



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2001 Patentblatt 2001/34

(51) Int Cl.7: **F02M 45/08**, F02M 47/02,
F02M 55/00

(21) Anmeldenummer: **01102406.4**

(22) Anmeldetag: **02.02.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

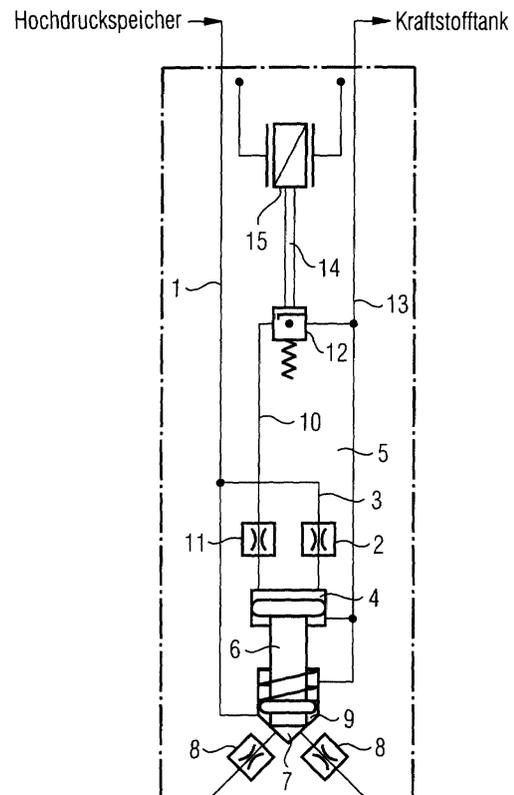
(72) Erfinder: **Lixl, Heinz
93053 Regensburg (DE)**

(30) Priorität: **17.02.2000 DE 10007175**

(54) **Einspritzventil für die Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil, mit einem Servoventil (12) zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung und mit einem Steuerraum (4), der über eine Zulaufdrossel (2) mit einem Kraftstoffzulauf in Verbindung steht und der über eine Ablaufdrossel (11) mit einem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringbar. Um ein Einspritzventil bereitzustellen, daß eine gleichmäßige Kleinstmengeneinspritzung gewährleistet, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die Öffnungs- bzw. Schließgeschwindigkeit über das Verhältnis von Zulauf- (16) und Ablaufdurchmesser (17) der Drosseln (2, 11) einstellbar ist.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ein solches Einspritzventil ist beispielsweise aus der EP-A-0 192 241 bekannt. Solche Einspritzventile sind zur Steuerung der Fluidströme mit Servoventilen versehen.

[0003] Für die Kraftstoffversorgung von Verbrennungsmotoren werden zunehmend Speichereinspritzsysteme verwendet, bei denen mit sehr hohen Einspritzdrücken gearbeitet wird. Solche Einspritzsysteme sind als Common-Rail-Systeme (für Dieselmotoren) und HPDI-Einspritzsysteme (für Ottomotoren) bekannt. Bei diesen Einspritzsystemen wird der Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe in einen allen Zylindern des Motors gemeinsamen Druckspeicher befördert, von dem aus die Einspritzventile an den einzelnen Zylindern mit Kraftstoff versorgt werden. Das Öffnen und Schließen der Einspritzventile wird dabei in der Regel über elektromagnetisch oder piezoelektrisch betriebene Aktoren gesteuert.

[0004] Zu diesem Zweck sind die Einspritzventile bei solchen Systemen mit Servoventilen ausgerüstet, die hydraulisch das Öffnen und Schließen der Düsennadel des Einspritzventils steuern, das heißt insbesondere den Beginn und das Ende des Einspritzvorgangs zeitlich festlegen. Das Servoventil beeinflusst dazu in Verbindung mit Steuerdrosseln vor allem die Geschwindigkeit, mit der das Einspritzventil öffnet und schließt.

