

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 445 340 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90104537.7

51 Int. Cl.⁵: **F02M 51/06**

22 Anmeldetag: 09.03.90

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.09.91 Patentblatt 91/37

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

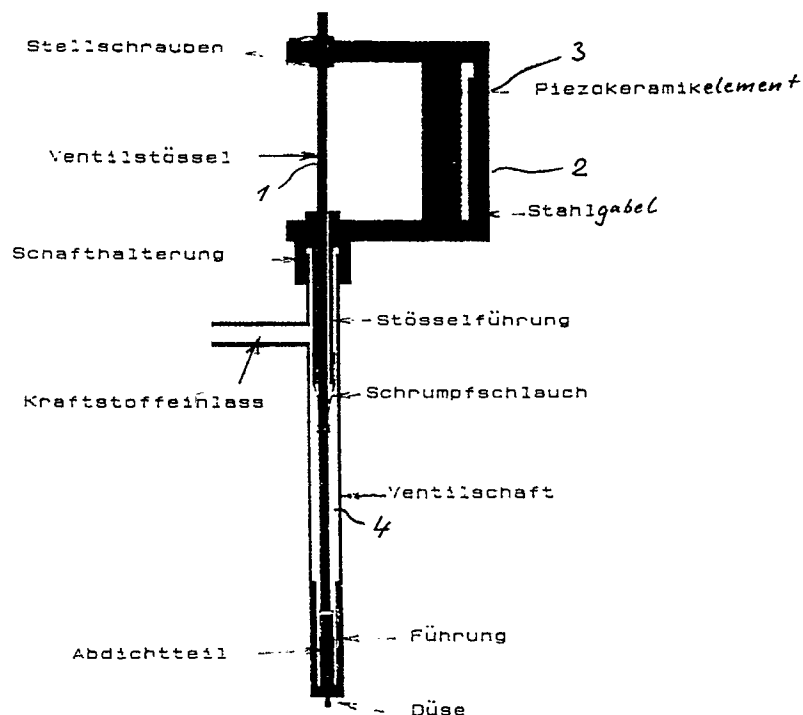
72 Erfinder: **Dostert, Rainer, Dipl.-Phys.**
Taubenstrasse 10
W-8011 Vaterstetten(DE)

54 Ventil mit piezoelektrischem Antrieb.

57 Ein Ventil mit piezoelektrischem Antrieb, bei dem zur Amplitudentransformation der Auslenkung eines als piezoelektrisches Stellglied fungierenden Piezokeramikelement (3) ein mit einem vorgegebenen

Hebelarmverhältnis versehener Hebelmechanismus, bestehend aus einer Stahlgabel (2), vorgesehen ist, wobei an einem auslenkbaren Ende derselben ein Ventilstößel (1) befestigt ist.

FIG



EP 0 445 340 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ventil mit piezoelektrischem Antrieb.

Bei bestimmten Steuerungsabläufen werden Ventile mit kurzen Reaktionszeiten benötigt. Insbesondere bei der elektronisch gesteuerten Kraftstoff-Einspritzung in Verbrennungsmotoren werden zum Erreichen von kurzen Einspritzzeiten (kleiner 0,2 ms) Einspritzventile mit extrem kleinen Öffnungs- und Schließzeiten benötigt. Ventile, die nur langsam schließen, neigen zur Tropfenbildung und bieten eine nur geringe Dosiergenauigkeit.

Die nach dem Stand der Technik ausgeführten Einspritzventile weisen im allgemeinen einen Ventilantrieb nach dem elektromagnetischen Prinzip auf. Ein derartiges Ventil wird durch einen Elektromagneten geöffnet. Eine Rückstellfeder schließt das Ventil nach Abschalten des Erregungsstroms. Um eine kleine Öffnungszeit zu erreichen, werden derartige Ventile kurzzeitig mit einem hohen Impuls hoher Erregungsstromstärke angesteuert, bevor auf den niedrigeren Haltestrom umgeschaltet wird. Der Schließvorgang kann bei elektromagnetischen Ventilen mit einer einzigen Magnetspule wegen des quadratischen Strom/Kraft-Verhaltens elektrisch nicht beeinflusst werden. Er hängt einzig von der Federkonstanten der erforderlichen Rückstellfeder und der zu bewegendem Masse der Ventilmass ab.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch Verwendung eines piezoelektrischen Antriebs mit einem annähernd linearen Zusammenhang zwischen der Ansteuerspannung für ein piezoelektrisches Stellglied und der bewirkten Auslenkung das Ventil aktiv zu öffnen und zu schließen ist, um kurze und definierte Öffnungs- und Schließzeiten zu erreichen. Dadurch kann die gewünschte Proportionalität der Einspritzmenge zur Einspritzzeit auch bei sehr kleinen Einspritzzeiten erreicht werden.

