

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. August 2009 (13.08.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/098100 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02M 51/06 (2006.01) H01L 41/053 (2006.01)
F02M 61/08 (2006.01) F02M 61/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/050149

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Januar 2009 (08.01.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 008 111.6
8. Februar 2008 (08.02.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Strasse 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KRONBERGER,**
Maximilian [AT/AT]; Seifentruhe 7, A-4400 Steyr (AT).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

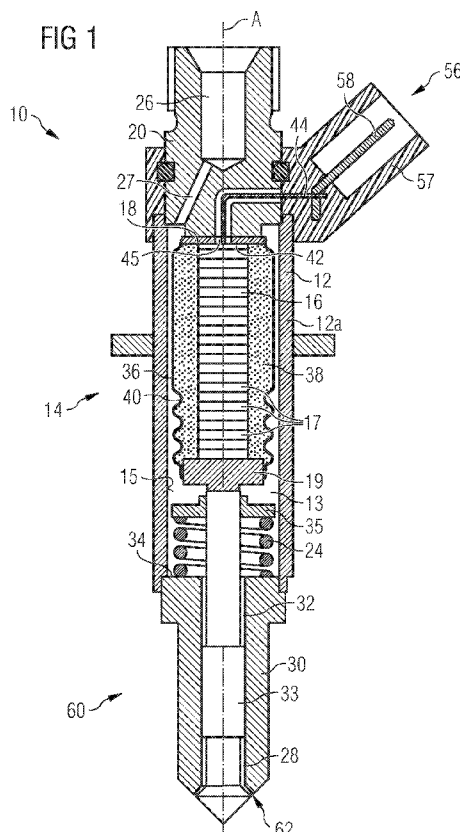
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INJECTION VALVE, METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING AN INJECTION VALVE

(54) Bezeichnung: EINSPRITZVENTIL, VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG EINES EINSPRITZVENTILS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to an injection valve (10) comprising a nozzle module (60) and an actuator unit (14). The nozzle module (60) comprises a nozzle body (30) having a nozzle body recess (32) that can be hydraulically coupled to a high-pressure circuit of a fluid, a nozzle needle (33) which is axially movable in the nozzle body recess (32) and can, in a closed position, prevent a flow of fluid through at least one injection opening (62) and otherwise can release the flow of fluid. The actuator unit (14) has a housing (12) with a longitudinal axis (A) and a housing recess (13), wherein the housing (12) is fixedly coupled to the nozzle body (30) and the housing recess (13) is hydraulically coupled to the nozzle body recess (32) such that the housing recess (13) can be hydraulically coupled to the high-pressure circuit of the fluid.

(57) Zusammenfassung: Einspritzventil (10) mit einer Düsenbaugruppe (60) und einer Aktoreinheit (14). Die Düsenbaugruppe (60) hat einen Düsenkörper (30) mit einer Düsenkörperausnehmung (32), die mit einem Hochdruckkreis eines Fluids hydraulisch koppelbar ist, und eine in der Düsenkörperausnehmung (32) axial beweglich angeordnete Düsennadel (33), die in einer Schließposition einen Fluidfluss durch mindestens eine Einspritzöffnung (62) verhindern und ansonsten den Fluidfluss freigeben kann. Die Aktoreinheit (14) hat ein Gehäuse (12) mit einer Längsachse (A) und einer Gehäuseausnehmung (13), wobei das Gehäuse (12) fest mit dem Düsenkörper (30) gekoppelt ist und die Gehäuseausnehmung (13) mit der Düsenkörperausnehmung (32) hydraulisch gekoppelt ist, derart, dass die Gehäuseausnehmung (13) mit dem Hochdruckkreis des Fluids hydraulisch koppelbar ist.



SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

Einspritzventil, Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzventils

5

Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil und ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzventils.

10

Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich der zulässigen Schadstoffemission von Brennkraftmaschinen, die in Kraftfahrzeugen angeordnet sind, machen es erforderlich, diverse Maßnahmen vorzunehmen, durch welche die Schadstoffemissionen gesenkt werden. Ein Ansatzpunkt hierbei ist, die von der Brennkraftmaschine erzeugten Schadstoffemissionen zu senken. Die Bildung von Ruß ist stark abhängig von der Aufbereitung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine.

15

20

Eine entsprechend verbesserte Gemischaufbereitung kann erreicht werden, wenn der Kraftstoff unter sehr hohem Druck zugemessen wird. Im Falle von Diesel-Brennkraftmaschinen betragen die Kraftstoffdrücke bis zu über 2000 Bar. Derart hohe Drücke stellen hohe Anforderungen an die Konstruktion eines Einspritzventils. Gleichzeitig werden hohe Anforderungen an die Aktoreinheit für das Einspritzventil gestellt.

25

30

Die DE 196 53 555 A1 offenbart einen piezoelektrischen Aktor mit einem Gehäuse, in das mindestens ein piezoelektrisches Element eingebracht ist, das von einer Steuereinheit ansteuerbar ist, wobei Mittel vorgesehen sind, die das piezoelektrische Element seitlich stabilisieren, und Mittel mit Federwirkung angeordnet sind, die das piezoelektrische Element gegen seine Ausdehnungsrichtung vorspannen.

Die DE 102 45 109 offenbart einen Injektor mit einem piezo-
elektrischen Aktorkörper, dessen Mantelfläche unter Einhal-
tung eines Zwischenraums von einem Injektorgehäuse umgeben
und durch direkten Kontakt mit einem inerten, elektrisch
5 nicht leitenden Fluid gekühlt ist.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Einspritzventil und ein
Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritz-
ventils zu schaffen, durch das beziehungsweise durch die ein
10 zuverlässiger und präziser Betrieb des Einspritzventils er-
möglich ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen
Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in
15 den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Gemäß eines ersten Aspektes zeichnet sich die Erfindung aus
durch ein Einspritzventil mit einer Düsenbaugruppe und einer
Aktoreinheit. Die Düsenbaugruppe weist auf einen Düsenkörper
20 mit einer Düsenkörperausnehmung, die mit einem Hochdruckkreis
eines Fluids hydraulisch koppelbar ist, und eine in der Dü-
senkörperausnehmung axial beweglich angeordnete Düsennadel,
die ausgebildet ist, um in einer Schließposition einen Flu-
idfluss durch mindestens eine Einspritzöffnung zu verhindern
25 und ansonsten den Fluidfluss freizugeben. Die Aktoreinheit
weist auf ein hülsenförmiges Gehäuse mit einer Längsachse,
das eine Gehäuseausnehmung aufweist, wobei das hülsenförmige
Gehäuse mechanisch fest mit dem Düsenkörper gekoppelt ist und
die Gehäuseausnehmung mit der Düsenkörperausnehmung hydrau-
30 lisch gekoppelt ist, derart, dass die Gehäuseausnehmung mit
dem Hochdruckkreis des Fluids hydraulisch koppelbar ist, ein
Deckelelement, das fest mit einem von dem Düsenkörper abge-
wandten axialen Ende des hülsenförmigen Gehäuses gekoppelt
ist, und einen Piezoaktuator, der in der Gehäuseausnehmung

angeordnet ist, zum Einwirken auf die Düsennadel ausgebildet ist und an einem von der Düsennadel abgewandten axialen Ende einen Kopfendabschnitt hat. Der Kopfendabschnitt des Piezoaktuators ist direkt mit dem Deckelelement gekoppelt. Das Ge-
5 häuse ist aus einem oder mehreren Materialien gebildet, die derart ausgebildet sind, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient eines Gehäuseabschnitts, der den Piezoaktor und/oder den Piezoaktor und ein zu dem Piezoaktor axial angeordnetes und mit dem Piezoaktor fest gekoppeltes Aus-
10 gleichselement umgibt, im Wesentlichen dem des Piezoaktors oder dem des Piezoaktors und dem Ausgleichselement entspricht.

Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass der Aufbau
15 des Einspritzventils mit einer kleinen Anzahl von Bauteilen möglich ist. Damit ist ein einfacher Aufbau des Einspritzventils möglich. So kann insbesondere ein hydraulischer Kompensator zum Temperatenausgleich entfallen. Durch eine gemeinsame Ausnehmung aus Gehäuseausnehmung und Düsenkörperausnehmung
20 kann ein relativ großes Fluidvolumen in dem Injektor erreicht werden. Damit ist eine große Stabilität der Einspritzvolumina insbesondere bei Mehrfacheinspritzungen erreichbar.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das
25 Gehäuse aus einer Invar-Legierung gebildet.

Unter Invar-Legierungen versteht man eine Gruppe von Legierungen und Verbindungen, die die Eigenschaft besitzen, in bestimmten Temperaturbereichen sehr kleine positive bzw. zum
30 Teil negative Wärmeausdehnungskoeffizienten zu haben. Der Name resultiert aus der Invarianz der Dehnung bezüglich einer Temperaturänderung. Invar-Legierungen haben eine hohe mechanische Festigkeit und können geschweißt werden. Eine häufig verwendete Invar-Legierung ist eine FeNi-Legierung mit einem

Nickelgehalt von 36 % Nickel. Durch Legieren mit 5 % Kobalt kann der thermische Ausdehnungskoeffizient weiter reduziert werden. Darüber hinaus sind viele weitere Legierungen bekannt, bei denen ein Invar-Effekt auftritt.

5

Gehäuse aus einer Invar-Legierung, insbesondere Gehäuse für einen Stellantrieb eines Einspritzventils einer Brennkraftmaschine, haben den Vorteil, dass bei einer Änderung der Temperatur nur eine geringe Längenänderung des Gehäuses erfolgt.

10 Bauteile, die sich im Inneren des Gehäuses befinden, und die selbst keiner oder nur einer geringfügigen Längenänderung unterliegen, haben damit üblicherweise keine oder nur geringe negative Auswirkungen, beispielsweise mechanische Spannungen, Kräfte oder Lageänderungen gegenüber dem Gehäuse. Insbesondere
15 re kann der thermische Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses aus einer Invar-Legierung dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Piezoaktuator entsprechen, so dass keine oder nur geringe mechanische Spannungen, Kräfte oder Lageänderungen zwischen dem Gehäuse und dem Piezoaktor auftreten.

20

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die Düsen-
sennadel direkt mit dem Piezoaktor gekoppelt, derart, dass die Düsen-
sennadel und der Piezoaktor relativ zueinander in einer gleichen Richtung bewegbar sind. Dies hat den Vorteil,
25 dass die Düsen-
sennadel direkt mit dem Piezoaktor ohne Zwischenschaltung einer Umlenkvorrichtung gekoppelt sein kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist in der Gehäuseausnehmung ein Aktuatorgehäuse mit einem Innenraum angeordnet, und der Piezoaktor ist in dem Innenraum angeordnet,
30 und der Innenraum ist fluiddicht gegenüber der Gehäuseausnehmung abgedichtet. Damit ist ein Schutz des Piezoaktors gegenüber aggressiven Fluiden durch eine fluiddichte Unterbringung in dem Aktuatorgehäuse möglich.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist das Aktuatorgehäuse einen Faltenbalg auf, der derart ausgebildet ist, dass axiale Längenänderungen des Piezoaktuators durch das Aktuatorgehäuse aufnehmbar sind. Dies hat den Vorteil, dass bei einem fest mit dem Aktuatorgehäuse gekoppelten Piezoaktor axiale Längenänderungen des Piezoaktuators mittels des Faltenbalgs unmittelbar von dem Aktuatorgehäuse aufgenommen werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Faltenbalg coaxial zwischen dem Piezoaktor und dem Gehäuse angeordnet und mit einem von dem Düsenkörper abgewandten axialen Ende fest mit dem Deckelelement gekoppelt. Der Piezoaktor hat an einem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende ein Bodenelement und der Faltenbalg ist mit dem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende fest mit dem Bodenelement gekoppelt. Damit ist eine einfache und kompakte fluiddichte Ausführung des Aktuatorgehäuses mit Faltenbalg ohne zusätzliche Bauteile möglich.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Faltenbalg axial zwischen dem Piezoaktor und der Einspritzöffnung angeordnet. Das Aktuatorgehäuse weist ein Rohrelement auf, das coaxial zwischen dem Piezoaktor und dem Gehäuse angeordnet ist. Ein von dem Düsenkörper abgewandtes axiales Ende des Rohrelements ist fest mit dem Deckelelement gekoppelt und ein dem Düsenkörper zugewandtes axiales Ende des Rohrelements ist fest mit einem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende des Faltenbalgs gekoppelt. Dies hat den Vorteil, dass die radialen Abmessungen des Faltenbalgs unabhängig von den radialen Abmessungen des Piezoaktuators sein können. Damit kann die radiale Erstreckung des Faltenbalgs kleiner als die radiale Erstreckung des Piezoaktuators sein, wodurch ein

kurzer Piezoaktuator zum Einsatz kommen kann. Ein kurzer Piezoaktuator ermöglicht einen geringen Energieaufwand und geringe thermische Lasten des Piezoaktuators.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist das Aktuatorgehäuse eine Lochscheibe auf, und die Lochscheibe ist direkt mit dem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende des Rohrelements und direkt mit dem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende des Faltenbalgs gekoppelt.

10

- In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Lochscheibe eine Ausnehmung auf und der Faltenbalg weist eine innere Faltenbalgkammer auf. Das Bodenelement weist einen Stiftfortsatz auf, der sich in der Ausnehmung und in der Fal-
- 15 tenbalgkammer erstreckt. Dies hat den Vorteil, dass der Stiftfortsatz gegenüber dem Gehäuse eine besonders günstig angeordnete Fläche zur Einmessung des Leerhubs der Aktoreinheit bereitstellt.

- 20 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist das Ausgleichselement den Stiftfortsatz auf, und der Stiftfortsatz weist ein Material auf, das einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat als Stahl. Derartige Materialien sind vorzugsweise Mn-Cu-Ni-legierungen, wobei die Zusammen-
- 25 setzung $\text{Mn}_{72}\text{Cu}_{18}\text{Ni}_{10}$ besonders bevorzugt ist. Dies hat den Vorteil, dass das Gehäuse vorzugsweise aus einem Stahl ausgebildet sein kann und dass der Ausgleich der Wärmedehnungen des Gehäuses und des Piezoaktuators keine zusätzliche Baulänge des Einspritzventils erfordert.

