

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 111 232 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.03.2005 Patentblatt 2005/10

(51) Int Cl.7: **F02M 63/02**, F02M 65/00,
F02M 59/46, G01L 23/10,
G01L 9/00

(21) Anmeldenummer: **00128437.1**

(22) Anmeldetag: **22.12.2000**

(54) **Einspritzvorrichtung**

Injection device

Dispositif d'injection

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **24.12.1999 DE 19963134**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.2001 Patentblatt 2001/26

(73) Patentinhaber: **Delphi Technologies, Inc.**
Troy, MI 48007 (US)

(72) Erfinder:
• **Ricci, Giulio**
Burton, Michigan 48509 (US)

• **Hesse, Michael W.**
4927 Hautcharage (LU)
• **Breitbach, Hermann**
3328 Crauthem (LU)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner Gbr**
Postfach 31 02 20
80102 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 753 072 **DE-U- 1 808 506**

EP 1 111 232 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Messung und/oder Regelung des Druckes in einer Druckleitung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Einspritzvorrichtung, insbesondere zur Common Rail-Einspritzung in Dieselmotoren, mit einer Druckleitung und wenigstens einer Einrichtung zur Messung und/oder Regelung des Druckes in der Druckleitung. Eine Einrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ist aus der DE 1 808 506 U bekannt.

[0002] Bei derartigen Einspritzvorrichtungen, die in Verbindung mit Verbrennungsmotoren verwendet werden, ist an die Druckleitung wenigstens eine Einspritzdüse angeschlossen, mit der dem Verbrennungsraum eines zugeordneten Zylinders zum richtigen Zeitpunkt eine bestimmte Kraftstoffmenge zugeführt wird. Bei einem Dieselmotor wird die Kraftstoffmenge unter hohem Druck direkt in den Zylinder eingespritzt. Bei Mehrzylindermotoren ist jedem Zylinder eine Einspritzdüse zugeordnet, wobei die Einspritzdüsen an eine gemeinsame Kraftstoff-Druckleitung angeschlossen sind, in die der Kraftstoff mittels einer Pumpe gefördert wird. Eine derartige Anordnung wird als "Common Rail Injector" oder "Common Rail Injection" bezeichnet.

[0003] Es ist das der Erfindung zugrundeliegende Problem (Aufgabe), eine Einrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei einfachem Aufbau eine zuverlässige und insbesondere schnelle Messung und/oder Beeinflussung des in der Druckleitung herrschenden Druckes ermöglicht. Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung dieser Aufgabe ausgehend von einer Einrichtung der eingangs genannten Art durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0004] Gemäß der Erfindung erfolgt die Druckmessung und/oder Druckregelung unter Ausnutzung des piezoelektrischen Effekts. Das piezoelektrische Element wechselwirkt an seinem der Gehäuseöffnung zugewandten Ende mit dem unter Druck stehenden Fluid in der Druckleitung, so daß das piezoelektrische Element zwischen dem Gehäuse, an dem das Piezoelement mit seinem einen Ende abgestützt ist, und dem Fluid in der Druckleitung, mit dem es an seinem gegenüberliegenden Ende zusammenwirkt, in Abhängigkeit von dem herrschenden Fluiddruck mehr oder weniger zusammengestaucht wird. Die am piezoelektrischen Element durch den aufgebrachten Druck erzeugte elektrische Spannung, die ein Maß für den in der Druckleitung herrschenden Druck darstellt, kann abgegriffen und einer Steuer-/Auswerteeinrichtung zugeführt werden, um auf diese Weise den Fluiddruck zu messen.

[0005] Ein Vorteil der Erfindung besteht in der Schnelligkeit des piezoelektrischen Elementes. So ist es erfindungsgemäß möglich, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einspritzvorgängen auftretende Druckschwankungen nicht nur zu erkennen, sondern auch mit einer hohen zeitlichen Auflösung zu messen.

[0006] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht dar-

in, daß auch sehr hohe Drücke gemessen werden können, mit denen z.B. in Druckleitungen von zur Common Rail-Einspritzung dienenden Einspritzvorrichtungen gearbeitet wird.

[0007] Das piezoelektrische Element umfasst einen Sensorbereich zum Messen des in der Druckleitung herrschenden Druckes und einen Aktuatorbereich zum Verändern des Druckes in der Druckleitung. Während mit dem Sensorbereich der Druck gemessen werden kann, ist mit dem Aktuatorbereich der Druck veränderbar. Die Abmessungen, die der Sensorbereich und der Aktuatorbereich in Richtung des Piezoeffekts aufweisen, können grundsätzlich beliebig gewählt werden. Bevorzugt ist der Sensorbereich nur so groß, daß er für eine Weiterverarbeitung ausreichend große Spannungssignale liefert, die z.B. im Bereich von einigen Volt liegen. Der Aktuatorbereich wird möglichst groß gewählt, um maximale Abmessungsänderungen zu erzielen.

[0008] Gemäß einem Verfahren zur Druckregelung, das ebenfalls Gegenstand der Erfindung ist, wird nicht nur der auf das piezoelektrische Element aufgebrachte Druck in der Druckleitung gemessen, sondern außerdem eine Spannung zur Änderung der Abmessungen des piezoelektrischen Elementes in Abhängigkeit von dem gemessenen Druck an das piezoelektrische Element angelegt.