Ein Nachteil piezoelektrischer Weggeber besteht jedoch darin, daß nur relativ kleine Auslenkungen (1 - 2 %) erzielbar sind, so daß sie nicht unmittelbar als Stellglied für Ventile verwendbar sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Ventil der eingangs genannten Art zu schaffen, das auf einfache und kostengünstige Weise herstellbar ist und das Erfordernis extrem kleiner Reaktionszeiten bei definiert erzielbaren Ventilstellungen erfüllt.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Ventil mit piezoelektrischem Antrieb vorgeschlagen, für das erfindungsgemäß zur Amplitudentransformation der Auslenkung eines piezoelektrischen Stellgliedes ein mit einem vorgegebenen Hebelarmverhältnis versehener Hebelmechanismus vorgesehen ist, wobei an einem auslenkbaren Ende desselben ein Ventilstößel befestigt ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind

durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung im einzelnen anhand einer bevorzugten Ausführungsbeispiel betreffenden Figur beschrieben.

Erfindungsgemäß erfolgt der Antrieb des Ventils durch ein stabförmiges, als piezoelektrisches Stellglied fungierendes Piezokeramikelement 1, das vorzugsweise einen quadratischen Querschnitt hat und mit den Abmessungen 10 mm x 10 mm x 32 mm ausgebildet ist. Es wird mit einer Spannung bis zu 150 V angesteuert und erreicht bei 150 V eine Auslenkung von 40 µm. Zur Erhöhung der Auslenkung auf Werte, die zum Öffnen eines Einspritzventils typisch sind (100 µm), ist das piezoelektrische Stellglied an der inneren Seite einer U-förmigen federharten Stahlgabel 2 eingespannt, vergl. die Figur. Bei der Auslenkung des piezoelektrischen Stellgliedes werden die freien Enden der Stahlgabel 2 durch die auftretende Hebelwirkung auseinandergedrückt. Die Stahlgabel 2 ist vorzugsweise so ausgelegt, daß die Abstandsänderung zwischen den freien Enden derselben um den Faktor 4 höher als die betreffende Oberflächenabstandsänderung des piezoelektrischen Stellgliedes ist. An einem der freien Enden der Stahlgabel 2 ist über einer Durchführung ein 100 mm langer Ventilschaft 4, an dessen vorderen Ende sich der Ventilsitz befindet, fest angebracht. An dem anderen freien Ende der Stahlgabel 2 ist ein Ventilstößel 1, der durch die Durchführung gesteckt und in dem Ventilschaft 4 geführt ist und an dessen vorderem Ende sich eine Ventilmass befindet, befestigt. Der Ventilschaft 4 und der Ventilstößel 1 sind relativ gegeneinander verschiebbar. Im inneren Teil des Ventilschafts 4 ist der Ventilstößel 3 an der Durchführung abgedichtet. Der Kraftstoffeinlaß befindet sich an dem hinteren Ende des Ventilschafts 4.

Im nicht ausgelenkten Zustand des piezoelektrischen Stellgliedes befindet sich die Ventilmass am Ventilsitz und schließt somit das Ventil. Ist das piezoelektrische Stellglied ausgelenkt (40 µm maximal), so erfährt die Ventilmass durch die Amplitudentransformation der Stahlgabel 2 einen Hub bis zu 160 µm und öffnet das Ventil.

Durch die sehr hohe Blockierkraft des piezoelektrischen Stellgliedes kann die Federkonstante des Stahlrahmens, nämlich der Stahlgabel 2, so hoch gewählt werden, daß das Stellglied ständig - auch bei Kontraktion - unter der mechanischen Vorspannung des Stahlrahmens steht. Somit kann das Ventil auch aktiv geschlossen werden.