30

- In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Innenraum des Aktuatorgehäuses wenigstens teilweise mit einem Fluid gefüllt, und das Fluid ist aus einem Material, das ein Silikon aufweist. Silikon ermöglicht eine mechanische Stabi-

lität des Faltenbalgs auch bei höheren Fluiddrücken. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Silikon eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, und so eine gute Wärmeabfuhr von dem Piezoaktuator ermöglicht ist.

5

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind der Düsenkörper und das Gehäuse lösbar miteinander gekoppelt. Dies hat den Vorteil, dass die Düsenbaugruppe und Aktoreinheit einfach miteinander montiert und wieder demontiert werden können. Bei einem Defekt von einer der beiden Komponenten kann die defekte Komponente einfach ausgetauscht werden. Es kann so erreicht werden, dass nur ein geringer Wertschöpfungsverlust entsteht.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind der Düsenkörper und das Gehäuse mittels einer Schraubverbindung lösbar miteinander gekoppelt. Dies hat den Vorteil, dass eine einfache Montage und Demontage des Düsenkörpers und des Gehäuses möglich ist.

20

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist axial zwischen dem Düsenkörper und dem Gehäuse ein Dichtelement angeordnet. Es kann so eine hohe Fluiddichtheit zwischen den Kontaktflächen des Düsenkörpers und des Gehäuses erreicht werden. Die axiale Anordnung des Dichtelements zwischen dem Düsenkörper und dem Gehäuse ermöglicht eine hohe Prozesssicherheit bei der Montage des Dichtelements.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Düsennadel mindestens zwei Führungsabschnitte mit jeweils einer flachen Ausnehmung auf, wobei die Führungsabschnitte derart ausgebildet sind, dass die Düsennadel durch den Düsenkörper in axialer Richtung führbar ist. Damit ist eine sichere Führung der Düsennadel im Düsenkörper bei einem hohen Fluid-

durchfluss durch die Düsenkörperausnehmung möglich. Des Weiteren ist eine gute Beweglichkeit der Düsennadel auch bei einer Verschmutzung des Fluids, beispielsweise durch Partikel, ermöglicht.

5

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist der Kopfendabschnitt des Piezoaktuators eine elektrische Anschlussleitung auf, mittels der der Piezoaktor mit einer Spannungsquelle elektrisch koppelbar ist, und das Deckelelement weist eine Glasdurchführung auf, und die elektrische Anschlussleitung ist in der Glasdurchführung angeordnet. Mittels der Glasdurchführung kann eine fluiddichte Durchführung der elektrischen Anschlussleitung des Piezoaktuators durch das Deckelelement erreicht werden.

15

Gemäß eines zweiten Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch eine Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzventils gemäß des ersten Aspekts, das Mittel aufweist zum Ermitteln des Erreichens der Schließposition der Düsennadel. Die Mittel zum Ermitteln des Erreichens der Schließposition der Düsennadel sind ausgebildet zum Bestimmen des zeitlichen Verlaufs von elektrischen Größen an dem Piezoaktor.

Gemäß eines dritten Aspekts zeichnet sich die Erfindung aus durch ein Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils gemäß des ersten Aspekts, wobei das Erreichen der Schließposition der Düsennadel ermittelt wird, indem ein zeitlicher Verlauf von elektrischen Größen an dem Piezoaktor bestimmt wird.

30

Durch die Bestimmung des zeitlichen Verlaufs von elektrischen Größen an dem Piezoaktor zum Erkennen der Schließposition der Düsennadel kann die Schließposition der Düsennadel sehr präzise bestimmt werden. Des Weiteren kann ein adaptiver Re-

gelkreis zur Kompensation zeitlicher Veränderungen der Dehnung des Piezoaktuators eingesetzt werden. Damit ist auch eine hohe Langzeitstabilität des Betriebsverhaltens des Einspritzventils erreichbar.

5

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

10

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Einspritzventil im Längsschnitt,

15

Figur 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel des Einspritzventils im Längsschnitt, und

Figur 3 einen Teilbereich des Einspritzventils im Längsschnitt.

20

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

25

Die Figuren 1 und 2 zeigen ein Einspritzventil 10 mit einer Aktoreinheit 14 und einer Düsenbaugruppe 60. Das Einspritzventil 10 wird vorzugsweise genutzt zum Einsatz als Kraftstoffeinspritzventil für eine Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs. Die Aktoreinheit 14 hat ein hülsenförmiges Gehäuse 12 mit einer Gehäuseausnehmung 13, in der ein Piezoaktor 16 angeordnet ist.

30

Das Gehäuse 12 besteht bevorzugt aus einer Invar-Legierung. Besonders bevorzugt weist die Invar-Legierung einen Nickelanteil von ca. 36 % auf. Neben FeNi-Legierungen, die gegebenenfalls noch Legierungsanteile an Kobalt aufweisen, kommen noch

folgende Legierungen für Invar in Betracht: FePt, FePd, FeMn, CoMn, FeNiPt, FeNiMn, CoMnFe, CrFe, CrMn, CoCr, FeB, FeP, Ti-Fe₂, ZrFe₂, RECo₂ (RE=seltene Erden außer Eu), FeC, Dy₂(FeCo)₁₇.

5

Der Piezoaktuator 16 hat mindestens ein Piezoelement 17, das seine Länge in axialer Richtung ändert abhängig von einem Steuersignal, das an den Piezoaktuator 16 angelegt wird.

- 10 Die Düsenbaugruppe 60 umfasst einen Düsenkörper 30 mit einer Längsachse A und einer Düsenkörperausnehmung 32, die sich in axialer Richtung in dem Düsenkörper 30 erstreckt. An einem freien Ende der Düsenkörperausnehmung 32 ist ein Fluid-
- 15 austritt 28 ausgebildet, der in geöffneter oder geschlossener Position ist, abhängig von der axialen Position einer Düsen-
nadel 33.

- Das Einspritzventil 10 hat weiter einen Hochdruckanschluss 20, in dem ein Fluideintritt 26 ausgebildet ist. In dem Hoch-
- 20 druckanschluss 20 ist weiter ein Verbindungskanal 27 ausgebildet, mittels dem der Fluideintritt 26 mit der Gehäuseausnehmung 13 des Gehäuses 12 und mit der Düsenkörperausnehmung 32 hydraulisch gekoppelt ist.

- 25 Über eine nicht dargestellte Fluidleitung ist der Hochdruckanschluss 20 mit dem Fluideintritt 26 mit einer Hochdruckkammer einer Brennkraftmaschine gekoppelt, in der der Kraftstoff unter einem bestimmten Druck, zum Beispiel unter einem Druck von ungefähr 200 bar gespeichert ist.

30

Der Düsenkörper 30 hat einen Absatz 34 und die Düsen-
nadel 33 hat einen Absatz 35, wobei beide Absätze 34, 35 als Auflage für eine Feder 24 dienen, die zwischen dem Düsenkörper 30 und der Düsen-
nadel 33 angeordnet ist.