[0009] Hierbei dient das piezoelektrische Element gleichzeitig als Sensor und als Aktuator, d.h. als ein Element, mit dem der Druck in der Druckleitung sowohl gemessen als auch verändert werden kann. Die Erfindung ermöglicht daher eine außerordentlich schnelle Druckregelung, indem die Spannung, die dem auf das piezoelektrische Element aufgebrachten Druck entspricht, überwacht und im Fall einer Abweichung des gemessenen Drucks von einem Sollwert durch Anlegen einer entsprechenden Spannung an das piezoelektrische Element eine Längenänderung des piezoelektrischen Elementes und somit eine Druckänderung in der Druckleitung erzeugt wird. Auf diese Weise können insbesondere zwischen aufeinanderfolgenden Einspritzvorgängen auftretende Druckschwankungen in der Druckleitung ausgeregelt werden.

[0010] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wirkt das piezoelektrische Element an seinem der Druckleitung zugewandten Ende mit einem separaten Druckkörper zusammen.

[0011] Mit einem derartigen Druckkörper können zwischen dem piezoelektrischen Element und dem Fluid in der Druckleitung Kräfte übertragen werden. Das Vorsehen eines separaten Druckkörpers hat den Vorteil, daß dieser problemlos an die Abmessungen des Gehäuses angepaßt werden und grundsätzlich in beliebiger Art und Weise geformt sein kann, um z.B. zusätzlich als ein Ventilelement zu dienen.

[0012] Bevorzugt ist es, wenn der Druckkörper im Gehäuse kräftefrei angeordnet ist. Hierdurch ist sichergestellt, daß auf den Druckkörper keine störenden Kräfte,

sondern lediglich das piezoelektrische Element sowie das Fluid in der Druckleitung einwirken. Eine derartige Anordnung des Druckkörpers hat den Vorteil, daß die über den Druckkörper auf das piezoelektrische Element aufgebrachten Kräfte ausschließlich durch den Druck in der Druckleitung bestimmt und insbesondere von der Position des Druckkörpers im Gehäuse unabhängig sind.

[0013] Des weiteren ist es bevorzugt, wenn der Druckkörper als abdichtend an der Innenwand des Gehäuses anliegendes Kolbenelement ausgebildet ist.

[0014] Die vorzugsweise kreisförmige freie innere Querschnittsfläche des Gehäuses bestimmt somit die Größe der mit dem Druckfluid in der Druckleitung zusammenwirkenden Stirnseite des Druckkörpers und somit die bei einer Druckänderung auf das piezoelektrische Element aufgebrachte Kraft.

[0015] In einer besonders bevorzugten Variante der Erfindung weist der Druckkörper eine Aussparung insbesondere in Form einer Umfangsausnehmung auf, die zumindest in bestimmten Stellungen des Druckkörpers über einen Zulaufkanal mit der Druckleitung verbunden und über einen Ablaufkanal an eine Rücklaufleitung angeschlossen ist.

[0016] Auf diese Weise kann der Druckkörper als Ventilelement und die erfindungsgemäße Meß-/Regel-einrichtung somit zusätzlich als ein Druckentlastungs-ventil genutzt werden, über das Fluid aus der Drucklei-tung in die Rücklaufleitung abfließen kann.

[0017] Besonders bevorzugt ist es, wenn die Aussparung des Druckkörpers über einen Ausgleichskanal mit einem Bereich des Gehäuses verbunden ist, der auf der von der Druckleitung abgewandten Seite des Druckkörpers gelegen ist. Dabei kann der Ausgleichskanal eben-falls mit der Rücklaufleitung verbunden und insbeson-dere abschnittsweise von dem Ablaufkanal gebildet sein.

[0018] Durch den Ausgleichskanal ist sichergestellt, daß eventuelle Leckagen von Druckfluid aus der Aus-sparung in das Gehäuse im Hinblick auf die Druckmes-sung und/oder Druckregelung unkritisch sind.

[0019] Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das piezoelektrische Element an einen thermischen Kompensator gekoppelt, welcher derart ausgebildet ist, daß mittels des piezo-elektrischen Elementes erzeugte Druckänderungen zu-mindest im wesentlichen temperaturunabhängig und insbesondere unabhängig von thermischen Abmes-sungsänderungen des Gehäuses sind.

[0020] Mit dem thermischen Kompensator können temperaturinduzierte Abmessungsänderungen des Ge-häuses und des piezoelektrischen Elementes kompen-siert werden. Die Position eines mit dem piezoelektri-schen Element zusammenwirkenden, als Ventilelement dienenden Druckkörpers ist damit unabhängig von der Temperatur des Gehäuses und des piezoelektrischen Elementes. Temperatureffekte, welche die Druckre-gelung stören, können durch das Vorsehen eines derarti-

gen Kompensators folglich deutlich reduziert werden.

[0021] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Druckregelung in einer Druckleitung mit zumindest einer derartigen Einrichtung, welches die in Anspruch 20 angegebenen Schritte aufweist.

[0022] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind auch in den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie der Zeichnung angegeben.

[0023] Die Erfindung wird im folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, deren einzige Figur eine geschnittene Seitenansicht einer teilweise dargestellten Einspritzvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0024] In der Figur ist von einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung teilweise eine auch als "Rail" be-zeichnete Druckleitung 12 dargestellt, an die zumindest eine, bei Mehrzylinder-Verbrennungsmotoren mehrere, Einspritzdüsen angeschlossen sind, die in der Figur nicht dargestellt sind. Über die Druckleitung 12 wird der im folgenden auch als Fluid oder Druckfluid bezeichnete Kraftstoff, insbesondere Dieselmotoren, der oder den Einspritzdüsen zugeführt. An die Druckleitung 12 ist zu-mindest eine nicht dargestellte Pumpe angeschlossen, mit der in der Druckleitung 12 ein den jeweiligen Erfor-dernissen genügender Kraftstoffdruck erzeugbar ist.

