

(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  
29. Juni 2017 (29.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/108425 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F02M 51/06* (2006.01) *F02M 61/16* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/080213
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Dezember 2016 (08.12.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 226 388.6  
21. Dezember 2015 (21.12.2015) DE
- (71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder: **REIM, Werner**; Werftstr. 10, 93059 Regensburg (DE). **SCHÜRZ, Willibald**; Lindenweg 3, 93188 Pielenhofen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

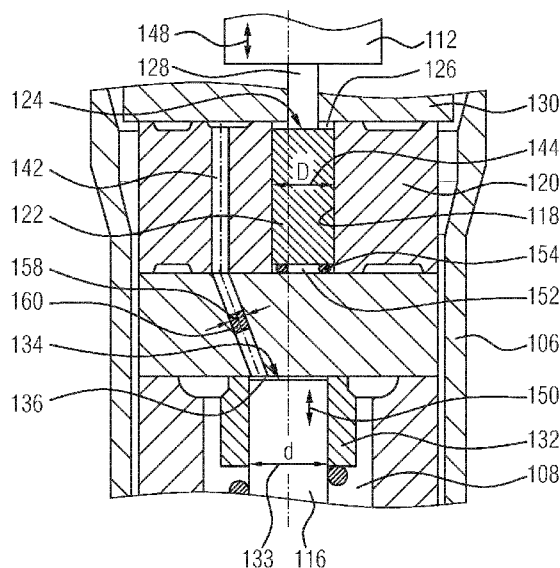
**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: PIEZOELECTRIC INJECTOR

(54) Bezeichnung : PIEZOINJEKTOR

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a piezoelectric injector (100) having an actuator space (110) in which a piezo actuator (112) is arranged. In addition, same has a control piston bore (118) in which a control piston (122) with an end face (124) is arranged, a leakage pin (128) which is arranged between the piezo actuator (112) and the end face (124) of the control piston (122) to couple the piezo actuator (112) to the control piston (122), a first control space which is formed by a section delimited by the end face (124) of the control piston (122) and the control piston bore (118), a nozzle needle (116) with an end face (134) for opening and closing injection holes (138), wherein the nozzle needle (116) guides a nozzle needle sleeve (132) with an inner nozzle needle sleeve diameter (133), a second control space (136) which is delimited by the nozzle needle sleeve (132) and the end face (134) of the nozzle needle (116), a connection (142) which is designed as a hydraulic throttle (160) for fluid communication between the first control space (126) and the second control space (136). The piezoelectric injector (100) is characterized in that the throttle (160) is designed in such a way that, the throttle flow rate is changed by the ratio  $(d_{\text{new}}/d_{\text{old}})^2$  with a change of the nozzle needle sleeve diameter  $d$  (133).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/108425 A1

---

Die Erfindung betrifft einen Piezoinjektor (100) mit einem Aktorraum (110), in dem ein Piezoaktor (112) angeordnet ist. Desweiteren weist dieser eine Steuerkolbenbohrung (118), in der ein Steuerkolben (122) mit einer Stirnseite (124) angeordnet ist, auf, einen Leckagestift (128), der zwischen dem Piezoaktor (112) und der Stirnseite (124) des Steuerkolbens (122) angeordnet ist, um den Piezoaktor (112) mit dem Steuerkolben (122) zu koppeln, einen ersten Steuerraum, der durch einen von der Stirnseite (124) des Steuerkolbens (122) begrenzten Abschnitt und der Steuerkolbenbohrung (118) gebildet ist, eine Düsenadel (116) zum Öffnen und Schließen von Einspritzlöchern (138) mit einer Stirnseite (134), wobei die Düsenadel (116) eine Düsenadelhülse (132) mit einem inneren Düsenadelhülsendurchmesser (133) führt, einen zweiten Steuerraum (136), der durch die Düsenadelhülse (132) und die Stirnseite (134) der Düsenadel (116) begrenzt ist, eine Verbindung (142) zur fluiden Kommunikation zwischen dem ersten Steuerraum (126) und dem zweiten Steuerraum (136), die als hydraulische Drossel (160) ausgebildet ist. Der Piezoinjektor (100) zeichnet sich dadurch aus, dass die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass bei einer Veränderung des Düsenadelhülsendurchmessers  $d$  (133) der Drosseldurchfluss sich im Verhältnis  $(d_{\text{neu}}/d_{\text{alt}})^2$  verändert.

Beschreibung

Piezoinjektor

5 Die Erfindung betrifft einen Piezoinjektor, insbesondere einen Piezoinjektor für eine Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung.

Bei Brennkraftmaschinen mit Kraftstoffdirekteinspritzung werden  
10 Fluidinjektoren zum Zumessen von Kraftstoff eingesetzt. Im Hinblick auf hohe Anforderungen an Brennkraftmaschinen, die in Kraftfahrzeugen angeordnet sind, wie beispielsweise hinsichtlich einer sehr gezielten Leistungseinstellung und/oder der Erfüllung strenger Schadstoffemissionen, ist ein präzises  
15 Zumessen des Kraftstoffs mittels des jeweiligen Injektors wichtig.

