezoaktors, des Ventils, der eingeschlossenen Druck-
raumflüssigkeit oder des Ventilgehäuses durch den hydraulischen
Kopplungsraum auszugleichen. Da der Piezoaktor zum
35 Öffnen des Ventils im Druckraum einen Druck erzeugt, führt

dieser Druck auch zu einem Verlust an Druckraumflüssigkeit. Um ein Leerpumpen des Kopplungsraums zu verhindern, ist eine Wiederbefüllung notwendig. Eine Einrichtungen, die eine solche Wiederbefüllung bewirken soll, ist zwar durch den ein-
5 gangs genannten Stand der Technik bereits bekannt, doch hat diese den Nachteil, daß eine ständig in den beiden möglichen Flußrichtungen offene Verbindung zwischen dem Kopplungsraum und einem geschlossenen, mit einem bestimmten konstanten Vo-
lumen ausgestatteten Vorratsbehälter vorgesehen ist, die das
10 Arbeitsverhalten des Piezoaktors wesentlich beeinflusst. Insbesondere führt ein somit vergrößertes Volumen zu einer die Übertragungssteifigkeit der durch den Kopplungsraumes gebil-
deten hydraulischen Säule reduzierende Kompressibilität. Im wesentlichen sieht die bekannte Vorrichtung aber ein Lecken
15 aus dem Kopplungsraum vor, um beim Arbeitshub einen Toleranzausgleich zu erzielen. Um der damit verbundenen Erhöhung der Kompressibilität zu begegnen, ist vorgesehen, der Flüssigkeit im Kopplungsraum stabilisierendes Material beizufügen,
das eine die Kompressibilität verringernde Wirkung hat.
20 Dazu dienen z.B. auch Gummiteile oder Metallteile, die der Flüssigkeit beigegeben werden.

Vorteile der Erfindung

25 Das erfindungsgemäße Ventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat dem gegenüber den Vorteil, daß der Kopplungsraum immer ausreichend gefüllt bleibt indem
30 Kopplungsflüssigkeit in Richtung Kopplungsraum aus den angrenzenden Niederdruckräumen in den Zeiten nachströmen kann, die zwischen den Arbeitshüben des Piezoaktors liegen. Eine eventuell auftretende Längenänderung der Gesamteinrichtung
wird so laufend korrigiert. Die Wiederbefüllung oder Nach-
35 füllung des Kopplungsraumes erfolgt problemlos über die Kol-

benführungen. Dies gilt auch, wenn der Piezoaktor, das Ventil, die eingeschlossene Druckraumflüssigkeit oder das Gehäuse seine Länge z.B. bei Erwärmung ändern sollte, weil eine solche Längenänderung im Kopplungsraum durch Lecken kompensiert wird. Des weiteren ist es von Vorteil, daß die Einrichtung sicher zuverlässig arbeitet, einen einfachen Aufbau hat und eine sichere und zuverlässige Abdichtung gewährleistet ist.

5

10

In vorteilhafter Weiterbildung nach Anspruch 2 wird die Befüllung durch die Volumenvergrößerung beim Rückhub des Aktorkolbens zusammen mit dem Piezoaktor und dem so entstehenden Druckgefälle begünstigt.

15

20

Vorteilhaft wird dieses Druckgefälle auch gemäß Patentanspruch 3 durch eine den Aktorkolben zu Piezoaktor hin belastende Feder unterstützt. Wesentlich wird die Erfindung dadurch verbessert, daß gemäß Patentanspruch 4 definiert bemessene Spalte vorgesehen sind, die bezüglich ihrer Aufgabe zur Wiederbefüllung des Kopplungsraumes ausgelegt sind. Dabei besteht eine sehr wesentliche Forderung bezüglich dieser Bemessung in der Bemessungsregel nach Patentanspruch 5.

25

30

35

Auf dieser Basis kann die Auslegung der Konstruktion des das Ventil betätigenden Kolbens und des Aktorkolbens gemäß Patentanspruch 6 erfolgen, gemäß der nur ein Teil der Länge der Kolben die die Verbindung zwischen den Niederdruckraum und dem Kopplungsraum zwecks Wiederbefüllung festlegenden Kriterien bestimmt und ein restlicher Teil des Kolbens jeweils die Länge bereitstellt, die erforderlich ist, um eine exakte Führung der Kolben zu gewährleisten. Dies erfährt gemäß Patentanspruch 7 noch eine weitere Verbesserung, wobei den Kolben nur noch eine kurze, dem Kopplungsraum nahe Spaltlänge l_w vorgesehen wird und gemäß Patentanspruch 8, wo die Flüssigkeit aus dem Niederdruckraum ungedrosselt über

den Druckmittelkanal bis ganz nahe an den Spalt l_w herangeführt werden kann

5 Einen wesentliche Verbesserung des erfindungsgemäßen Wiederauffüllens ergibt sich nach Patentanspruch 11, indem in den Niederdruckräumen ein gegenüber dem Umgebungsdruck erhöhter bestimmter Druck eingestellt wird. Das ergibt eine Erhöhung des die Wiederauffüllung des Kopplungsraumes begünstigenden Druckgefälles zum Kopplungsraum hin, wobei dieser Druck gemäß Patentanspruch 12 bereitgestellt wird.