[0005] Aus verbrennungstechnischen Gründen soll die Geschwindigkeit, mit der das Einspritzventil öffnet, verschieden sein von der Geschwindigkeit, mit der das Einspritzventil schließt. Das Einspritzventil soll z.B. bei Common-Rail-Systemen für Dieselmotoren zu Beginn der Einspritzung für eine bessere Vermischung des Kraftstoffs mit der Luft kontrolliert langsam öffnen, wohingegen das Einspritzventil am Ende des Einspritzvorgangs schnell schließen muß, um eine Rußbildung zu verhindern.

[0006] Ferner soll es möglich sein, um optimale verbrennungsergebnisse zu erzielen, kleinste Kraftstoffmengen zur Voreinspritzung (Piloteinspritzung) vor der eigentlichen Einspritzung zuzuführen.

[0007] Servoventile für Common-Rail-Systeme sind in der Regel als 2/2-Wegeventile oder 3/2-Wegeventile ausgeführt.

[0008] Die Ausführung als 2/2-Wegeventil mit einer Zulaufdrossel und einer Ablaufdrossel hat den Nachteil, daß sich die Öffnungs- und Schließvorgänge des Einspritzventils durch die Ausgestaltung des Kraftstoffzulaufs und des Kraftstoffablaufs nur innerhalb sehr enger Grenzen verändern lassen.

[0009] Die Ausführungsform als 3/2-Wegeventil, bei der der Zulauf über eine Zulaufdrossel und eine Ablaufdrossel erfolgt, ermöglicht ein schnelleres Öffnen des Einspritzventils als dies beim 2/2-Wegeventil der Fall ist.

Durch die Ausgestaltung der Zulaufdrossel läßt sich bei diesen Servoventilen der Schließvorgang des Einspritzventils verlangsamen. Bei Einspritzventilen für Verbrennungsmotoren ist es jedoch im Gegensatz dazu üblicherweise wünschenswert, das Öffnen des Einspritzventils zu verlangsamen, während das Einspritzventil schnell schließen soll.

[0010] Aus der EP-A-0 192 241 ist ein Servoventil zur Steuerung von Fluidströmen bekannt, bei dem der in einer ersten Fluidkammer auf den Ventilkörper des Servoventils ausgeübte Druck das Öffnen und Schließen des Servoventils bewirkt. Die Betätigung des Servoventils hat das Öffnen bzw. Schließen eines separaten Fluidkanals zur Folge. Dieser Fluidkanal führt von einem Hauptzylinder, der Druck auf das Fluid ausübt, zu Nebenzylindern, die durch das unter Druck stehende Fluid betätigt werden. Diese bekannte Anordnung, bei der der Hauptzylinder ein Hauptbremszylinder eines Kraftfahrzeugs ist und die Nebenzylinder Radbremszylinder darstellen, soll dazu dienen, das der Fluidkanal eines Antiblockiersystems in rascher Folge verzögerungsfrei geöffnet und geschlossen werden kann.

[0011] Die für optimale Verbrennungsergebnisse erforderliche Einspritzung von Kleinstmengen über den gesamten Raildruckbereich läßt sich mit diesen bekannten Ausgestaltungsformen der Einspritzventile nicht oder zumindest nicht ausreichend reproduzierbar erzielen.

[0012] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzventil dahingehend auszugestalten, daß es eine verbesserte Kleinstmengeneinspritzung ermöglicht.

[0013] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Patentanspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0014] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Einspritzventils sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0015] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Zulauf- und Ablaufdrossel des Einspritzventils werden die Durchflußkennlinien der Drosseln derart beeinflusst, daß sich ein schnelleres Schließen und langsames Öffnen der Düsennadel erzielen läßt, was sich beides positiv auf die Kleinstmengeneinspritzung auswirkt.

[0016] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der zugehörigen Zeichnung, in der die erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Einspritzventils beispielhaft schematisch dargestellt ist. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 einen schematischen Aufbau eines Einspritzventils gemäß dem Stand der Technik mit einem 2/2-Wegeventil als Servoventil;

Figur 2 schematisch die Ausgestaltung einer düsenförmig ausgebildeten Zulaufdrossel eines erfindungsgemäßen Einspritzventils;

Figur 3 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Kavitations-Umschlagpunktes (KUP) von der Formgebung des Zu- und Ablaufdurchmessers einer Drossel und

Figur 4 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Durchflusses der Zulaufdrossel von der geometrischen Form der Drossel.