[0025] In die Druckleitung 12 ist ein rohrförmiges Stahlgehäuse 16 eingeschraubt, das eine kreisförmige freie innere Querschnittsfläche aufweist. Hierzu ist das Gehäuse 16 an einem Ende mit einem Außengewinde 56 versehen, das mit einem nicht dargestellten Gewinde in einer Öffnung der Wandung der Druckleitung 12 zu-sammenwirkt.

[0026] In das gegenüberliegende Ende des Stahlroh-res 16 ist ein Träger 52 für eine im folgenden näher er-läuterte Anordnung eingeschraubt, wobei das Gehäuse 16 durch den Träger 52 fluiddicht verschlossen ist. Der von dem Gehäuse 16 und dem Träger 52 begrenzte Raum stellt somit eine Erweiterung der Druckleitung 12 dar, wobei das Gehäuse 16 mit der Druckleitung 12 über die Gehäuseöffnung 18 kommuniziert, die am in die Druckleitung 12 hineinragenden Ende des Gehäuses 16 ausgebildet ist.

[0027] Mit dem Träger 52 fest verbunden ist ein stab-förmiger thermischer Kompensator 54, auf den an an-derer Stelle näher eingegangen wird und an dessen der Gehäuseöffnung 18 und somit der Druckleitung 12 zu-gewandtem Ende ein piezoelektrisches Element 22 an-gebracht ist.

[0028] An seinem freien Ende wirkt das piezoelektri-sche Element 22 mit einem als Kolbenelement ausge-bildeten Druckkörper 34 zusammen, der einen oberen Abschnitt 62 und einen unteren Abschnitt 64 umfaßt. Über einen Verbindungsabschnitt 66 mit gegenüber den beiden Abschnitten 62, 64 reduziertem Durchmesser sind die beiden zylindrischen bzw. tellerförmigen Ab-schnitte 62, 64 miteinander verbunden und in einem konstanten axialen Abstand voneinander gehalten. Der Druckkörper 34 weist folglich eine Aussparung 38 in

Form einer Umfangsausnehmung auf.

[0029] Die beiden Abschnitte 62, 64 des Druckkörpers 64 liegen jeweils abdichtend an der Innenwand 36 des Gehäuses 16 an, so daß die von der Aussparung 38 gebildete Kammer gegenüber der Druckleitung 12 einerseits und dem Bereich 17 des Gehäuses 16 zwischen dem oberen Abschnitt 62 des Druckkörpers 34 und dem Träger 52 andererseits abgedichtet ist.

[0030] Zwischen dem piezoelektrischen Element 22 und dem Druckkörper 34 besteht keine feste Verbindung. Der Druckkörper 34 ist durch geeignete Mittel, z. B. durch eine nach innen vorstehende Schulter im Bereich der Gehäuseöffnung 18 gegen ein Herausfallen aus dem Gehäuse gesichert.

[0031] Das piezoelektrische Element 22 ist aus einer Vielzahl von plattenförmigen Einzelelementen 23 aufgebaut, die übereinander gestapelt und mit senkrecht zur gestrichelt dargestellten Längsachse 15 des Gehäuses 16 verlaufenden Flachseiten angeordnet sind. Einige der Einzelelemente 23 sind in der Figur durch senkrecht zur Gehäuselängsachse 15 verlaufende Linien beispielhaft angedeutet.

[0032] Die Einzelelemente 23 können in einer praktischen Ausführung des piezoelektrischen Elementes 22 jeweils eine Dicke von 80 bis 100 µm aufweisen und z. B. aus einem piezoelektrischen Keramikmaterial hergestellt sein. Die axiale Länge des aus den übereinandergeschichteten Einzelelementen 23 aufgebauten piezoelektrischen Elementes 22 beträgt in einer praktischen Ausführung beispielsweise etwa 50 mm.

[0033] In axialer Richtung ist das piezoelektrische Element 22 in einen Sensorbereich 26 und einen Aktuatorbereich 28 unterteilt, wobei der Sensorbereich 26 eine geringere Anzahl von Einzelelementen 23 aufweist als der Aktuatorbereich 28 und näher an der Gehäuseöffnung 18 gelegen ist. Die Grenze 27 zwischen dem Sensorbereich 26 und dem Aktuatorbereich 28 ist in der Figur durch eine gestrichelte Linie angedeutet. Der Sensorbereich 26 und der Aktuatorbereich 28 könnten auch in axialer Richtung vertauscht angeordnet sein, so daß der Aktuatorbereich 28 näher an der Gehäuseöffnung 18 liegen würde.

[0034] Die Funktionen der dem Sensorbereich 26 einerseits und dem Aktuatorbereich 28 andererseits zugeordneten Einzelelemente 23 unterscheiden sich dadurch, daß die Gesamtheit der den Sensorbereich 26 bildenden Einzelelemente 23 als ein passiver Teil des piezoelektrischen Elementes 22 zur Messung und die Gesamtheit der den Aktuatorbereich 28 bildenden Einzelelemente 23 als ein aktiver Teil des piezoelektrischen Elementes 22 zur Änderung des Fluiddruckes in der Druckleitung 12 benutzt wird.

[0035] Hierzu ist der Sensorbereich 26 mit nicht dargestellten elektrischen Anschlußbereichen versehen, mit denen die Spannung, die bei auf den Sensorbereich 26 ausgeübtem Druck von den den Sensorbereich 26 bildenden Einzelelementen 23 insgesamt erzeugt wird, abgegriffen werden kann. Diese Spannung wird über

zwei der vier in der Figur dargestellten Anschlußleitungen 24 einer nicht dargestellten Steuer-/Auswerteeinrichtung zugeführt.