10

Zeichnung

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen: Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzventil im Schnitt, Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kolbenanordnung an einem Kopplungsraum mit Flüssigkeitsnachspeisung, Figur 3 eine andere Bauart eines Kolbens, Figur 4 eine Abwandlung der Kolbenbauart nach der Figur 3, Figur 5 eine weitere Abwandlung einer Kolbenbauart nach der Figur 3, Figur 6 ein Diagramm über den Zeitablauf der Wiederbefüllung, Figur 7 eine Bauart mit drei Kolben und Figur 8 eine Einspritzanlage mit dem erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventil.

15

20

25

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das erfindungsgemäße Ventil findet Anwendung bei einem Kraftstoffeinspritzventil, das in wesentlichen Teilen im Schnitt in der Figur 1 wiedergegeben ist. Dieses Einspritzventil weist ein Ventilgehäuse 1 auf, in dem in einer Längsbohrung 2 eine Ventilnadel 3 geführt ist, die auch in hier nicht weiter gezeigter, bekannter Weise durch eine Schließfeder in Schließrichtung vorbelastet sein kann. An ihrem ei-

30

35

nen Ende ist die Ventilnadel mit einer kegelförmigen Dicht-
fläche 4 versehen, die an der in den Brennraum ragenden
Spitze 5 des Ventilgehäuses mit einem Sitz 6 zusammen wirkt,
von dem aus Einspritzöffnungen abführen, die in das Innere
5 des Einspritzventils, hier den die Ventilnadel 3 umgebenden
unter Einspritzdruck stehenden Kraftstoff gefüllten Ringraum
7 mit dem Brennraum verbinden, um so eine Einspritzung zu
vollziehen, wenn die Ventilnadel von ihrem Sitz abgehoben
hat. Der Ringraum ist mit einem weiteren Druckraum 8 verbun-
den, der ständig in Verbindung mit einer Druckleitung 10
10 steht, über die dem Kraftstoffeinspritzventil von einem
Kraftstoffhochdruckspeicher 9 Kraftstoff unter Einspritz-
druck zugeführt wird. Dieser hohe Kraftstoffdruck wirkt auch
in den Druckraum 8, und dort auf eine Druckschulter 11, über
15 die in bekannter Weise die Düsenadel bei geeigneten Bedin-
gungen von ihrem Ventilsitz abgehoben werden kann.

Am anderen Ende der Ventilnadel ist diese in einer Zylinder-
bohrung 12 geführt und schließt dort mit ihrer Stirnseite 14
20 einen Steuerdruckraum 15 ein, der über eine Drosselverbin-
dung 16 ständig mit einem Ringraum 17 verbunden ist, der,
wie auch der Druckraum 8 immer mit dem Kraftstoffhochdruck-
speicher in Verbindung steht. Axial führt von Steuerdruck-
raum 15 eine eine Drossel 19 aufweisende Bohrung ab zu einem
25 Ventilsitz 20 eines Steuerventils 21. Mit dem Ventilsitz
wirkt ein Ventilglied 22 des Steuerventils zusammen, das in
abgehobenem Zustand eine Verbindung zwischen dem Steuer-
druckraum 15 und einem Niederdruckraum 18 herstellt, der
ständig mit einem Entlastungsraum verbunden ist. In dem Nie-
30 derdruckraum 18 ist eine das Ventilglied 22 in Schließrich-
tung belastende Druckfeder 24 angeordnet, die das Ventil-
glied 22 auf den Ventilsitz 20 hin beaufschlagt, so daß in
Normalstellung des Steuerventils diese Verbindung des Steu-
erdruckraumes 15 verschlossen ist. Da die stirnseitige Flä-
35 che der Ventilnadel 3 im Bereich des Steuerdruckraumes grö-

ßer ist als die Fläche der Druckschulter 11, hält derselbe Kraftstoffdruck im Steuerdruckraum, der auch in dem Druckraum 8 vorherrscht nun die Ventalnadel 3 in geschlossener Stellung. Ist das Ventilglied 22 jedoch abgehoben, so wird
5 der Druck im über die Drosselverbindung 16 abgekoppelten Steuerdruckraum 15 entlastet. Bei der nun fehlenden oder reduzierten Schließkraft öffnet die Ventalnadel 3 ggfs. entgegen der Kraft einer Schließfeder schnell und kann andererseits sobald das Ventilglied 22 wieder in Schließstellung
10 kommt, in Schließstellung gebracht werden, da sich von diesem Zeitpunkt an über die Drosselverbindung 16 der ursprüngliche hohe Kraftstoffdruck im Steuerdruckraum 15 dann schnell wieder aufbaut.

15 Das erfindungsgemäße Steuerventil weist einen zu seiner Betätigung bestimmten Kolben 25 auf, der auf das Ventilglied 22 wirkt und durch einen nicht näher dargestellten Piezoaktor 32 betätigbar ist. Der Kolben 25 ist in einer in einem Gehäuse-
häuseteil 26 des Kraftstoffeinspritzventils angeordneten
20 Führungsbohrung 28 dicht geführt und begrenzt, wie man der Figur 2 entnimmt, mit seiner Stirnfläche 29 einen Kopplungsraum 30, der auf seiner gegenüberliegenden Wand von einem in einer Bohrung 65 Aktorkolben 31 größeren Durchmessers abgeschlossen ist, der Teil des Piezoaktors 32 ist und der
25 zusätzlich auch durch eine im Kopplungsraum 30 angeordnete Federscheibe 66 mit dem Piezoaktor 32 kraftschlüssig gekoppelt werden kann. Die Rückführung des Aktorkolbens zusammen mit dem Piezoaktor 32 kann auch in anderer geeigneter Weise erfolgen. Beide Kolben 25 und 31 sind in ihren Bohrungen
30 dicht geführt. Der Kopplungsraum 30 dient aufgrund der unterschiedlichen Kolbenflächen der beiden Kolben 25 und 31 als Übersetzerraum, indem er einen konstruktionsbedingten kleinen Hub des Piezoaktorkolbens 31 in einen größeren Hub des das Steuerventil 21 betätigenden Kolbens 25 übersetzt.
35 Bei Erregung des Piezoaktors 32 wird der Kolben 25 so ver-

stellt, daß das Ventilglied 22 von seinem Sitz 20 abhebt. Das hat eine Entlastung des Steuerdruckraumes 15 zur Folge, was wiederum das Öffnen der Ventilnadel 3 bewirkt.