Mit dem beschriebenen Ventil lassen sich Öffnungs- und Schließzeiten von kleiner als 100 µs realisieren. Dieses Verhalten ist selbst bei einer Motordrehzahl von 10 000 U/min ausreichend. Durch die extrem kurzen Einspritzzeiten (< 0,2 ms) lassen sich vorteilhafterweise Mehrfacheinsprit-

zungen je Arbeitsspiel realisieren, was zu einer gewünschten Optimierung des Verbrennungsvorgangs benutzt werden kann.

Das Ventil hat darüber hinaus den Vorteil, daß die Einspritzmenge über den durch die Ansteuerung variablen Ventilhub gesteuert werden kann. Dadurch ist im Vergleich zu Einspritzventilen mit nur zwei festen Endlagen der Ventilmadel eine zusätzliche Möglichkeit der Kraftstoffdosierung gegeben.

Aufgrund der hohen Blockierkraft des piezoelektrischen Stellgliedes kann das Antriebssystem durch einen langen Ventilschaft relativ weit (100 mm) vom Ventilsitz entfernt angeordnet sein, um einen Raumgewinn für andere, motornahe Komponenten zu erzielen.

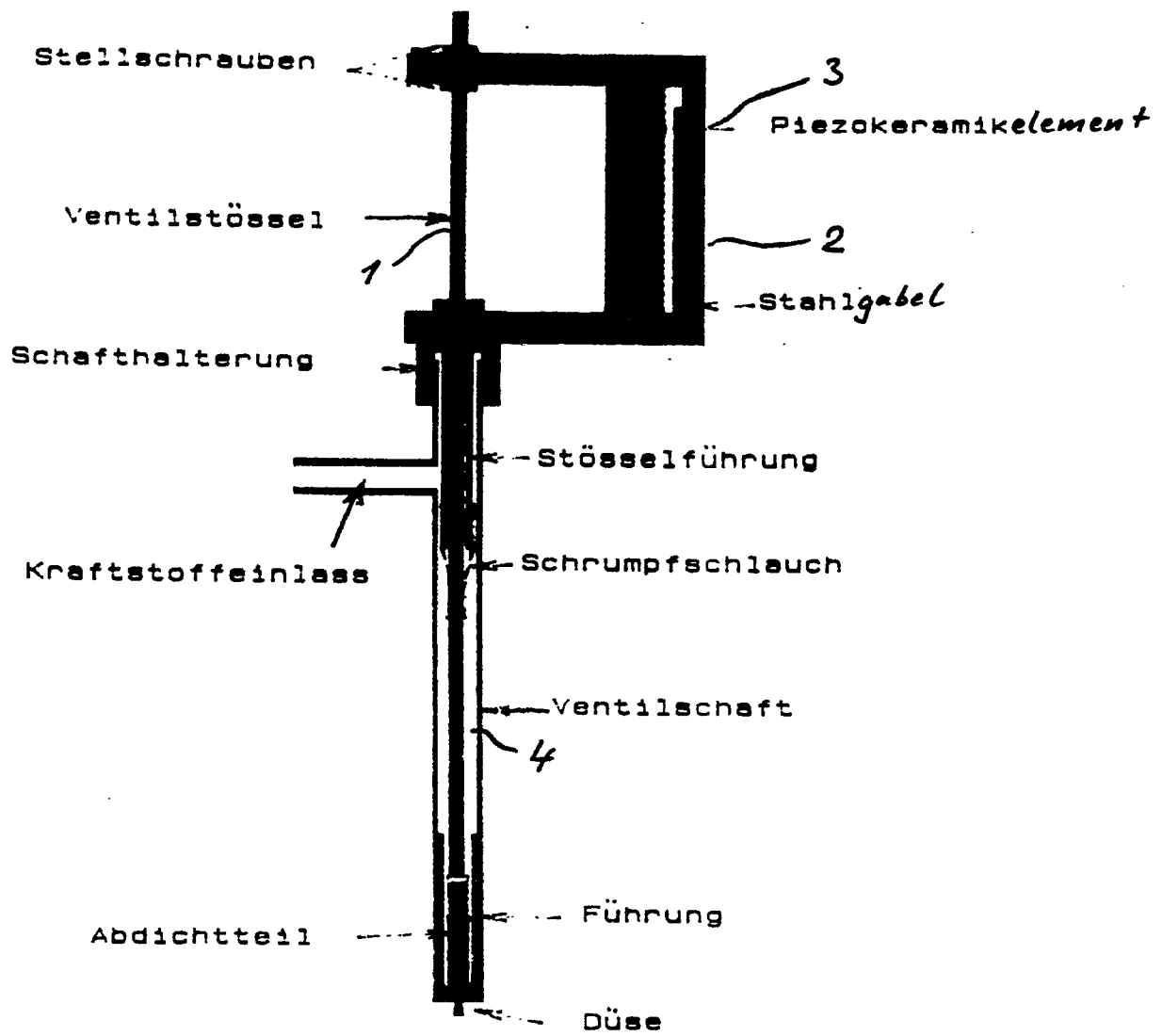
Patentansprüche

1. Ventil mit piezoelektrischem Antrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Amplitudentransformation der Auslenkung eines piezoelektrischen Stellgliedes ein mit einem vorgegebenen Hebelarmverhältnis versehener Hebelmechanismus vorgesehen ist, wobei an einem auslenkbaren Ende desselben ein Ventilstößel (1) befestigt ist.
2. Ventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Hebelmechanismus aus einer U-förmigen federharten Stahlgabel (2) besteht, zwischen deren Schenkel das piezoelektrische Stellglied eingespannt ist.
3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als piezoelektrisches Stellglied ein Piezokeramikelement (3) einer Charakteristik mit annähernd linearem Zusammenhang zwischen einer Ansteuerspannung und einer durch diese bewirkten Oberflächenabstandsänderung desselben und damit der Auslenkung des Ventilstößels (1) verwendet ist.
4. Ventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stahlgabel (2) derart ausgelegt ist, daß die Abstandsänderung zwischen den freien Enden der Stahlgabel (2) um den Faktor 4 höher ist als die Oberflächenabstandsänderung des Piezokeramikelements (3).
5. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Piezokeramikelement (3) als stabförmiger Körper mit quadratischem Querschnitt

mit den Abmessungen 10mm x 10mm x 32mm ausgebildet ist und bei Anlegen einer Spannung von 150 V eine Längenänderung von 40 µm erfährt.

- 5
6. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß an dem anderen der freien Enden der Stahlgabel (2), das örtlich fixiert ist, ein Ventilschaft (4) angeordnet ist, an dessen vorderem Ende sich der Ventilsitz des Ventils befindet, und daß der an dem auslenkbaren Ende der Stahlgabel (2) befestigte Ventilstößel (1) durch eine Durchführung der Stahlgabel (2) gesteckt und in dem Ventilschaft (4) geführt ist, wobei der Ventilschaft (4) und der Ventilstößel (1) relativ gegeneinander verschiebbar sind.
- 10
7. Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ventil ein Kraftstoff-Einspritzventil ist.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 91 (M-679)(2938) 24 März 1988, & JP-A-62 228664 (MIKUNI KOGYO) 07 Oktober 1987, * das ganze Dokument *	1, 7	F02M51/06
Y	---	2-4	
Y	US-A-4435666 (FUKUI) * Spalte 5, Zeilen 41 - 63 * * Spalte 6, Zeile 18 - Spalte 8, Zeile 7; Figuren 1, 4, 5 *	2-4	
X	DE-A-1751543 (KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ) * Seite 8, Absatz 2 - Seite 9, Absatz 1 * * Seite 14, Absatz 3 - Seite 15, Absatz 1; Figur 2 *	1, 3, 7	
X	US-A-4101076 (BART) * Spalte 4, Zeilen 1 - 27 *	1, 7	
A	* Zeilen 53 - 56; Figur 7 *	4	
X	US-A-4720077 (MINOURA) * Spalte 1, Zeilen 11 - 18 *	1, 7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	* Zeilen 31 - 57 * * Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 4, Zeile 11; Figuren 1, 4, 5 *	2, 3	
A	GB-A-507617 (AUTO UNION) * Seite 2, Zeilen 43 - 78; Figur 1 *	1, 2, 7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 25 OKTOBER 1990	
		Prüfer SIDERIS MARIOS	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		* : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	