[0017] Anhand von Figur 1 wird zunächst der Aufbau und die Arbeitsweise eines herkömmlichen Einspritzventils mit einem 2/2-Wegeventil als Servoventil erläutert.

[0018] Wie in Figur 1 dargestellt, wird der Kraftstoff mit Systemdruck von einem nicht dargestellten Hochdruckspeicher über eine Hochdruckbohrung und eine mit einer Zulaufdrossel 2 versehene Zulaufbohrung 3 einem Steuerraum 4 im Einspritzventilgehäuse 5 zugeführt. Im Steuerraum 4 wirkt der dort vorliegende Druck auf das hintere Ende eines axial beweglich gelagerten und geführten Düsenadel 6, die dazu dient, mit einer am vorderen Ende angeordneten Düsenadelspitze 7 Einspritzlöcher 8 im Einspritzventilgehäuse 5 zu öffnen und zu verschließen, die zum Brennraum des Verbrennungsmotors führen.

[0019] Die Einspritzlöcher 8 stehen bei geöffnetem Einspritzventil mit einer Düsenkammer 9 in Verbindung, die ihrerseits über die Hochdruckbohrung 1 mit dem Hochdruckspeicher verbunden ist. Wenn sowohl im Steuerraum 4 als auch in der Düsenkammer 9 der volle Systemdruck anliegt, wird die Düsenadel 6 aufgrund der größeren Wirkfläche im Steuerraum 4 nach unten gedrückt, so daß die Einspritzlöcher 8 verschlossen werden.

[0020] Bei der dargestellten Ausführungsform eines Einspritzventils gemäß dem Stand der Technik führt vom Steuerraum 4 eine Bohrung 10 im Einspritzventilgehäuse 5 mit einer Ablaufdrossel 11 zu einem in das Einspritzventilgehäuse 5 integrierten Servoventil 12 in Form eines 2/2-Wegeventils. Vom Servoventil 12 führt ein druckloser Kraftstoff-Rücklauf 13 zum nicht dargestellten Kraftstofftank. Das Servoventil 12 schaltet über einen Stößel 14, der von einem elektromagnetischen und/oder piezoelektrischen Aktor 15 angesteuert wird.

[0021] Das Servoventil 12 hat die Aufgabe, den Druck zu steuern, der im Steuerraum 4 zum Öffnen und Schließen des Einspritzventils auf die axial bewegliche Düsenadel 6 ausgeübt wird.

[0022] Wenn das Servoventil 12 geschlossen ist, steht im Steuerraum 4 im wesentlichen der volle Systemdruck an, so daß die Düsenadel 6 nach unten gedrückt wird und die Düsenadelspitze 7 am vorderen Ende der Düsenadel 6 die Einspritzlöcher 8 verschließt, die in den Verbrennungsraum führen. Wird der Aktor 15 des Servoventils 12 elektrisch angesteuert, übt der Stößel 14 eine Kraft auf das federbelastete Servoventil 12 aus, in dessen Folge sich das Servoventil 12 öffnet. Bei offenem Servoventil 12 stellt sich zwischen

Hochdruckspeicher, Steuerraum 4, Servoventil 12 und Kraftstoff-Rücklauf 13 eine stationäre Strömung ein, die an den einzelnen Drosseln, der Zulaufdrossel 2 und der Ablaufdrossel 11, zu einem definierten Druckabfall führt.

Die als zylindrische Bohrungen ausgebildeten Zulauf- und Ablaufdrosseln 2 und 11 sind so bemessen, daß sich dabei der Druck im Steuerraum 4 verringert. Durch diese Druckminderung nimmt die auf die Düsenadel 6 wirkende Kraft ab, während der Druck in der Düsenkammer 9 gleich dem Systemdruck bleibt, so daß das Einspritzventil durch die in der Düsenkammer 9 auf die Düsenadel 6 wirkende Kraft hydraulisch geöffnet wird. Durch diese Verschiebung der Düsenadel 6 wird die Verbindung der Düsenkammer 9 mit den Einspritzlöchern 8 wieder hergestellt und der Kraftstoff wieder in den Brennraum eingespritzt.