5

In der Figur 2 sind der Kopplungsraum 30 und die beiden Kolben 25 und 31 losgelöst vom Ventilgehäuse 1, dargestellt. Es sind in dem Gehäuseteil 26 der Niederdruckräume 18 auf der Seite des Kolbens 25 und ein Niederdruckraum 33 auf der dem Kopplungsraum 30 abgekehrten Seite des Kolbens 31 vorgesehen. Die Zylinderbohrungen für die Kolben 25 und 31 weisen Spalte 35 und 36 von einer Breite s_1 und s_2 auf, über welche die Niederdruckräume 33 und 18 mit dem Kopplungsraum 30 in Verbindung stehen. Die Länge des Spaltes 35 ist mit l_1 und die des Spaltes 36 mit l_2 bezeichnet und der Durchmesser des Kolbens 31 ist d_1 und der des Kolbens 25 ist d_2 .

10

15

20

25

30

Zur Betätigung des Ventilglieds 22 wird der Piezoaktor 32 erregt und in der Folge der Aktorkolben 31 verstellt. Dies führt zu einer Druckerhöhung im Kopplungsraum 30, die wiederum in einer Verstellung des Kolbens 25 zusammen mit dem Ventilglied 22 resultiert. Wegen der unterschiedliche Durchmesser der Kolben, bewegt sich dabei der Kolben 25 weiter als der Aktorkolben 31. Die Druckerhöhung im Kopplungsraum führt zu Leckverlusten von Koppelraumflüssigkeit über die Leckspalte zwischen den Kolben 25 und 31 und ihrer Führung in den Bohrungen. Die Zeit in der zur Betätigung des Ventilglieds ein hoher Druck im Kopplungsraum herrscht sind jedoch kurz im Vergleich zu den Zeiten, den Belastungspausen, die dazwischen liegen.

35

Damit der Kopplungsraum 30 bei einer bei der Arbeit des Ventils entstehenden hohem Druck im Kopplungsraum im Laufe der Zeit nicht über die Spalte 35 und 36 leergepumpt wird, wird es gemäß der Erfindung ermöglicht, in den Belastungspausen,

auch bei verhältnismäßig niedrigen Drücken in den Niederdruckräumen 18 und 33 eine schnelle Wiederbefüllung des Kopplungsraumes 30 zum Ausgleichen eines entstandenen Flüssigkeitsverlustes zu erreichen. Dies wird dadurch begünstigt, daß der Aktorkolben sich mit dem Piezoaktor bei Nichterregung zurückbewegt. Vorteilhaft wird dies dadurch unterstützt, wenn der Aktorkolben zum Piezoaktor hin von einer Rückstellkraft beaufschlagt wird, die vorzugsweise durch die sich im Kopplungsraum abstützenden Feder 57 bereitgestellt wird.

Es müssen zu dieser Wiederauffüllung die beiden Kolben 25 und 31 und ihre Führungen auf besondere Weise geometrisch ausgelegt werden, um eine optimale Arbeitsfähigkeit der Anordnung und ein immer wieder Herstellen des Füllvolumens des Kopplungsraumes 30 zu erzielen. Anzustreben ist ein geometrisches Verhältnis nach der folgenden Gleichung als Leckratenkennwert:

$$\frac{n \cdot d \cdot s^3}{V_0 \cdot l} \geq 4$$

worin
 d = mittlerer Kolbendurchmesser in mm
 s = Spaltgröße in μm
 l = Dichtspaltlänge in mm,
 n = die Anzahl der Dichtspalte bzw. Kolben und
 V_0 = das Ausgangsvolumen des Kopplungsraumes in mm^3 sind,

besser noch ein Verhältnis:

$$\frac{n \cdot d \cdot s^3}{V_0 \cdot l} \geq 8$$

Ab einem solchen Verhältnis ist eine schnellst mögliche Wiederbefüllung gegeben, ohne daß Toleranzen, insbesondere in den Spalten 35 und 36 einen größeren Einfluß auf die Dauer der Wiederbefüllung haben. Aus dem obigen Verhältnis folgt, daß die Spalte und der Kolbendurchmesser tendentiell groß

und das Ausgangsvolumen und die Dichtspaltenlänge klein zu wählen sind. Dieser Leckratenkennwert von ≥ 8 sollte aber nicht zu groß gewählt werden, da sonst die Leckrate zu groß wird und die Kopplungsfunktion, d.h. die hydraulische Steifigkeit des Kopplungsraumfüllvolumens und damit der Hub sinkt. Um die für das Schalten des Ventils notwendige Steifigkeit des Kopplungsraumes 30 so groß wie möglich zu halten, muß das Ausgangsvolumen V_0 des Kopplungsraumes so klein wie möglich sein.