[0036] Umgekehrt wird über die anderen beiden Anschlußleitungen 24 an die den Aktuatorbereich 28 bildenden Einzelelemente 23 eine Spannung angelegt, um eine Längenänderung des Aktuatorbereiches 28 entweder in Form einer Stauchung oder einer Dehnung in axialer Richtung hervorzurufen.

[0037] Die Einzelelemente 23 des piezoelektrischen Elementes 22 sind derart ausgeführt und werden derart ausgelesen bzw. angesteuert, daß der piezoelektrische Effekt in einer Richtung senkrecht zu den Flachseiten der plattenförmigen Einzelelemente 23 und somit in Richtung der Gehäuselängsachse 15 ausgenutzt wird.

[0038] Sowohl im Sensorbereich 26 als auch im Aktuatorbereich 28 trägt jedes Einzelelement 23 entsprechend seiner Dicke zu dem jeweiligen Effekt bei. Die am Sensorbereich 26 abgegriffene Spannung ist die Summe der an den Einzelelementen 23 durch den aufgetragenen Druck erzeugten Einzelspannungen, während die insgesamt hervorgerufene Längenänderung des Aktuatorbereiches 28 die Summe der einzelnen Dickenänderungen der Einzelelemente 23 ist. Die Größe des jeweiligen Effekts kann somit durch die Zuordnung der entsprechenden Anzahl von Einzelelementen 23 zum Sensorbereich 26 bzw. zum Aktuatorbereich 28 gezielt eingestellt werden, d.h. bei einer vorgegebenen Gesamtlänge des piezoelektrischen Elementes 22 kann dessen Verhalten durch die Aufteilung der insgesamt vorhandenen Einzelelemente 23 auf die beiden Bereiche 26, 28 bestimmt werden.

[0039] Dabei wird zur Erzielung einer maximalen Länge des Aktuatorbereiches 28 und damit einer maximalen möglichen Längenänderung die Länge des Sensorbereiches 26 gerade nur so groß gewählt, daß weiterverarbeitbare Spannungen erzielt werden.

[0040] In einer praktischen Ausführung sind die piezoelektrischen Einzelelemente 23 aus einem Material hergestellt, bei dem eine angelegte Betriebsspannung von etwa 100 bis 200 V eine Abmessungs- bzw. Dickenänderung von zumindest größenordnungsmäßig etwa 1 Promille zur Folge hat.

[0041] Grundsätzlich können erfindungsgemäß auch Piezoelemente verwendet werden, die einen von der vorstehend beschriebenen Ausführung abweichenden Aufbau aufweisen.

[0042] In der Wand 48 des Gehäuses ist zum einen ein Zulaufkanal 42 ausgebildet, der die Druckleitung 12 mit der zwischen dem oberen Abschnitt 62 und dem unteren Abschnitt 64 des Druckkörpers 34 befindlichen Kammer 38 verbindet. Der Zulaufkanal 42 stellt somit eine Bypass-Leitung dar, mit welcher der untere Abschnitt 64 des Druckkörpers 34 umgangen wird.

[0043] Zum anderen ist in der Gehäusewand 48 ein Ablaufkanal 44 ausgebildet, der die Kammer 38 mit einer Rücklaufleitung 13 verbindet, die im Betrieb zu einem nicht dargestellten Kraftstofftank des Fahrzeugs

führt, in welchem die Einspritzvorrichtung verwendet wird.

[0044] Öffnungen 42a und 44a des Zulaufkanals 42 bzw. Ablaufkanals 44 münden bezüglich der Gehäuse-längsachse 15 in gleicher Höhe in die Aussparung 38. Der Strömungsquerschnitt des Zulaufkanals 42 und des Ablaufkanals 44 ist dabei wesentlich kleiner als derjenige des Gehäuses 16 und somit der mit dem Fluid in der Druckleitung 12 zusammenwirkenden Fläche 58 des Druckkörpers 34.

[0045] Der Ablaufkanal 44 bildet außerdem einen Teil eines Ausgleichskanals 46, der in den zwischen dem Träger 52 und dem oberen Abschnitt 62 des Druckkörpers 34 gelegenen Bereich 17 des Gehäuses 16 mündet und somit eine Bypass-Leitung zur Umgehung des oberen Abschnitts 62 des Druckkörpers 34 darstellt.

[0046] Sofern die Öffnungen 42a und 44a in die Kammer 38 münden und nicht durch den Druckkörper 34 verschlossen sind, besteht eine Strömungsverbindung von der Druckleitung 12 über den Zulaufkanal 42, die Kammer 38 und den teilweise vom Ablaufkanal 44 gebildeten Ausgleichskanal 46 in den Bereich 17 oberhalb des oberen Abschnitts 62 des Druckkörpers 34.

[0047] Die axialen Bewegungen des Druckkörpers 34, die vom Fluid und vom piezoelektrischen Element 22 hervorgerufen werden können, sind in einer praktischen Ausführung der Erfindung vergleichbar mit dem Durchmesser der Öffnung 42a des Zulaufkanals 42. Abweichend von der Darstellung in der Figur ist der Druckkörper 34 im Betrieb bevorzugt in einer axialen Position angeordnet, in der die Öffnungen 42a, 44a zu jedem Zeitpunkt vom oberen Abschnitt 62 oder vom unteren Abschnitt 64 des Druckkörpers 34 teilweise bedeckt sind. Die axiale Position des Druckkörpers 34 kann durch Verändern der Einschraubtiefe des Trägers 52 eingestellt werden.