Die Düsenadel 33 ist direkt mit dem Piezoaktor 16 ohne Zwischenschaltung einer Umlenkvorrichtung gekoppelt. Die Düsenadel 33 und der Piezoaktor 16 bewegen sich damit relativ zueinander in einer gleichen Richtung. Damit ist das Einspritzventil 10 als ein nach außen öffnendes Ventil ausgebildet.

Der Piezoaktor 16 hat an seinem der Düsenbaugruppe 60 abgewandten Ende einen Kopfendabschnitt 42 mit einem Deckelelement 18, das an das Piezoelement 17 grenzt. Die Gehäuseaufnahme 13 hat eine innere Wand 15. An einem dem Düsenkörper 30 zugewandten axialen Ende hat der Piezoaktor 16 ein Bodenelement 19. Das Bodenelement 19 ist fest mit dem Faltenbalg 40 des Aktuatorgehäuses 36 gekoppelt.

Der Kopfendabschnitt 42 des Piezoaktors 16 umfasst weiter eine elektrische Anschlussleitung 44 für die Zufuhr von elektrischer Energie zu dem Piezoaktor 16. Der Piezoaktor 16 ändert seine Länge in axialer Richtung, wenn an ihn eine elektrische Spannung angelegt wird. Durch die Änderung der Länge des Piezoaktors 16 kann eine Kraft auf die Düsenadel 33 ausgeübt werden. Über die von dem Piezoaktor 16 ausgeübte Kraft kann sich die Düsenadel 33 in axialer Richtung bewegen, um so einen Fluidstrom durch eine Einspritzöffnung 62 zu ermöglichen oder zu verhindern.

Die Aktoreinheit 14 für das Einspritzventil 10 hat weiter einen Anschlussstecker 56 mit einem Steckerkörper 57, in dem ein Anschlussstift 58 angeordnet ist. Über den Anschlussstecker 56 kann eine Spannung an den Anschlussstift 58 des Anschlusssteckers 56 angelegt werden. Der Anschlussstift 58 des Anschlusssteckers 56 und die elektrische Anschlussleitung 44 des Piezoaktors 16 bilden zusammen einen elektrischen An-

schluss des Piezoaktuator 16. Da der Anschlussstift 58 des Anschlusssteckers 56 mit der Anschlussleitung 44 des Piezoaktuator 16 elektrisch gekoppelt ist, ist auf einfache Weise eine Zufuhr von elektrischer Energie von außen an den Piezo-
5 aktuator 16 möglich.

In der Gehäuseausnehmung 13 ist ein Aktuatorgehäuse 36 angeordnet mit einem Innenraum 38, in dem der Piezoaktuator 16 angeordnet ist. Damit ist der Piezoaktuator 16 auf eine me-
10 chanisch stabile Weise in dem Aktuatorgehäuse 36 untergebracht.

Das Aktuatorgehäuse 36 hat einen Faltenbalg 40, der sich in Richtung der Längsachse A erstreckt und so ausgebildet ist,
15 dass mittels des Faltenbalgs 40 axiale Längenänderungen des Piezoaktuator 16 unmittelbar von dem fest mit dem Piezoaktuator 16 gekoppelten Aktuatorgehäuse 36 aufgenommen werden können.

20 In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform des Einspritzventils 10 ist der Faltenbalg 40 koaxial zwischen dem Piezoaktuator 16 und dem Gehäuse 12 angeordnet. Der Faltenbalg 40 ist mit einem von dem Düsenkörper 30 abgewandeten axialen Ende fest mit dem Deckelelement 18 gekoppelt. Der Faltenbalg 40
25 ist mit dem dem Düsenkörper 30 zugewandeten axialen Ende fest mit dem Bodenelement 19 gekoppelt. An seinem dem Düsenkörper 30 abgewandten axialen Ende ist der Piezoaktuator 16 fest mit einer Glasdurchführung 45 gekoppelt. Die elektrische Anschlussleitung 44 ist in der Glasdurchführung 45 angeordnet,
30 wodurch eine fluiddichte Durchführung der elektrischen Anschlussleitung 44 des Piezoaktuator 16 durch das Deckelelement 18 erreicht werden kann.

In der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform des Einspritzventils 10 ist der Faltenbalg 40 axial zwischen dem Piezoaktor 16 und der Einspritzöffnung 62 angeordnet. Das Aktuatorgehäuse 36 hat ein Rohrelement 46, das koaxial zwischen dem
5 Piezoaktor 16 und dem Gehäuse 12 angeordnet ist. Das Rohrelement 46 erstreckt sich mit seinem von dem Düsenkörper 30 abgewandten axialen Ende bis zu seinem dem Düsenkörper 30 zugewandten axialen Ende von dem Deckelelement 18 bis zu einer Lochscheibe 64. Die Lochscheibe 64 ist mit dem dem Düsenkörper 30 zugewandten axialen Ende des Rohrelements 46 und
10 mit dem dem Düsenkörper zugewandten axialen Ende des Faltenbalgs 40 fest gekoppelt. Das von dem Düsenkörper 30 abgewandte Ende des Rohrelements 46 ist fest mit dem Deckelelement 18 gekoppelt. Der Faltenbalg 40 ist innerhalb des Rohrelements
15 46 angeordnet. Es ist so möglich, dass die radialen Abmessungen des Faltenbalgs 40 unabhängig von den radialen Abmessungen des Piezoaktors 16 ausgebildet sein können. Damit kann die radiale Erstreckung des Faltenbalgs 40 kleiner sein als die radiale Erstreckung des Piezoaktors 16. Somit ist die
20 hydraulisch wirksame Fläche in Richtung der Längsachse A sehr klein, wodurch auch ein kurzer Piezoaktor 16 in dem Einspritzventil 10 zum Einsatz kommen kann. Dies hat den Vorteil, dass ein geringerer Energieaufwand und damit eine geringere thermische Last des Piezoaktors 16 erreicht werden
25 kann.

Die Lochscheibe 64 hat eine Ausnehmung 65 und der Faltenbalg 40 hat eine innere Faltenbalgkammer 66. In der Ausnehmung 65 der Lochscheibe 64 und in der inneren Faltenbalgkammer 66 ist
30 ein Stiftfortsatz 68 angeordnet. Der Stiftfortsatz 68 ist fest, vorzugsweise einstückig, mit dem Bodenelement 19 gekoppelt. Das Bodenelement 19 und der Stiftfortsatz 68 bilden zusammen ein Ausgleichselement 70. Das Ausgleichselement 70 kann der Kompensation von Längenänderungen des Rohrelements

46 dienen, insbesondere dann, wenn das Gehäuse 12 aus einem Material ausgebildet ist, das einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist als der Piezoaktuator 16. Das Ausgleichselement 70 ist dann bevorzugt derart ausgebildet, 5 dass sein thermischer Ausdehnungskoeffizient erheblich größer ist als der thermische Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses 12, und dass sein thermischer Ausdehnungskoeffizient in Verbindung mit den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Piezoactuators 16 gerade so groß ist wie der thermische Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses 12. Damit kann erreicht werden, 10 dass die thermische Ausdehnung eines Gehäuseabschnitts 12a, das den Piezoaktuator 16 und das Ausgleichselement 70 umschließt, im Wesentlichen genauso groß ist wie die thermische Ausdehnung des Piezoactuators 16 mit dem Ausgleichselement 70 15 zusammen.