Soll aus Gründen der Führungsgenauigkeit und der damit konstant zu haltenden Spaltgeometrie bei den beiden Kolben 25 und 31 die Spalte 35 und 36 nicht zu groß und die Kolbenlängen l_1 und l_2 nicht zu klein gewählt werden und trotzdem der Kennwert $\frac{n \cdot d \cdot s^3}{V_{0.1}} \geq 4$ sein, dann können für die Kolben 25 und 31 Bauarten verwendet werden, wie sie in den Figuren 3, 4 und 5 dargestellt sind und bei denen die hydraulisch wirksame Dichtspaltlänge reduziert ist, d.h. auf eine den obigen Kennwert festlegende kurze Länge beschränkt wird.

In der Figur 3 ist ein Kolben 37 gezeigt, dessen Längenabmessung l zweimal durch Ringnuten 38 und 39 unterbrochen ist, um bei kurzer Dichtspaltlänge weit auseinanderliegende Führungsteile zu bekommen, wodurch die Führungsgenauigkeit erhöht wird. Die zwischen der Ringnut 39 und 38, dem Niederdruckraum 18 bzw. 43 und dem Kopplungsraum 30 liegenden Spaltlängen sind kürzer als die ursprüngliche Gesamtlänge des Kolbens. Das ergibt ein für die Befüllung günstigeres geometrisches Verhältnis nach der oben stehender Formel für den Leckratenkennwert bei sehr guter Führungsgenauigkeit.

Bei der Bauart nach der Figur 4 hat ein Kolben 40 eine Ringnut 41, die nahe am Kopplungsraum 30 angeordnet ist und somit dort eine kurze wirksame Spaltlänge l_w definiert. Diese

kurze Spaltlänge geht allein in den Ergebniswert nach oben-
stehender Formel ein. Der dieser wirksamen Spaltlänge fol-
gende Kolbenteil, dient als notwendiger Führungsteil, der
aber auf den sich aus obiger Formel ergebenden Wert keinen
5 Einfluß hat. Auf diese Weise kann der günstige Wert für die
Wiederbefüllung in den Belastungspausen in einfacher und si-
cherer Weise erzielt werden.

Schließlich ist in der Figur 5 ein Kolben 42 dargestellt,
10 der ausgehend von der Ausführung nach Figur 4 mit kurzer
Dichtspaltlänge gemäß dem Kolben 40 dadurch modifiziert ist,
daß hier von der Ringnut 43, die der Ringnut 41 von Figur 4
entspricht, eine oder mehrere seitliche Abflachungen 44 zum
Kolbenende hin abführen. Bei einer solchen Bauart ist die
15 sehr kurze Spaltlänge l_w erreicht, die die obige Forderung
erfüllt und trotzdem ist die Führung des Kolbens 42 verhält-
nismäßig lang und damit genau. Die durch die Ringnut 43 und
die seitliche Abflachungen 44 gebildete Spaltenbreite ist
hydraulisch so groß, daß sie für eine Dichtfunktion unwirk-
20 sam ist, und der durch ihre Länge bestimmte Kolbenteil nur
als Kolbenführung wirkt und nicht in das Ergebnis des Leck-
ratenkennwertes eingeht. Die Abflachung 44 ist als Druckmit-
telkanal anzusehen, durch den die Ringnut 43 vom angrenzen-
dem Niederdruckraum mit Druckmittel versorgt wird. Diese Ab-
25 flachung kann aber auch in anderer Form verwirklicht werden,
z.B. auch als Bohrung oder eine andere Art von Kanal zwi-
schen Ringnut 43 und Niederdruckraum.

Die Figur 6 zeigt ein Diagramm, das anhand von drei Kurven
30 45, 46 und 47 die unterschiedliche Dauer der Wiederbefüllung
im Verhältnis zur Zeitdauer des Anstehens des Arbeitsdruckes
im Kopplungsraum und bei verschiedenen Umgebungsdrücken er-
kennen läßt. Auf der Ordinate ist ein Zeitverhältnis aufge-
tragen, das von der Zeit bestimmt ist, die erforderlich
35 ist, den Kopplungsraum auf einen bestimmten Druck, z.B. 90%

des Umgebungsdruckes wieder aufzufüllen und auf der Abszisse aufsteigend die Werte der Leckratenkenngröße, die sich bei unterschiedlichen Parametern und zwei Spalten, d.h. zwei Kolben, den Kolben 25 und 31, aus obiger Formel ergeben. Es ist zu erkennen, daß die Wiederbefüllung bei großen Spalten, d.h. mit größer werden der sich aus obiger Formel ergebenden Werten schneller und günstiger abläuft. Umgekehrt ergeben sich, bei Leckratenkennwerten < 4 Zeiten die in Unendliche gehen. Wesentlich geht dabei auch der Druck ein, der im Niederdruckraum herrscht. Mit zunehmendem Druck ergibt sich ein schnellere Wiederbefüllung.

In der Figur 7 ist eine Bauart mit 3 Kolben dargestellt und zwar mit dem bereits beschriebenen Aktorkolben 31 und mit dem Kopplungsraum 30. Hier ist jedoch ein das Steuerventil 21 betätigender Kolben als Stufenkolben ausgebildet, der mit zwei Kolben 49 und 50 versehen ist. Demzufolge gibt es hier insgesamt 3 Spalten, über die Flüssigkeit aus dem Kopplungsraum austreten kann und über die der Kopplungsraum wiederbefüllt werden muß. Auch für eine solche Bauart ist die erfindungsgemäße Wiederbefüllung anwendbar. Sie ist darüber hinaus auch für Einrichtungen mit mehr als drei Kolben brauchbar.