[0023] Diese bekannte Ausführungsform eines Einspritzventils mit einem 2/2-Wegeventil als Servoventil 12 hat den Nachteil, daß sich die Öffnungs- und Schließvorgänge nur innerhalb sehr enger Grenzen unabhängig voneinander beeinflussen lassen.

[0024] Überraschenderweise wurde herausgefunden, daß sich die Geschwindigkeit des Öffnungs- und Schließvorgangs durch die Variation des Verhältnisses zwischen dem Zulaufdurchmesser 16 und dem Ablaufdurchmesser 17 der einzelnen Drosseln 2 und 11 (Figur 2) einstellen und verändern läßt. Während die üblichen Drosselbohrungen einen zylindrisch ausgebildeten konstanten Durchmesser aufweisen, hat sich herausgestellt, daß durch die Formgebung der Drosselbohrung als zylindrische, düsenförmige oder diffusorförmige Bohrung die Durchflußkennlinie maßgeblich verändern läßt.

[0025] Um optimale Verbrennungsergebnisse zu erzielen, das heißt eine minimale Abgasemission zu erzeugen, ist es notwendig, kleinste Kraftstoffmengen von bis zu 1mm³ über den gesamten Raildruckbereich einzuspritzen.

[0026] Um andererseits niedrige Verbrennungsgeräusche zu erzielen, ist es notwendig möglichst niedrige Raildrücke (Mindestöffnungsdrücke) erreicht werden, bei denen noch eine reproduzierbare Einspritzung möglich ist.

[0027] Figur 2 zeigt eine düsenförmig ausgebildete Zulaufdrossel 2, bei der das Verhältnis vom Zulaufdurchmesser 16 zum Ablaufdurchmesser 17 größer 1 ist, das heißt, daß sich der Querschnitt der Zulaufdrossel 2 in Richtung der durch den Pfeil 18 gekennzeichneten Durchflußrichtung verringert. Durch die düsenförmige Ausgestaltung der Zulaufdrossel 2 wird bei höherem Druck der Durchfluß erhöht, was wiederum ein schnelleres Schließen des Einspritzventils ermöglicht.

[0028] Im Gegensatz zu der voranstehend beschriebenen Ausgestaltung der Zulaufdrossel 2 als düsenförmige Drossel wird vorgeschlagen die Ablaufdrossel 11 mit einem in Durchflußrichtung zunehmendem Querschnitt diffusorartig auszubilden, wobei das Verhältnis von Zulaufdurchmesser 16 zum Ablaufdurchmesser 17

zunehmend kleiner 1 ist. Dadurch wird der Punkt (Kavitations-Umschlagpunkt, KUP), bei dem der Kraftstoffdurchfluß durch die Ablaufdrossel 11 unabhängig ist von der Druckdifferenz zwischen dem Einlaß und dem Auslaß der Ablaufdrossel, bei einer geringeren Druckdifferenz erreicht.

[0029] Das Verhältnis von Zulaufdurchmesser 16 zum Ablaufdurchmesser 17 der Zulaufdrossel 2 und/oder der Ablaufdrossel 11 beträgt 0,7 bis 1,3.

[0030] Das Verhältnis von Zulaufdurchmesser 16 zum Ablaufdurchmesser 17 der Zulaufdrossel 2 beträgt vorzugsweise etwa 1,3:1.

[0031] Das Verhältnis von Zulaufdurchmesser zum Ablaufdurchmesser der Ablaufdrossel beträgt vorzugsweise etwa 0,7:1.

[0032] Figur 3 zeigt den Einfluß der Drosselform auf den Kavitations-Umschlagpunkt (KUP). Da an der Ablaufdrossel 11 ein möglichst frühzeitiger Eintritt in die Kavitation benötigt wird, um einen konstanten Abfluß unabhängig von der Druckdifferenz zwischen dem Vor- und dem Gegendruck im Ablaufraum zu erzielen, ist hier die diffusorartige Ausgestaltung zu bevorzugen, da sich hier der KUP zu den niedrigeren Gegendruckwerten hin verschiebt, wie dies der Punkt KUP" in Figur 3 zeigt.