[0048] Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Prinzip auch in einer von der vorstehend beschriebenen Ausführung abweichenden Anordnung realisiert werden. So kann beispielsweise ein piezoelektrisches Element mit einem Ventilelement zusammenwirken, das z. B. durch eine Schraubenfeder in Richtung eines Ventilsitzes vorgespannt ist. Dabei ist das Ventilelement, das mit dem piezoelektrischen Element z.B. über eine Schubstange oder einen Stößel zusammenwirkt, in einer Betriebsstellung durch das piezoelektrische Element gegen die Rückstellkraft der Schraubenfeder vom Ventilsitz abgehoben. Das Ventilelement ist somit durch Druckschwankungen in der Druckleitung oder durch Längenänderungen des piezoelektrischen Elementes in beiden Richtungen axial bewegbar, und zwar entweder mit Unterstützung durch oder gegen die Federkraft. Der Fluidruck in der Druckleitung kann auf diese Weise überwacht und geregelt werden. Außerdem ist aufgrund des vom Ventilsitz abgehobenen Ventilelementes eine Strömungsverbindung am Ventilelement vorbei vorhanden, wodurch eine Druckentlastungsmöglichkeit gegeben ist.

[0049] Die Funktionsweise der in der Figur dargestellten Meß-/Regeleinrichtung 14 ist wie folgt:

[0050] Eine Druckänderung innerhalb der Druckleitung 12 wird über den Druckkörper 34 auf den Sensorbereich 26 des piezoelektrischen Elementes 22 übertragen und in Form einer ein Maß für den momentanen Druck darstellenden Spannung über die Anschlußleitungen 24 an die nicht dargestellte Steuer-/Auswerteeinrichtung übermittelt.

[0051] Eventuell vorhandene Leckagewege zwischen dem oberen Abschnitt 62 des Druckkörpers 34 und der Innenwand 36 des Gehäuses 16 sind aufgrund des Ausgleichskanals 46 zwischen der Aussparung bzw. Kammer 38 und dem Gehäusebereich 17 oberhalb des Druckkörpers 34 unproblematisch.

[0052] Einer Druckänderung in der Druckleitung 12, die ein vorgegebenes Maß überschreitet, kann entgegengewirkt werden, indem mittels der Steuer-/Auswerteeinrichtung, an der die Druckänderung ermittelt wird, eine entsprechende Spannung an den Aktuatorbereich 28 angelegt wird, die eine Dehnung oder Stauchung des Aktuatorbereiches 28 und eine entsprechende axiale Bewegung des Druckkörpers 34 zur Folge hat, durch die eine Erhöhung bzw. Verringerung des in der Druckleitung 12 herrschenden Druckes bewirkt wird. Die am Aktuatorbereich 28 anliegende Spannung wird solange erhöht bzw. verringert, bis die Steuer-/Auswerteeinrichtung vom Sensorbereich 23 - mit dem gleichzeitig der in der Druckleitung 12 herrschende Druck gemessen wird - ein dem vorgegebenen Druck entsprechendes Spannungssignal empfängt.

[0053] Unerwünschte Druckschwankungen in der Druckleitung 12 können auf diese Weise aufgrund der Schnelligkeit, mit der das piezoelektrische Element 22 auf Druck- und Spannungsänderungen reagiert, innerhalb kürzester Zeit ausgeregelt werden.

[0054] Während des Betriebs ist der Druck in der Druckleitung 12 bestimmt durch das Verhältnis zwischen dem pro Zeiteinheit mittels der Pumpe in die Druckleitung 12 geförderten Kraftstoff-Zufluß und dem Kraftstoff-Abfluß über die Einspritzdüsen (Verbrauch) und über den Druckkörper 34 (Rückführung). Der Kraftstoff-Abfluß über den Druckkörper 34 ist abhängig von der axialen Position des die Zulauföffnung 42a des Zulaufkanals 42 mehr oder weniger abdeckenden Druckkörpers 34. Über den Aktuatorbereich 28 des piezoelektrischen Elementes 22 kann folglich der Kraftstoff-Abfluß und damit der Druck in der Druckleitung 12 eingestellt werden.

[0055] Von besonderem Vorteil ist die Schnelligkeit der erfindungsgemäßen Piezodruckregelung z.B. dann, wenn in einem Kraftfahrzeug der Fahrer bei Vollgas plötzlich das Gas wegnimmt. Dem damit verbundenen Druckerhöhung in der Druckleitung 12 kann sofort mit einem vollständigen Öffnen der Zulauföffnung 42a begegnet werden. Diese mit der Erfindung mögliche Druckentlastung ist wesentlich schneller als es eine Drosselung des Kraftstoff-Zuflusses an der Pumpe wäre, die im Mo-

ment der Gaswegnahme weiterhin mit einer hohen Förderate Kraftstoff in die Druckleitung fördert. Erfindungsgemäß kann auf eine den Kraftstoff-Zufluß beeinflussende Drosseleinrichtung grundsätzlich verzichtet werden, typischerweise ist die vorliegende Erfindung jedoch eine Ergänzung einer Volumenstromregelung.

[0056] Temperaturänderungen, die zu Abmessungsänderungen des Gehäuses 16 führen, haben gleichzeitig eine Abmessungsänderung des thermischen Kompensators 54 zur Folge. Der Kompensator 54 ist insbesondere hinsichtlich seiner Abmessungen und seines Materials in Abhängigkeit von dem Wärmeausdehnungsverhalten des Gehäuses 16 und des piezoelektrischen Elementes 22 derart ausgeführt, daß axiale Abmessungsänderungen des Gehäuses 16 und des piezoelektrischen Elementes 22 kompensiert werden. Die relative Lage zwischen der Druckleitung 12 und dem piezoelektrischen Element 22 - und damit die axiale Position des Druckkörpers 34 - ist somit von Temperaturschwankungen unabhängig, so daß temperaturinduzierte Abmessungsänderungen des Gehäuses 16 nicht zu Druckänderungen in der Druckleitung 12 führen.