Der Innenraum 38 des Aktuatorgehäuses 36 ist vorzugsweise wenigstens teilweise mit einem Fluid gefüllt. Das Fluid in den Innenraum 38 des Aktuatorgehäuses 36 ist vorzugsweise nicht 20 leitend und chemisch inert. Besonders bevorzugt ist, wenn das Fluid in den Innenraum 38 des Aktuatorgehäuses aus einem Material ist, das ein Silikon aufweist. Damit kann zum einen sichergestellt werden, dass der Faltenbalg 40 auch bei höheren Fluiddrücken eine gute mechanische Stabilität erreicht.

25

In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform des Einspritzventils 10 kann das Fluid in dem Innenraum 38 des Aktuatorgehäuses 36 des Weiteren einen Wärmefluss von dem Piezoaktuator 16 in Richtung zu dem Gehäuse 12 ermöglichen und so einen Wärmeabtransport in einer lateralen Richtung aus dem Piezoaktuator 30 16 heraus erreichen.

Zwischen dem Düsenkörper 30 und dem Gehäuse 12 sind Gewinde ausgebildet, mittels denen eine Schraubverbindung 50 zwischen

dem Düsenkörper 30 und dem Gehäuse 12 hergestellt werden kann. Die Schraubverbindung 50 ermöglicht eine einfache Demontage des Düsenkörpers 30 von dem Gehäuse 12. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn entweder die Düsenbaugruppe 60 oder die Aktoreinheit 14 eine defekte oder nicht passende Einheit aufweisen. Es ist dann möglich, die defekte oder nicht passende Düsenbaugruppe 60 oder die defekte oder nicht passende Aktoreinheit 14 auszutauschen, ohne das gesamte Einspritzventil 10 austauschen zu müssen. Dies führt insbesondere zu niedrigen Kosten bei der Herstellung des Einspritzventils 10.

Zwischen dem Düsenkörper 30 und dem Gehäuse 12 ist bevorzugt ein Dichtelement 52 angeordnet, das eine axiale Dichtung zwischen dem Düsenkörper 30 und dem Gehäuse 12 ermöglicht. Es kann so eine gute Fluiddichtheit zwischen den Kontaktflächen des Düsenkörpers 30 und dem Gehäuse 12 erreicht werden. Die axiale Anordnung des Dichtelements 52 zwischen dem Düsenkörper 30 und dem Gehäuse 12 erlaubt insbesondere eine hohe Prozesssicherheit bei der Montage des Dichtelements 52.

20

Der Düsenkörper 30 hat einen unteren Düsenkörperteil 30a und einen oberen Düsenkörperteil 30b. Der untere Düsenkörperteil 30a ist mit dem oberen Düsenkörperteil 30b bevorzugt kraftschlüssig verbunden, beispielsweise durch einen Presssitz. Für die Abdichtung zwischen dem unteren Düsenkörperteil 30a und dem oberen Düsenkörperteil 30b ist ein weiteres Dichtelement 53 vorgesehen, so dass eine Abdichtung in radialer Richtung ermöglicht ist.

25

Die Düsennadel 33 hat vorzugsweise zwei Führungsabschnitte 54 mit jeweils einer flachen Ausnehmung 55. Die Führungsabschnitte 54 sind so ausgebildet, dass die Düsennadel 33 durch den Düsenkörper 30 in axialer Richtung führbar ist. Damit ist eine sehr sichere Führung der Düsennadel 33 im Düsenkörper 30

30

möglich. Gleichzeitig ist durch die flachen Ausnehmungen 55 ein hoher Fluiddurchfluss in Richtung zu dem Fluidaustritt 28 im Bereich der Einspritzöffnung 62 möglich.

- 5 Im Folgenden soll die Funktion des Einspritzventils 10 kurz beschrieben werden:

Der Kraftstoff wird von dem Fluideintritt 26 durch das Gehäuse 12 zu der Düsenkörperausnehmung 32 und schließlich zu dem
10 Fluidaustritt 28 geführt. Ein Fluidstrom vom Fluideintritt 26 in den Innenraum 38 des Aktuatorgehäuses 36 mit dem Piezoaktor 16 wird durch den Faltenbalg 40 beziehungsweise das Rohrelement 46 und die Lochscheibe 64 verhindert.

- 15 In einer Schließposition der Düsennadel 33 verhindert diese einen Fluidstrom durch den Fluidaustritt 28 im Düsenkörper 30.

Durch Anlegen einer Spannung an den Piezoaktor 16 können
20 die Piezoelemente 17 ihre Länge ändern. Durch die Längenänderung der Piezoelemente 17 kann eine Kraft auf die Düsennadel 33 ausgeübt werden. Die Düsennadel 33 kann damit in axialer Richtung aus ihrer Schließposition bewegt werden. Außerhalb der Schließposition der Düsennadel 33 besteht eine Lücke zwischen dem Düsenkörper 30 und der Düsennadel 33 an der Einspritzöffnung 62. Außerhalb der Schließposition der Düsennadel 33 ermöglicht die Düsennadel 33 einen Fluidstrom durch den Fluidaustritt 28 und damit durch die Einspritzöffnung 62.
25

- 30 Die Feder 24 kann die Düsennadel 33 über den Absatz 35 der Düsennadel 33 in Richtung auf den Piezoaktor 16 mit Kraft beaufschlagen. Liegt keine Spannung an dem Piezoaktor 16 an, so ist die Länge des Piezoaktors 16 reduziert. Die Feder 24 zwingt die Düsennadel 33 zu einer Bewegung in axialer

Richtung in ihre Schließposition. Abhängig von dem Kräftegleichgewicht zwischen der durch die Feder 24 auf die Düsen-
nadel 33 ausgeübte Kraft und der durch den Piezoaktuator 16
auf die Düsennadel 33 ausgeübte Kraft ist die Düsennadel 33
5 in einer Schließposition oder in einer Öffnungsposition.

Soll die Düsennadel 33 von einer Öffnungsposition in eine
Schließposition gebracht werden, so wird der Piezoaktuator 16
stromlos gemacht, wobei eine Längenänderung des Piezoaktua-
tors 16 ausgelöst wird, indem sich der Piezoaktuator 16 zu-
10 sammenzieht. Gleichzeitig wird durch die von der Feder 24 auf
die Düsennadel 33 ausgeübte Kraft die Düsennadel 33 versu-
chen, in ihre Schließposition zu gelangen. Da die Längenände-
rung des Piezoaktuators 16 phasenweise zuerst schneller und
15 dann langsamer erfolgt als die Bewegung der Düsennadel 33 in
ihre Schließposition, wird auf dem Piezoaktuator 16 eine
Kraftänderung ausgeübt, wodurch ein elektrisches Signal an
den Piezoaktuator 16 anliegen kann. Aus dem zeitlichen Ver-
lauf dieses elektrischen Signals kann ermittelt werden, wann
20 die Düsennadel 33 tatsächlich ihre Schließposition erreicht.
Die so erhaltene Information über das Erreichen der Schließ-
position der Düsennadel 33 kann in einem nächsten Öffnungs-
vorgang der Düsennadel 33 als Information verwertet werden,
derart, dass ein entsprechendes Signal an dem Piezoaktuator
25 16 angelegt wird, und dieser so eine an die ermittelte
Schließposition der Düsennadel 33 angepasste Längenänderung
ausführen kann. Es ist so eine adaptive Regelung für den Öff-
nungs- und Schließvorgang der Düsennadel 33 mittels des Pie-
zoaktuators 16 möglich.