[0033] Da hingegen an der Zulaufdrossel 2 ein möglichst spätes Eintreten der Kavitation gefordert wird, um einen großen Kraftstoffdurchfluß zu ermöglichen, ergibt sich aus Figur 3 die düsenförmige Ausgestaltung für den Querschnitt der Zulaufdrossel 2.

[0034] Zusätzlich zu der Ausbildung der Durchmesser der Drosseln 2 und 11 läßt sich die Einstrombedingung in die Zulaufdrossel 2 durch eine entsprechende Verrundung der Einlaufkante verbessern, was sich insbesondere vorteilhaft bei steigenden Raildrücken auswirkt. Da die Kleinstmengeneinspritzung desto schwieriger wird, je größer der Raildruck wird, wirkt sich die Verrundung der Einlaufkante positiv auf die Kleinstmengeneinspritzung aus. Die Düsenform der Zulaufdrossel 2 zusammen mit der Verrundung der Einlaufkante bewirken ein schnelles Schließen und langsames Öffnen der Düsennadelspitze 7, wie dies für optimale Verbrennungsverhältnisse gefordert wird.

[0035] Figur 4 zeigt die Durchflußmenge der Zulaufdrossel 2 in Abhängigkeit der Querschnittsform der Drossel. Wie aus der graphischen Darstellung ersichtlich, ist die Düsenform bei niedrigen Raildrücken nur wenig wirksam, wodurch sich eine steilere Öffnungsflanke ergibt, die wiederum für ein stabiles Öffnen bei niedrigen Drücken erforderlich ist.

[0036] Durch die Variation der Drosselquerschnitte der Zulaufdrossel 2 und der Ablaufdrossel 11 ist es möglich, den Durchfluß durch die Drosseln und die Druckdifferenz über die Drossel so einzustellen, daß bei einer Absenkung des Mindestöffnungsdrucks eine gleichmäßig gute Kleinstmengeneinspritzung über den gesamten Raildruckbereich erzielt wird.

[0037] Durch Einstellen eines vorgebbaren Kavitati-

onumschlagpunktes mit Hilfe der Drosselgeometrie bei der Zulaufdrossel 2 und der Ablaufdrossel 11 ist ein "digitales Ventil" realisierbar, bei dem der Kraftstofffluß durch die Drosseln 2,11 im Wesentlichen nur von der Drosselgeometrie und insbesondere unabhängig oder vorgebar abhängig von den variablen Druckverhältnissen im Einspritzventil ist.

10 Patentansprüche

1. Einspritzventil für die Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine, mit einem Servoventil (12) zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung und mit einem Steuerraum (4), der über eine Zulaufdrossel (2) mit einem Kraftstoffzulauf in Verbindung steht und der über eine Ablaufdrossel (11) mit einem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringbar ist, wobei der im Steuerraum (4) herrschende Druck auf eine bewegliche Düsennadel (6) wirkt, der mit einer Düsennadelspitze (7) in Wirkverbindung steht, die bei der Bewegung der Düsennadel (6) Einspritzlöcher (8) freigibt oder verschließt, wobei das Servoventil (12) von einem Aktor (15) betätigt wird und zwischen einer der Ablaufdrossel (11) mit dem drucklosen Kraftstoff-Rücklauf (13) in Verbindung bringende Offenstellung und einer diese Verbindung versperrenden Schließstellung verstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Geschwindigkeit, mit der die Düsennadel (6) die Einspritzlöcher (8) freigibt oder verschließt über das Verhältnis von Zulaufdurchmesser (16) und Ablaufdurchmesser (17) der Zulaufdrossel (2) und/oder der Ablaufdrossel (11) einstellbar ist.
2. Einspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zulaufdrossel (2) düsenförmig ausgebildet ist.
3. Einspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ablaufdrossel (11) diffusorartig ausgebildet ist.
4. Einspritzventil nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis von Zulaufdurchmesser (16) zum Ablaufdurchmesser (17) der Zulaufdrossel (2) und/oder der Ablaufdrossel (11) 0,7 bis 1,3 beträgt.
5. Einspritzventil nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einlaufkante der Zulaufdrossel (2) abgerundet ausgebildet ist.