Bei einer Einspritz-Anlage, wie sie vereinfacht in der Figur 8 abgebildet ist, ist pro Motorzylinder eine Einspritzventil 51 verwendet, wie es anhand der Figur 1 bereits abgehandelt wurde. Das Einspritzventil 51 ist einerseits über eine Zuleitung 52 an einen Hochdruckspeicher 53 und andererseits über eine Rückleitung 54 an einen Niederdruckbehälter 55 (Tank) angeschlossen. Außerdem gehören zur Einspritz-Anlage eine Kraftstoffpumpe 56, eine Hochdruckpumpe 57, ein Überströmventil 58, ein Druckregelventil 59, ein Druckbegrenzer 60, ein Durchflußbegrenzer 61 und ein elektronisches Steuergerät 62.

Gemäß der Erfindung ist nun in die Rückleitung 54, die vom Einspritzventil 51 zum Behälter 55 geführt ist, ein Druckhalteventil 63 eingesetzt, das auf einen Druck von 10 bis 20 bar eingestellt ist. Die Rückleitung 54 muß dann entsprechend stabil ausgebildet werden. Im Einspritzventil 51 sind, wie bereits beschrieben, die beiden Niederdruckräume 18 und 34, die auf den beiden auf den Kopplungsraum 30 abgekehrten Seiten des Aktorkolbens 31 und des das Ventilglied 22 betätigenden Kolbens 25 liegen, an den Niederdruck angeschlossen, und dieser Niederdruck wird nun durch das Druckhalteventil 63 auf einem erhöhtem Niveau von z.B. 10 bis 20 bar gehalten.

Eine solche Maßnahme bewirkt dann eine schnelle Wiederbefüllung des Kopplungsraumes 30 über die Spalte 35 und 36 (vgl. Figur 2) nach der Gleichung

$$Q = \frac{\pi \cdot d \cdot s^3}{12 \cdot \eta \cdot l} \cdot (P_0 - P_{\text{kopp}})$$

worin Q die Durchflußmenge, d der Kolbendurchmesser, s das Spaltmaß und η die dynamische Viskosität und l die Lecksplattlänge sind.

Die Verwendung eines Rückhalteventils 63 ist insbesondere dann empfehlenswert, wenn die Druckdifferenz zwischen dem nach dem Aktorhub auf etwa 0 bar gefallenem Druck im Kopplungsraum 30 und dem Umgebungsdruck von 1 bar bis zum nächsten Einspritzvorgang des Verbrennungsmotors (z.B. 25 ms bei einer Motordrehzahl von 4800 Umin) zu einer Wiederbefüllung des Kopplungsraumes 30 nicht ausreicht. Mit dem auf 10 bis 20 bar erhöhten Differenzdruck läßt sich der Kopplungsraum 30 in dem zur Verfügung stehenden kurzen Zeitraum mit Sicherheit wieder befüllen. Vorteilhaft dabei ist, daß pro Motor nur ein einziges Druckhalteventil 63 benötigt wird.

5

Ansprüche

10 1. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einem Ventil-
glied (22), das gegen die Kraft einer Feder (24) vorzugswei-
se in Öffnungsrichtung durch einen Kolben (25) betätigbar
ist der mit seiner Stirnseite einen hydraulischen Kopplungs-
raum (30) als bewegliche Wand abschließt, welcher Kopplungs-
15 raum andererseits von der Stirnseite eines einen größeren
Durchmesser als der des Kolbens (25) aufweisenden Aktor-
kolbens (31) begrenzt wird, der Teil eines Piezoaktors (32)
ist, durch dessen Arbeitshub eine Druckerhöhung im Kopp-
lungsraum (30) erzeugbar ist, durch die der Kolben (25) ge-
20 gen die Kraft der Druckfeder (24) verstellbar ist, dadurch
gekennzeichnet, daß auf den beiden dem Kopplungsraum (30)
abgekehrten Seiten des Aktorkolbens (31) und des das Ventil-
glied (22) betätigenden Kolbens (15) je ein Niederdruckraum
(18 bzw. 33) vorgesehen ist, in dem Lecköldruck herrscht und
25 ein zwischen den Außenumfang von Kolben (25) und Aktorkolben
(31) und jeweils der diese Kolben führenden Bohrungen (28,
65) liegender Spalt (35, 36) so bemessen ist, daß der Kopp-
lungsraum (30) dann, wenn in diesem keine Druckerhöhung vor-
handen ist, aus den Niederdruckräumen über diesen Spalt wie-
30 der aufgefüllt wird zum Ausgleich von während der Druckerhö-
hungszeiten, auftretenden Leckverlusten über diesen Spalt in
die Niederdruckräume hinein, wobei die Zeiten, die die zwi-
schen dem Auftreten der Druckerhöhungen liegen, kürzer sind
als die Zeiten, in denen die Druckerhöhungen auftreten.

35

2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Leckverlust im Kopplungsraum (30) durch eine Volumenvergrößerung der Kopplungsraumes durch einen Rückhub des Aktorkolbens (31) auftretende Druckgefälle zwischen dem Kopplungsraum (30) und den Niederdruckräumen (18, 33) ausgleichbar ist.

3. Ventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktorkolben (31) durch eine Rückstellfeder (66) mit dem Piezoaktor (32) für seinen Rückhub gekoppelt ist

4. Ventil nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiederfüllung des Kopplungsraumes (30) über die Spalte (35, 36) entlang einer definierten Länge l_1 und l_2 der Dichtspalten der Kolben (25, 31) ventillos durchgeführt ist, wobei die Spalte so bemessen sind, daß ein Wiederfüllen des Kopplungsraumes immer innerhalb der Zeiten zwischen den einzelnen Arbeitshüben des Piezoaktors (32) ermöglicht ist.

5. Ventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die Länge und die Breite der Spalten bezogen auf das vom Kopplungsraum beanspruchte größte Volumen in den Zeiten, in denen keine Druckerhöhungen vorliegen, für ein Wiederbefüllen folgendes geometrisches Verhältnis eingehalten wird:

$$\frac{n \cdot d \cdot s^3}{V_0 \cdot l} \geq 4, \text{ vorzugsweise } \geq 8$$

wobei V_0 das Volumen des Kopplungsraumes (30) in mm^3 , n die Zahl der Spalten ist, die vom Kopplungsraum (30) abführen, s die Breite der Spalte in μm , l die Länge der Spalte in mm und d der mittlere Durchmesser der Kolben in mm ist.

6. Ventil nach Ansprüche 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (25) zur Betätigung des Ventilgliedes (22) und/oder der Aktorkolben (31) in der Länge ihrer Führung in der Boh-

rung (28) bzw. der Bohrung (65) durch wenigstens eine Ringnut (38, 39, 41, 43) unterteilt ist

5 7. Ventil nach Ansprüche 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Kopplungsraum (30) und der wenigsten einen Ringnut (41, 43) eine kurze Spaltlänge l_w definiert ist, die das geometrische Verhältnis erfüllt und die jenseits der wenigstens einen Ringnut (41, 43) liegenden Teile des Kolbens als der Führung dienende Teile (40, 42) ausgebildet sind.

10 8. Ventil nach Ansprüche 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der wenigsten einen Ringnut (43) und der dem Niederdruckraum (18, 34) zugewandten Seite des Kolbens (42) ein Druckmittelkanal (44) vorgesehen ist, durch den die Ringnut ungedrosselt mit Druckflüssigkeit versorgt wird.

15 9. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kopplungsraum (30) vom Aktorkolben (31) und von mehr als einem weiteren Kolben (49, 50) begrenzt ist. (Figur 7)

20 10. Ventil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Kolben (49, 50) zu einem Stufenkolben (48) zusammengefaßt sind.

25 11. Ventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in den Niederdruckräumen auf einem bestimmten, gegenüber dem Umgebungsdruck erhöhten Niveau gehalten wird.

30 12. Ventil nach Anspruch 11, das in ein Einspritzsystem mit Hochdruckpumpe (57) Hochdruckspeicher (52) und Niederdruckbehälter (55) eingesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß auch der an den Niederdruckbehälter (55) angeschlossene Niederdruckseite, die mit dem Niederdruckräumen (18,33) des

35

Ventils verbunden sind, ein Druckhalteventil (63) in einer Rückleitung (54) eingesetzt ist, das auf einen Druck über 1 bar eingestellt ist. (Figur 8).

- 5 13. Ventil nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das der in den Niederdruckräumen (18, 33) wirksame Druck auf 10 bis 20 bar eingestellt ist.