[0057] Hierdurch können problemlos auch solche piezoelektrischen Materialien verwendet werden, deren Temperaturverhalten demjenigen des Gehäusematerials entgegengesetzt ist.

[0058] Erfindungsgemäß können mit der Meß-/Regeleinrichtung 14 somit mehrere Funktionen erfüllt werden. Zum einen kann der in der Druckleitung 12 herrschende Druck ermittelt werden. Zum anderen kann der Druck durch die Regelung der Rückflußmenge sehr schnell auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Darüber hinaus dient der Druckkörper 34 zusammen mit dem Zulaufkanal 42 und dem Ablaufkanal 44 als ein außerordentlich schnelles Druckentlastungsventil.

[0059] Zusätzliche Einrichtungen zur Drucksteuerung bzw. -regelung sowie zur Druckentlastung sind nicht erforderlich, da alle notwendigen Funktionen von der erfindungsgemäßen Meß-/Regeleinrichtung 14 erfüllt werden können.

[0060] Diese Funktionen werden erfindungsgemäß mit einer schnell und zuverlässig arbeitenden Einrichtung 14 erzielt, die einen einfachen Aufbau mit einer geringen Anzahl von Bauteilen aufweist.

Bezugszeichenliste

[0061]

12	Druckleitung
13	Rücklaufleitung
14	Meß-/ Regeleinrichtung
15	Gehäuselängsachse
16	Gehäuse
17	Gehäusebereich
18	Gehäuseöffnung
22	piezoelektrisches Element
23	Einzelelement

24	Anschlußleitungen
26	Sensorbereich
27	Grenze
28	Aktuatorbereich
5 34	Druckkörper
36	Innenwand
38	Aussparung
42	Zulaufkanal
42a	Zulauföffnung
10 44	Ablaufkanal
44a	Ablauföffnung
46	Ausgleichskanal
48	Gehäusewand
52	Träger
15 54	Kompensator
56	Außengewinde
58	wirksame Fläche
62	oberer Abschnitt
64	unterer Abschnitt
20 66	Verbindungsabschnitt

Patentansprüche

- 25 1. Einrichtung zur Messung und/oder Regelung des Druckes in einer Druckleitung (12), mit einem Gehäuse (16), das an die Druckleitung (12) anschließbar ist und im angeschlossenen Zustand über eine Gehäuseöffnung (18) mit der Druckleitung (12) kommuniziert, und einem im Gehäuse (16) angeordneten piezoelektrischen Element (22), das mit seinem einen Ende der Gehäuseöffnung (18) zugewandt und mit seinem gegenüberliegenden Ende am Gehäuse (16) abgestützt ist,
30 **dadurch gekennzeichnet, daß** das piezoelektrische Element (22) einen Sensorbereich (26) zum Messen des in der Druckleitung (12) herrschenden Druckes und einen Aktuatorbereich (28) zum Verändern des Druckes in der Druckleitung (12) aufweist.
- 35 2. Einrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) mit Anschlüssen (24) versehen ist, über die druckinduzierte elektrische Spannungen zur Druckmessung abgreifbar und/oder elektrische Spannungen zur Erzeugung von Abmessungsänderungen anlegbar sind.
- 40 3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß der Sensorbereich (26) und der Aktuatorbereich (28) in Richtung von Abmessungsänderungen des piezoelektrischen Elementes (22) hintereinander angeordnet sind.
- 45 4. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß der Aktuatorbe-
- 50
- 55

reich (28) in Richtung von Abmessungsänderungen des piezoelektrischen Elementes (22) eine größere Ausdehnung aufweist als der Sensorbereich (26).

5. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) aus einer Vielzahl von plattenförmigen Einzelelementen (23) aufgebaut ist, wobei bevorzugt ein Sensorbereich (26) und ein Aktuatorbereich (28) des piezoelektrischen Elementes (22) jeweils einen Stapel von Einzelelementen (23) umfassen. 5
6. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) an seinem der Druckleitung (12) zugewandten Ende mit einem separaten Druckkörper (34) zusammenwirkt. 10
7. Einrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, daß der Druckkörper (34) im Gehäuse (16) kräftefrei angeordnet ist. 15
8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, daß der Druckkörper (34) als abdichtend an der Innenwand (36) des Gehäuses (16) anliegendes Kolbenelement ausgebildet ist. 20
9. Einrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß der Druckkörper (34) eine Aussparung (38) insbesondere in Form einer Umfangsausnehmung aufweist, die zumindest in bestimmten Stellungen des Druckkörpers (34) über einen Zulaufkanal (42) mit der Druckleitung (12) verbunden und über einen Ablaufkanal (44) an eine Rücklaufleitung (13) angeschlossen ist, wobei bevorzugt der Strömungsquerschnitt des Zulaufkanals (42) und des Ablaufkanals (44) jeweils kleiner, insbesondere wesentlich kleiner als die der Druckleitung (12) zugewandte wirksame Fläche (58) des Druckkörpers (34) ist. 25
10. Einrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Aussparung (38) des Druckkörpers (34) über einen Ausgleichskanal (46) mit einem Bereich (17) des Gehäuses (16) verbunden ist, der auf der von der Druckleitung (12) abgewandten Seite des Druckkörpers (34) gelegen ist. 30
11. Einrichtung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgleichskanal (46) mit einer Rücklaufleitung (13) verbunden 35

ist und vorzugsweise zumindest abschnittsweise von einem Ablaufkanal (44) gebildet ist.

12. Einrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Zulaufkanal (42), ein Ablaufkanal (44) und/oder ein Ausgleichskanal (46) in der Gehäusewand (48) ausgebildet sind. 40
13. Einrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß der Zulaufkanal (42) und der Ablaufkanal (44) zumindest näherungsweise den gleichen Strömungswiderstand aufweisen. 45
14. Einrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß der Zulaufkanal (42) und der Ablaufkanal (44) zumindest näherungsweise in gleicher Höhe in die Aussparung (38) des Druckkörpers (34) münden. 50
15. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (16) rohrförmig ausgebildet ist. 55
16. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (16) in die Druckleitung (12) geschraubt ist.
17. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) in das Gehäuse (16) geschraubt ist, wobei bevorzugt das piezoelektrische Element (22) an einem separaten, mit dem Gehäuse (16) verbundenen und vorzugsweise das Gehäuse (16) fluiddicht verschließenden Träger (52) angebracht ist.
18. Einrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) an einen thermischen Kompensator (54) gekoppelt ist, welcher derart ausgebildet ist, daß mittels des piezoelektrischen Elementes (22) gemessene Drücke und/oder erzeugte Druckänderungen zumindest im wesentlichen temperaturunabhängig und insbesondere unabhängig von thermischen Abmessungsänderungen des Gehäuses (16) sind.
19. Einspritzvorrichtung, insbesondere zur Common Rail-Einspritzung in Dieselmotoren, mit einer Druckleitung (12) und wenigstens einer Einrichtung

(14) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 18.

20. Verfahren zur Druckregelung in einer Druckleitung (12) mit zumindest einer Einrichtung (14) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem der auf das piezoelektrische Element (22) aufgebrachte Druck in der Druckleitung (12) gemessen und eine Spannung zur Änderung der Abmessungen des piezoelektrischen Elementes (22) in Abhängigkeit von dem gemessenen Druck an das piezoelektrische Element (22) angelegt wird.

Claims

1. Device for measuring and/or regulating the pressure in a pressure line (12) having a housing (16) which is connectable to the pressure line (12) and in the connected state communicates via a housing opening (18) with the pressure line (12) and a piezoelectric element (22) arranged in the housing (16) and facing by one end towards the housing opening (18) and braced by its other end against the housing (16), **characterised in that** the piezoelectric element (22) comprises a sensor region (26) for measuring the pressure prevailing in the pressure line (12) and an actuator region (28) for changing the pressure in the pressure line (12).
2. Device according to claim 1, **characterised in that** the piezoelectric element (22) is provided with connectors (24) through which the pressure-induced electric voltages for measuring pressure can be tapped off and/or electric voltages for producing changes in dimensions are applicable.
3. Device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the sensor region (26) and the actuator region (28) are arranged one behind the other in the direction of dimensional changes of the piezoelectric element (22).
4. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** in the direction of dimensional changes of the piezoelectric element (22) the actuator region (28) exhibits greater extension than the sensor region (26).
5. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the piezoelectric element (22) is built up from a multiplicity of plate-shaped individual elements (23), wherein a sensor region (26) and an actuator region (28) of the piezoelectric element (22) each preferably comprises a stack of individual elements (23).
6. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** at its end facing to-

wards the pressure line (12) the piezoelectric element (22) acts in conjunction with a separate pressure member (34).

7. Device according to claim 6, **characterised in that** the pressure member (34) is arranged free of forces in the housing (16).
8. Device according to claim 6 or 7, **characterised in that** the pressure member (34) is constructed in the form of a piston element fitting sealing manner against the inner wall (36) of the housing (16).
9. Device according to at least one of claims 6 to 8, **characterised in that** the pressure member (34) has a recess (38) particularly in the form of a peripheral aperture which at least at certain positions of the pressure member (34) is connected via a feed channel (42) to the pressure line (12) and is joined via a discharge channel (44) to a return line (13), wherein the flow cross-section of the feed channel (42) and of the discharge channel (44) is in each case smaller, in particular substantially smaller, than the effective surface area (58) of the pressure member (34) facing towards the pressure line (12).
10. Device according to at least one of claims 6 to 9, **characterised in that** a recess (38) of the pressure member (34) is connected via a balancing channel (46) to a region (17) of the housing (16) which is located on the side of the pressure member (34) facing away from the pressure line (12).
11. Device according to claim 10, **characterised in that** the balancing channel (46) is connected to a return line (13) and is preferably formed at least in sections by a discharge channel (44).
12. Device according to at least one of claims 8 to 11, **characterised in that** a feed channel (42), a discharge channel (44) and/or a balancing channel (46) are constructed in the housing wall (48).
13. Device according to at least one of claims 8 to 12, **characterised in that** the feed channel (42) and the discharge channel (44) have at least approximately the same flow resistance.
14. Device according to at least one of claims 8 to 13, **characterised in that** the feed channel (42) and the discharge channel (44) open out at least approximately at the same level into the recess (38) of the pressure member (34).
15. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the housing (16) is of tubular construction.

16. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the housing (16) is screwed into the pressure line (12).
17. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the piezoelectric element (22) is screwed into the housing (16), where-
in the piezoelectric element (22) is preferably fitted on a separate support (52) connected to the housing (16) and preferably sealing the housing (16) in fluid-tight manner.
18. Device according to at least one of the preceding claims, **characterised in that** the piezoelectric element (22) is coupled to a thermal compensator (54) which is constructed in such a way that pressures and/or generated changes in pressure measured by means of the piezoelectric element (22) are at least substantially independent of temperature and in particular independent of thermally induced changes in the dimensions of the housing (16).
19. Injection device, in particular for common rail injection in diesel engines, having a pressure line (12) and at least one device (14) according to at least one of claims 1 to 18.
20. Method for regulating pressure in a pressure line (12) having at least one device (14) according to at least one of claims 1 to 18, in which the pressure in the pressure line (12) applied to the piezoelectric element (22) is measured and a voltage for changing the dimensions of the piezoelectric element (22) is applied to the piezoelectric element (22) as a function of the measured pressure.

Revendications

1. Dispositif destiné à la mesure et/ou à la régulation de la pression dans une conduite sous pression (12) avec un boîtier (16) qui peut être raccordé à la conduite sous pression (12) et qui, à l'état raccordé, communique avec la conduite sous pression (12) par l'intermédiaire d'un orifice de boîtier (18), et avec un élément piézoélectrique (22) disposé dans le boîtier (16), qui est dirigé vers l'orifice de boîtier (18) avec l'une de ses extrémités et qui s'appuie sur le boîtier (16) avec son extrémité opposée,
caractérisé en ce que l'élément piézoélectrique (22) comporte une zone de détecteur (26) pour mesurer la pression régnant dans la conduite sous pression (12) et une zone d'actionneur (28) pour faire varier la pression dans la conduite sous pression (12).
2. Dispositif selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'élément piézoélectrique (22) est muni de raccords (24) par l'intermédiaire desquels les tensions électriques induites par la pression peuvent être prélevées pour la mesure de la pression et/ou les tensions électriques peuvent être appliquées pour générer des variations dimensionnelles.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que la zone de détecteur (26) et la zone d'actionneur (28) sont disposées l'une derrière l'autre dans la direction des variations dimensionnelles de l'élément piézoélectrique (22).
4. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la zone d'actionneur (28) présente une dilatation plus grande que la zone de détecteur (26) dans la direction des variations dimensionnelles de l'élément piézoélectrique (22).
5. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique (22) est constitué d'une pluralité d'éléments individuels en forme de plaques (23), une zone de détecteur (26) et une zone d'actionneur (28) de l'élément piézoélectrique (22) comprenant, de préférence, chacune une pile d'éléments individuels (23).
6. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique (22) coopère avec un corps sous pression séparé (34), à son extrémité dirigée vers la conduit sous pression (12).
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le corps sous pression (34) est disposé dans le boîtier (16) sans être soumis à l'action des forces.
8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le corps sous pression (34) est configuré comme un élément de piston s'appuyant de manière étanche sur la paroi intérieure (36) du boîtier (16).
9. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le corps sous pression (34) comporte un évidement (38), en particulier sous forme d'un creux circonférentiel qui, au moins dans certaines positions du corps sous pression (34), communique avec la conduite sous pression (12) par l'intermédiaire d'un canal d'arrivée (42) et qui est raccordé à une conduite de retour (13) par l'intermédiaire d'un canal de décharge (44), moyennant quoi la section de passage du canal d'arrivée (42) et du canal de décharge (44) est, de préférence, respectivement plus petite, en particulier sensiblement plus petite, que celle de la surface active (58) du corps sous pression (34) dirigée vers

la conduite sous pression (12).

10. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce qu'un** évidement (38) du corps sous pression (34) communique avec une zone (17) du boîtier (16) par l'intermédiaire d'un canal de compensation (46), laquelle zone est placée du côté du corps sous pression (34) dirigé à l'opposé de la conduite sous pression (12). 5
11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le canal de compensation (46) communique avec une conduite de retour (13) et **en ce qu'il** est formé par un canal de décharge (44), de préférence au moins par segments. 10
12. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce qu'un** canal d'arrivée (42), un canal de décharge (44) et/ou un canal de compensation (46) sont formés dans la paroi du boîtier (48). 15
13. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** le canal d'arrivée (42) et le canal de décharge (44) présentent au moins approximativement la même résistance à l'écoulement. 20
14. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce que** le canal d'arrivée (42) et le canal de décharge (44) débouchent au moins approximativement à la même hauteur dans l'évidement (38) du corps sous pression (34). 25
15. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le boîtier (16) a une forme tubulaire. 30
16. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le boîtier (16) est vissé dans la conduite sous pression (12). 35
17. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique (22) est vissé dans le boîtier (16), l'élément piézoélectrique (22) étant, de préférence, monté dans un support (52) séparé, raccordé au boîtier (16) et, de préférence, obturant le boîtier (16) de manière étanche aux fluides. 40
18. Dispositif selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique (22) est couplé à un compensateur thermique (54) qui est configuré de telle manière que les pressions mesurées et/ou les variations de pression générées à l'aide de l'élément 45

piézoélectrique (22) sont au moins sensiblement indépendantes de la température et, en particulier, indépendantes des variations dimensionnelles thermiques du boîtier (16).

19. Dispositif d'injection, en particulier pour l'injection Common Rail dans les moteurs Diesel, avec une conduite sous pression (12) et au moins un dispositif (14) selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 18. 50
20. Procédé pour la régulation de pression dans une conduite sous pression (12) avec au moins un dispositif (14) selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 18, dans lequel la pression appliquée à l'élément piézoélectrique (22) est mesurée dans la conduite sous pression (12) et une tension est appliquée à l'élément piézoélectrique (22) pour faire varier les dimensions de l'élément piézoélectrique (22) en fonction de la pression mesurée. 55