30

Insbesondere kann so ein adaptiver Regelkreis zur Kompensati-
on zeitlicher Veränderungen der Dehnung des Piezoaktuators 16
bereitgestellt werden.

Im Folgenden soll das Verfahren zur Messung des Aktuator-leerhubs des Einspritzventils 10 gemäß der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform dargestellt werden (Figur 3):

- 5 Vor dem Zusammenbau der Aktoreinheit 14 und der Düsenbaugruppe 60 wird die axiale Position einer ersten Planfläche 72 an dem Stiftfortsatz 68 und einer zweiten Planfläche 74 an dem Gehäuse 12 ermittelt. Der axiale Abstand S1 zwischen der ersten Planfläche 72 und der zweiten Planfläche 74 wird be-
- 10 stimmt. In einem weiteren Schritt wird die axiale Position einer dritten Planfläche 76 der Düsennadel 33 und eine vierte Planfläche 78 des Düsenkörpers 30 ermittelt. Der axiale Abstand S2 zwischen der dritten Planfläche 76 und der vierten Planfläche 78 wird bestimmt.

15

- Die Abstände S1 der Aktoreinheit 14 und S2 der Düsenbaugruppe 60 werden miteinander verglichen und jeweils eine Aktoreinheit 14 und eine Düsenbaugruppe 60, die möglichst ähnliche Werte der Abstände S1 und S2 aufweisen, werden miteinander
- 20 gepaart. Da die Planflächen 72, 74, 76, 78 für eine Messung des Aktuatorleerhubs sehr leicht zugänglich sind, kann der Aktuatorleerhub mit einer hohen Genauigkeit, im Bereich von einigen Zehntel Mikrometer, bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Einspritzventil (10) mit einer Düsenbaugruppe (60) und einer Aktoreinheit (14), wobei
- 5 - die Düsenbaugruppe (60) aufweist einen Düsenkörper (30) mit einer Düsenkörperausnehmung (32), die mit einem Hochdruckkreis eines Fluids hydraulisch koppelbar ist, und eine in der Düsenkörperausnehmung (32) axial beweglich angeordnete Düsennadel (33), die ausgebildet ist, um in einer Schließposition
- 10 einen Fluidfluss durch mindestens eine Einspritzöffnung (62) zu verhindern und ansonsten den Fluidfluss freizugeben,
- und die Aktoreinheit (14) aufweist ein hülsenförmiges Gehäuse (12) mit einer Längsachse (A), das eine Gehäuseausnehmung (13) aufweist, wobei das hülsenförmige Gehäuse (12) mechanisch fest mit dem Düsenkörper (30) gekoppelt ist und die
- 15 Gehäuseausnehmung (13) mit der Düsenkörperausnehmung (32) hydraulisch gekoppelt ist, derart, dass die Gehäuseausnehmung (13) mit dem Hochdruckkreis des Fluids hydraulisch koppelbar ist, ein Deckelelement (18), das fest mit einem von dem Düsenkörper (30) abgewandten axialen Ende des hülsenförmigen Gehäuses (12) gekoppelt ist, und einen Piezoaktuator (16),
- 20 der in der Gehäuseausnehmung (13) angeordnet ist, zum Einwirken auf die Düsennadel (33) ausgebildet ist und an einem von der Düsennadel (33) abgewandten axialen Ende einen Kopfendabschnitt (42) hat,
- 25 wobei der Kopfendabschnitt (42) des Piezoaktuators (16) direkt mit dem Deckelelement (18) gekoppelt ist, und das Gehäuse (12) aus einem oder mehreren Materialien gebildet ist, die derart ausgebildet sind, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient eines Gehäuseabschnitts (12a), der den Piezoaktuator (16) und/oder den Piezoaktuator (16) und ein zu dem Piezoaktuator (16) axial angeordnetes und mit dem Piezoaktuator fest gekoppeltes Ausgleichselement (70) umgibt, im Wesentlichen
- 30

dem des Piezoaktuators (16) oder dem des Piezoaktuators (16) und dem Ausgleichselement (70) entspricht.

2. Einspritzventil (10) nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse
5 (12) aus einer Invar-Legierung gebildet ist.

3. Einspritzventil (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Dü-
sennadel (33) direkt mit dem Piezoaktor (16) gekoppelt
ist, derart, dass die Düsenadel (33) und der Piezoaktor
10 (16) relativ zueinander in einer gleichen Richtung bewegbar
sind.

4. Einspritzventil (10) nach Anspruch 3, wobei in der Gehäü-
seausnehmung (13) ein Aktuatorgehäuse (36) mit einem Innen-
raum (38) angeordnet ist, und der Piezoaktor (16) in dem
15 Innenraum (38) angeordnet ist, und der Innenraum (38) fluid-
dicht gegenüber der Gehäuseausnehmung (13) abgedichtet ist.

5. Einspritzventil (10) nach Anspruch 4, wobei das Aktuator-
gehäuse (36) einen Faltenbalg (40) aufweist, der derart aus-
gebildet ist, dass axiale Längenänderungen des Piezoaktuators
20 (16) durch das Aktuatorgehäuse (36) aufnehmbar sind.

6. Einspritzventil (10) nach Anspruch 5, wobei der Faltenbalg
25 (40) koaxial zwischen dem Piezoaktor (16) und dem Gehäuse
(12) angeordnet ist, mit einem von dem Düsenkörper (30) abge-
wandten axialen Ende fest mit dem Deckelelement (18) gekop-
pelt ist, der Piezoaktor (16) an einem dem Düsenkörper
(30) zugewandten axialen Ende ein Bodenelement (19) hat und
30 der Faltenbalg (40) mit dem dem Düsenkörper (30) zugewandten
axialen Ende fest mit dem Bodenelement (19) gekoppelt ist.

7. Einspritzventil (10) nach Anspruch 5, wobei der Faltenbalg
(40) axial zwischen dem Piezoaktor (16) und der Einspritz-

öffnung (62) angeordnet ist, und das Aktuatorgehäuse (36) ein Rohrelement (46) aufweist, das koaxial zwischen dem Piezoaktor (16) und dem Gehäuse (12) angeordnet ist, ein von dem Düsenkörper (30) abgewandtes axiales Ende des Rohrelements (46) fest mit dem Deckelelement (18) gekoppelt ist und ein dem Düsenkörper (30) zugewandtes axiales Ende des Rohrelements (46) fest mit einem dem Düsenkörper (30) zugewandten axialen Ende des Faltenbalgs (40) gekoppelt ist.