FIG 1

Hochdruckspeicher → Kraftstofftank

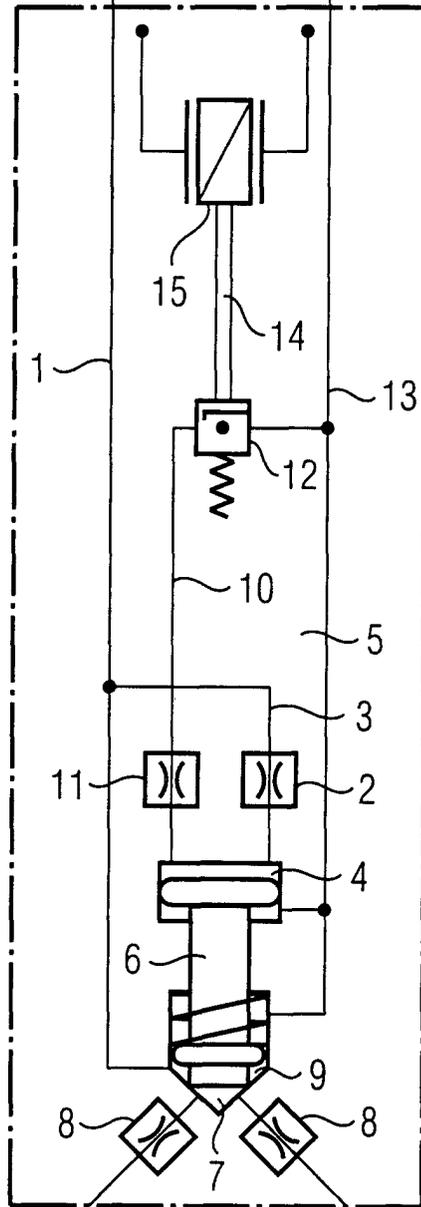


FIG 2

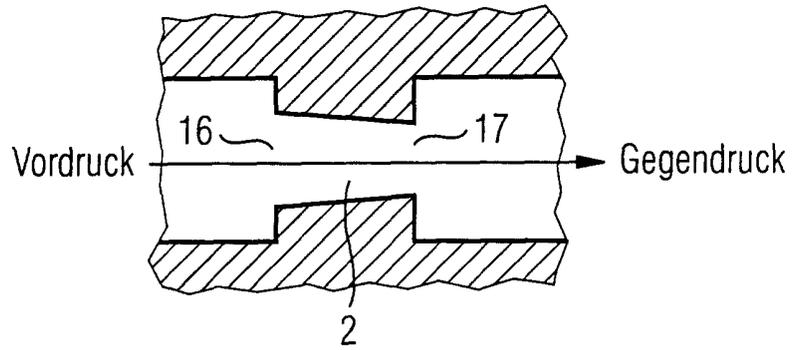


FIG 3

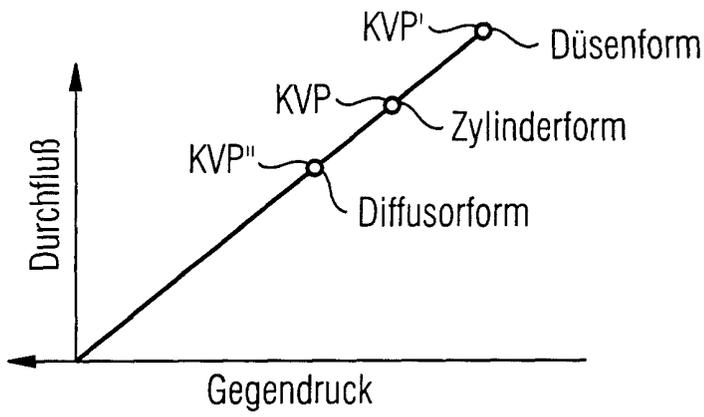


FIG 4