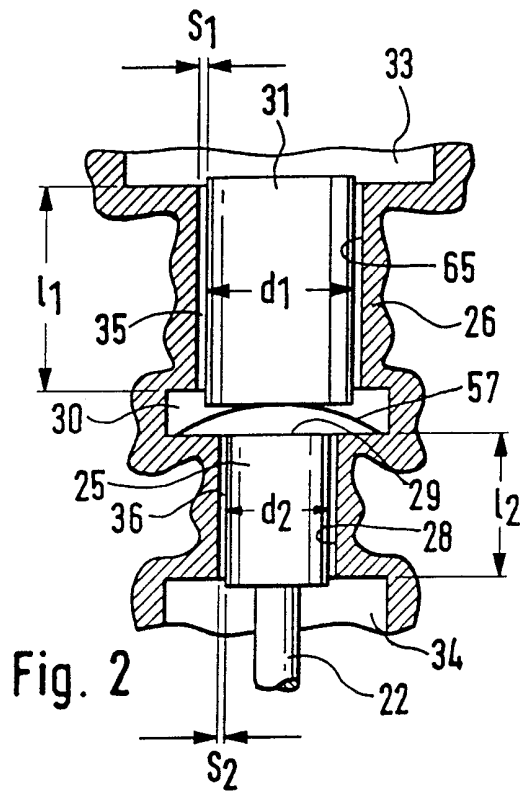


Fig. 2

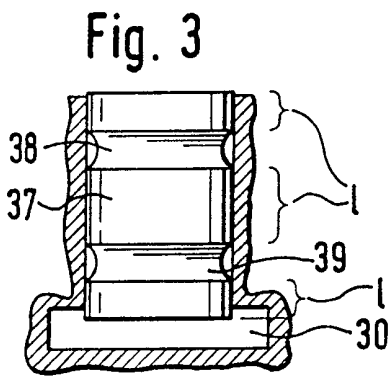


Fig. 3

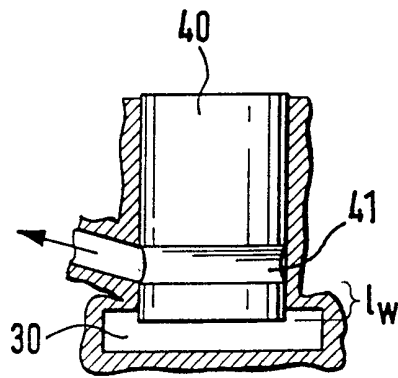


Fig. 4

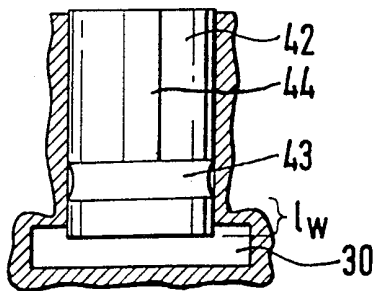


Fig. 5

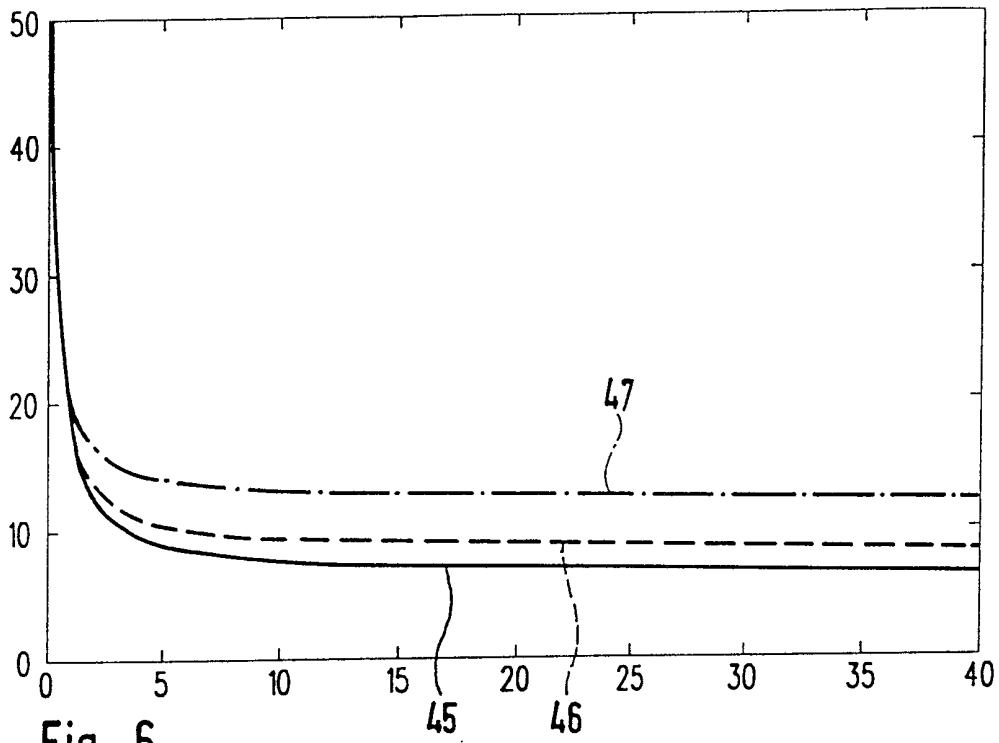


Fig. 6

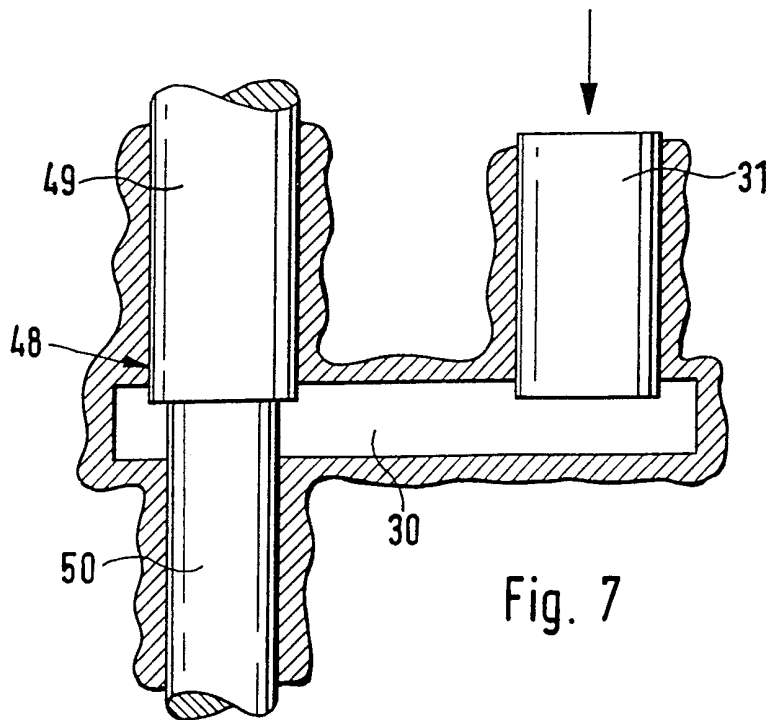


Fig. 7

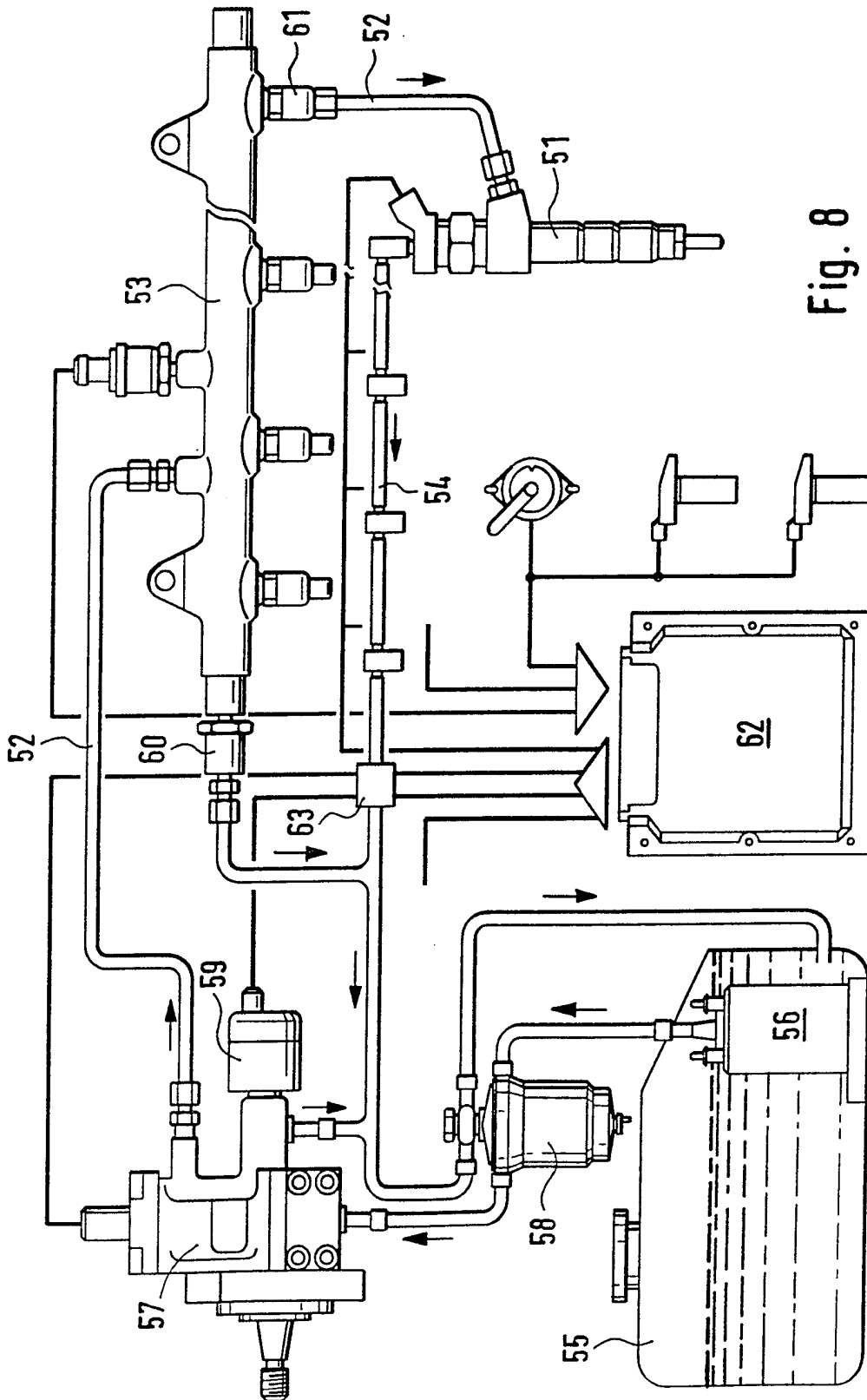


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01763

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 F02M59/46 F02M59/36

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F02M F16K

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	EP 0 816 670 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 7 January 1998 see column 6, line 3 - line 21 see column 8, line 10 - line 53; figures ---	1-4
A	EP 0 477 400 A (SIEMENS AG) 1 April 1992 cited in the application see column 4, line 2 - line 30; figure 1 ---	1
A	DE 195 19 192 C (SIEMENS AG) 5 June 1996 see abstract; figure ---	1
A	DE 37 42 241 A (DAIMLER BENZ AG) 25 August 1988 -----	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 November 1998

Date of mailing of the international search report

27/11/1998

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Sideris, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. l. Application No

PCT/DE 98/01763

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0816670 A	07-01-1998	US 5779149 A	14-07-1998
EP 0477400 A	01-04-1992	NONE	
DE 19519192 C	05-06-1996	WO 9637697 A EP 0828935 A	28-11-1996 18-03-1998