8. Einspritzventil (10) nach Anspruch 7, wobei das Aktuatorgehäuse (36) eine Lochscheibe (64) aufweist, und die Lochscheibe (64) direkt mit dem dem Düsenkörper (30) zugewandten axialen Ende des Rohrelements (46) und direkt mit dem dem Düsenkörper (30) zugewandten axialen Ende des Faltenbalgs (40) gekoppelt ist.

9. Einspritzventil (10) nach Anspruch 8, wobei die Lochscheibe (64) eine Ausnehmung (65) und der Faltenbalg (40) eine innere Faltenbalgkammer (66) aufweist und das Bodenelement (19) einen Stiftfortsatz (68) aufweist, der sich in der Ausnehmung (65) und in der Faltenbalgkammer (66) erstreckt.

10. Einspritzventil (10) nach Ansprüchen 9, wobei das Ausgleichselement (70) den Stiftfortsatz (68) aufweist, und der Stiftfortsatz (68) ein Material aufweist, das einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat als Stahl.

11. Einspritzventil (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei der Innenraum (38) des Aktuatorgehäuses (36) wenigstens teilweise mit einem Fluid gefüllt ist, und das Fluid aus einem Material ist, das ein Silikon aufweist.

12. Einspritzventil (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Düsenkörper (30) und das Gehäuse (12) lösbar miteinander gekoppelt sind.

5 13. Einspritzventil (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Düsenkörper (30) und das Gehäuse (12) mittels einer Schraubverbindung (50) lösbar miteinander gekoppelt sind.

10 14. Einspritzventil (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei axial zwischen dem Düsenkörper (30) und dem Gehäuse (12) ein Dichtelement (52) angeordnet ist.

15 15. Einspritzventil (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Düsennadel (33) mindestens zwei Führungsabschnitte (54) mit jeweils einer flachen Ausnehmung (55) aufweist, wobei die Führungsabschnitte (54) derart ausgebildet sind, dass die Düsennadel (33) durch den Düsenkörper (30) in axialer Richtung führbar ist.

20

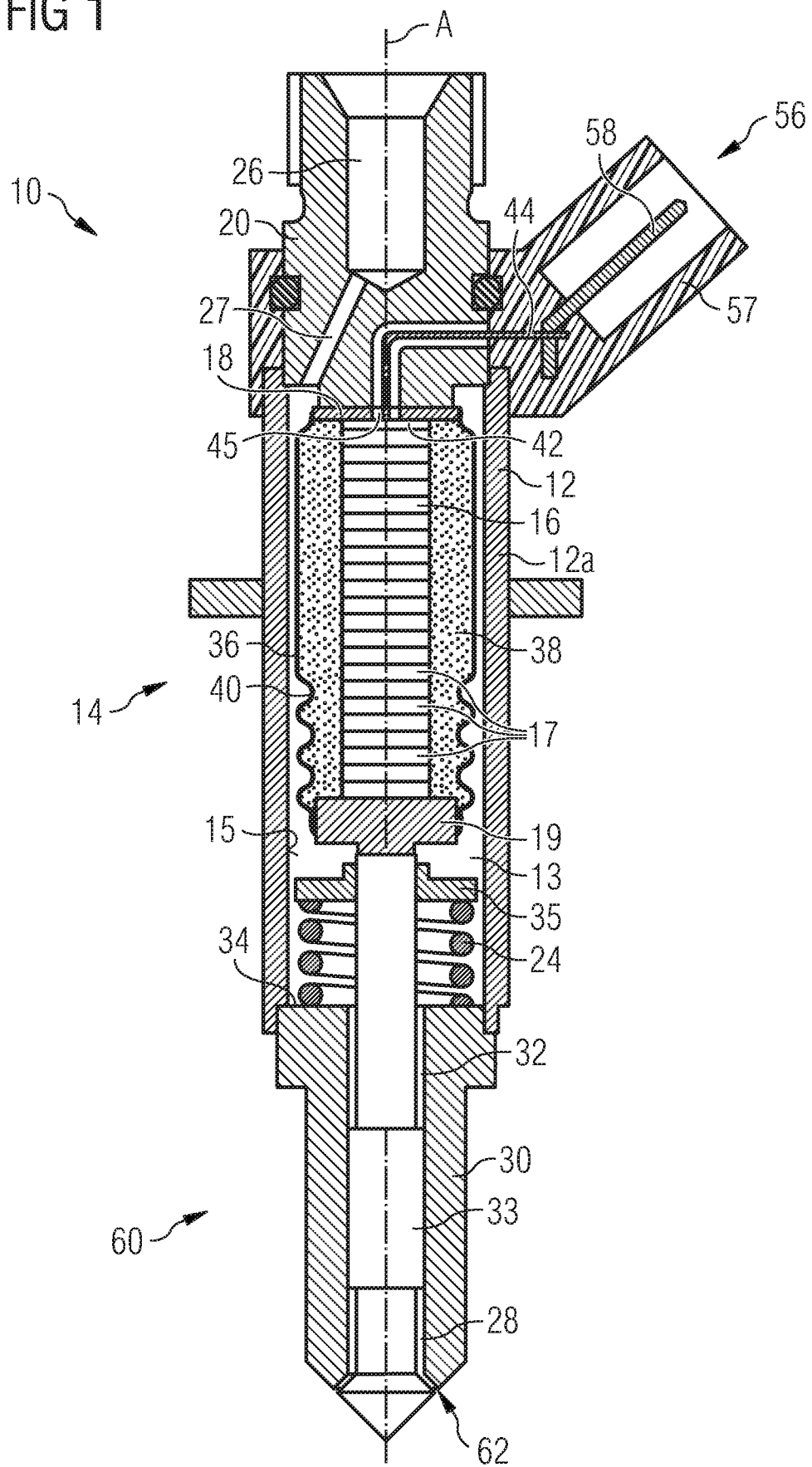
16. Einspritzventil (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kopfendabschnitt (42) des Piezoaktuators (16) eine elektrische Anschlussleitung (44) aufweist, mittels der der Piezoaktor (16) mit einer Spannungsquelle elektrisch koppelbar ist, und das Deckelement (18) eine Glasdurchführung (45) aufweist, und die elektrische Anschlussleitung (44) in der Glasdurchführung (45) angeordnet ist.

30 17. Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzventils (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das Mittel aufweist zum Ermitteln des Erreichens der Schließposition der Düsennadel (33), wobei die Mittel ausgebildet sind zum Bestimmen des zeitlichen Verlaufs von elektrischen Größen an dem Piezoaktor (16).

18. Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils (10) nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erreichen der
Schließposition der Düsennadel (33) ermittelt wird, indem
5 ein zeitlicher Verlauf von elektrischen Größen an dem Piezo-
aktuator (16) bestimmt wird.

1/3

FIG 1



2/3

FIG 2

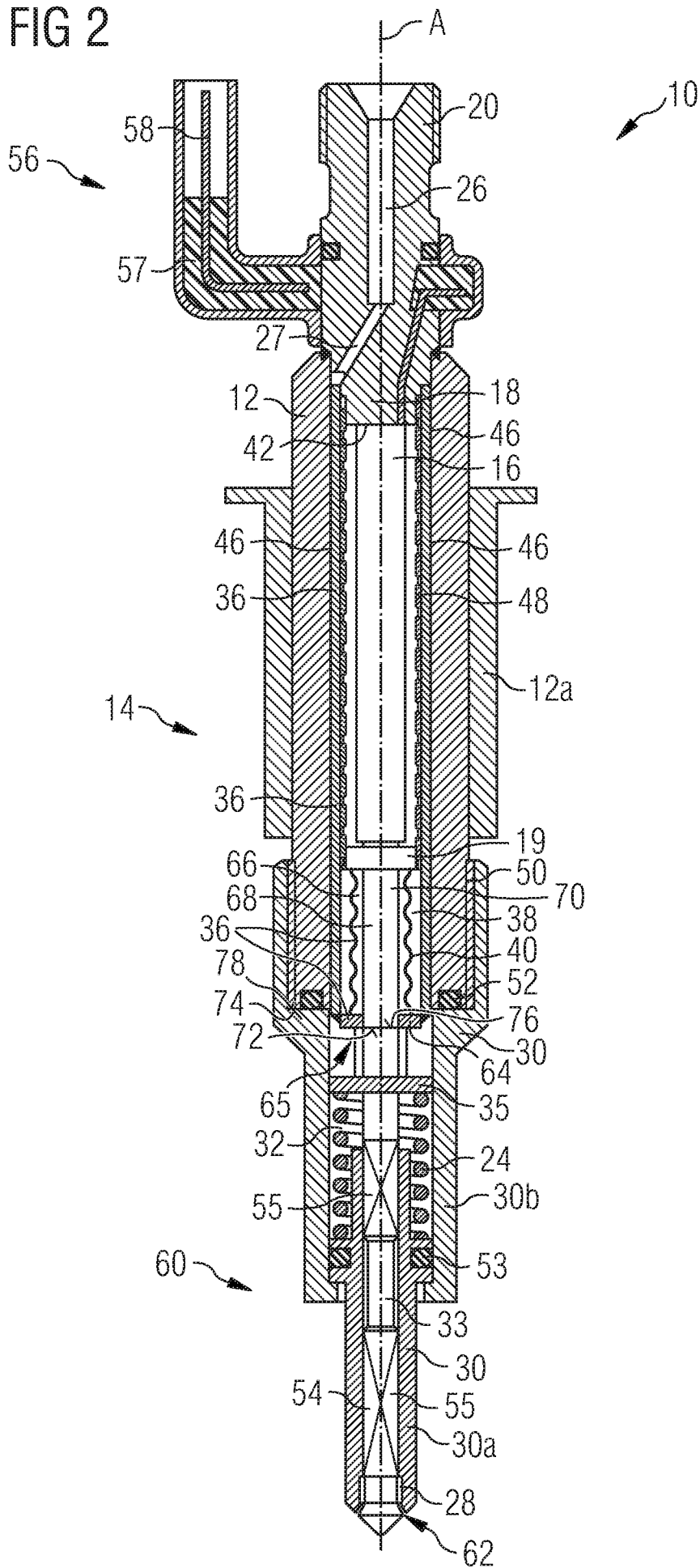
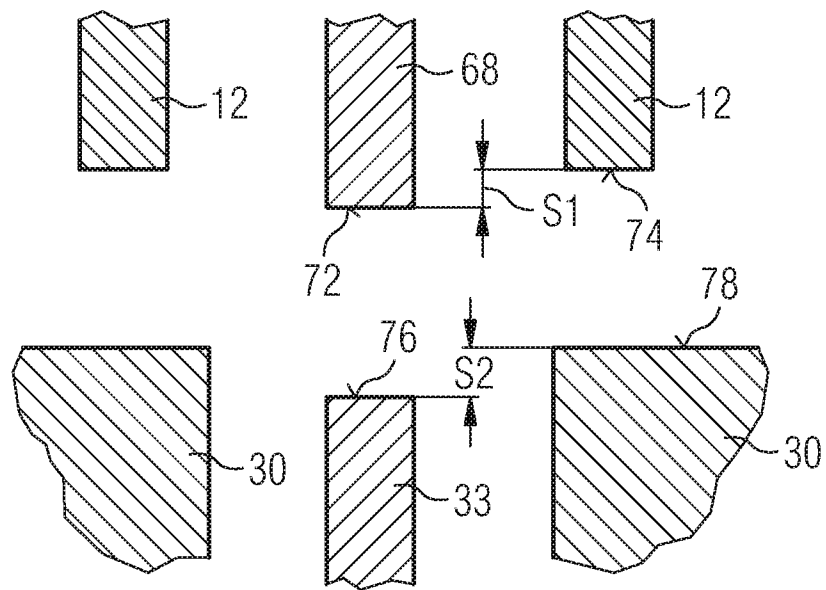


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/050149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02M51/06 F02M61/08 H01L41/053 F02M61/16

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)

F02M H01L

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)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 820 960 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22 August 2007 (2007-08-22)	1,3-6
Y	the whole document	7
Y	DE 10 2004 012863 A1 (DENSO CORP [JP]) 28 October 2004 (2004-10-28) paragraph [0035] - paragraph [0040]; figure 1	7
X	DE 10 2005 063010 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5 July 2007 (2007-07-05) the whole document	1,3-6
X	DE 199 12 666 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21 September 2000 (2000-09-21) the whole document	1,3-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 April 2009

Date of mailing of the international search report

28/04/2009

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Nobre Correia, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/050149

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1820960 A	22-08-2007	DE 102006006889 A1	23-08-2007
DE 102004012863 A1	28-10-2004	JP 4222220 B2	12-02-2009
		JP 2004304996 A	28-10-2004
DE 102005063010 A1	05-07-2007	NONE	
DE 19912666 A1	21-09-2000	WO 0057049 A1	28-09-2000
		EP 1080305 A1	07-03-2001
		JP 2002540341 T	26-11-2002
		US 6435430 B1	20-08-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/050149

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02M51/06 F02M61/08 H01L41/053 F02M61/16

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02M H01L

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)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 820 960 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22. August 2007 (2007-08-22)	1,3-6
Y	das ganze Dokument	7
Y	DE 10 2004 012863 A1 (DENSO CORP [JP]) 28. Oktober 2004 (2004-10-28) Absatz [0035] - Absatz [0040]; Abbildung 1	7
X	DE 10 2005 063010 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) das ganze Dokument	1,3-6
X	DE 199 12 666 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. September 2000 (2000-09-21) das ganze Dokument	1,3-5

☐

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒

Siehe Anhang Patentfamilie

* 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

21. April 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/04/2009

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Nobre Correia, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/050149

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1820960	A	22-08-2007	DE 102006006889	A1	23-08-2007
DE 102004012863	A1	28-10-2004	JP 4222220	B2	12-02-2009
			JP 2004304996	A	28-10-2004
DE 102005063010	A1	05-07-2007	KEINE		
DE 19912666	A1	21-09-2000	WO 0057049	A1	28-09-2000
			EP 1080305	A1	07-03-2001
			JP 2002540341	T	26-11-2002
			US 6435430	B1	20-08-2002