DE 3742241 A	25-08-1988	FR 2610996 A GB 2201753 A, B JP 63201362 A US 4813601 A	19-08-1988 07-09-1988 19-08-1988 21-03-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01763

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 F02M59/46 F02M59/36

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 F02M F16K

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, A	EP 0 816 670 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 7. Januar 1998 siehe Spalte 6, Zeile 3 - Zeile 21 siehe Spalte 8, Zeile 10 - Zeile 53; Abbildungen	1-4
A	EP 0 477 400 A (SIEMENS AG) 1. April 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 4, Zeile 2 - Zeile 30; Abbildung 1	1
A	DE 195 19 192 C (SIEMENS AG) 5. Juni 1996 siehe Zusammenfassung; Abbildung	1
A	DE 37 42 241 A (DAIMLER BENZ AG) 25. August 1988	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

"B" Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. November 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/11/1998

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Sideris, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01763

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0816670 A	07-01-1998	US 5779149 A	14-07-1998
EP 0477400 A	01-04-1992	KEINE	
DE 19519192 C	05-06-1996	WO 9637697 A EP 0828935 A	28-11-1996 18-03-1998
DE 3742241 A	25-08-1988	FR 2610996 A GB 2201753 A,B JP 63201362 A US 4813601 A	19-08-1988 07-09-1988 19-08-1988 21-03-1989