Die Einspritzmenge von Injektoren wird beispielsweise mittels eines Servoventils gesteuert. Es ist auch möglich, dass die  
20 Düsennadel des Injektors direkt mittels eines Piezoelements angetrieben wird. Dazu ist eine nahezu spielfreie Kopplung zwischen dem Piezoaktor und der Düsennadel wichtig.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Piezoinjektor  
25 vorzusehen, der zuverlässig im instationären Betrieb arbeitet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Piezoinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

30 Der erfindungsgemäße Piezoinjektor umfasst einen Aktorraum, in dem ein Piezoaktor angeordnet ist, eine Steuerkolbenbohrung, in der ein Steuerkolben mit einer Stirnseite angeordnet ist, einen Leckagestift, der zwischen dem Piezoaktor und der Stirnseite des Steuerkolbens angeordnet ist, um den Piezoaktor mit dem  
35 Steuerkolben zu koppeln, einen ersten Stellraum, der durch einen von der Stirnseite des Steuerkolbens begrenzten Abschnitt und der Steuerkolbenbohrung gebildet ist, eine Düsennadel zum Öffnen und Schließen von Einspritzlöchern mit einer Stirnseite, wobei die

Düsennadel eine Düsennadelhülse führt, einen zweiten Steuerraum, der durch die Düsennadelhülse mit einem inneren Düsennadelhülsendurchmesser und die Stirnseite der Düsennadel begrenzt ist, eine Verbindung zur fluiden Kommunikation zwischen dem  
5 ersten Steuerraum und dem zweiten Steuerraum, die als hydraulische Drossel ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel derart ausgebildet ist, dass bei einer Veränderung des Düsennadelhülsendurchmessers der Drosseldurchfluss sich im Verhältnis  $(d_{\text{neu}} / d_{\text{alt}})^2$  verändert.

10

Durch den ersten und den zweiten Steuerraum sowie die hydraulische Drossel zwischen den beiden Steuerräumen ist eine hydraulische Kopplung zwischen dem Piezoaktor und der Düsennadel möglich. Diese hydraulische Kopplung bewirkt vorteilhafterweise  
15 einen Spielausgleich und eine Hubübersetzung. Es können hiermit Temperatureffekte, Verschleiß an Kontaktstellen im Antrieb und durch Änderung des Polarisationszustandes des Piezoaktors bedingte Längenänderungen im Piezoinjektor ausgeglichen werden. Dies ermöglicht, den Piezoinjektor nahezu aus beliebigem  
20 Werkstoff zu fertigen, ohne thermische Ausdehnungseigenschaften des Werkstoffs berücksichtigen zu müssen. Durch die Drossel wird der Fluidfluss von dem ersten zu dem zweiten Steuerraum und umgekehrt gedämpft. Mittels des Drosseldurchflusses lässt sich die Düsennadelgeschwindigkeit beim Öffnen und Schließen be-  
25 einflussen und folglich die Bewegung des Piezoaktors zuverlässig auf die Düsennadel übertragen. Eine undefinierte Bewegung der Düsennadel ist somit reduzierbar.

30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Drossel derart ausgebildet, dass sich der Drosseldurchfluss mit zunehmendem Durchmesser der Einspritzlöcher verringert.

35

Bei größer werdendem Spritzlochdurchmesser, das heißt bei zunehmendem Düsendurchfluss, steigt die hydraulische Schließkraft der Düsennadel. Durch Vergrößern des Spritzlochdurchmessers, also größer werdendem Düsendurchflusses kann folglich der Durchfluss durch die hydraulische Drossel ver-

ringert werden und somit die Düsenadelschließgeschwindigkeit auf einen gewünschten Wert eingestellt werden.

5 Bevorzugt ist die Drossel derart ausgebildet, dass der Drosseldurchflusswert sich mit größer werdendem Übersetzungsverhältnis vom Piezoaktorhub zum Düsenadelhub verkleinert.

10 Die zum Öffnen der Düsenadel erforderliche Aktorkraft steigt mit größer werdendem Übersetzungsverhältnis von Piezoaktorhub zu Düsenadelhub, hierdurch nimmt auch das Überschwingen der Düsenadel zu. Reduziert sich der Drosseldurchfluss durch eine entsprechende Ausbildung der Drossel, wirkt sich das auf die zum Bewegen der Düsenadel erforderliche Aktorkraft aus, und folglich auf das Überschwingen der Düsenadel, welches dadurch  
15 gedämpft wird.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Bohrung der Drossel mittels Bohren oder Erodieren ausgebildet. Mittels dieser Fertigungstechniken lässt sich die Drosselbohrung schnell,  
20 wirtschaftlich und präzise herstellen. Desweiteren ist es sinnvoll, den Ein- und Auslauf der Drosselbohrung mittels eines hydroerosiven Schleifprozesses zu verrunden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Drossel derart  
25 ausgebildet, dass eine Durchflussrate durch die Drossel in einer Richtung unterschiedlich zu einer Durchflussrate durch die Drossel in die entgegengesetzte Richtung ist. Somit ist beispielsweise der Drosseldurchfluss bei Nadelöffnung unterschiedlich zum Drosseldurchfluss beim Nadelschließen. Insbesondere ist die Drossel so ausgebildet, dass die Dämpfung in  
30 Richtung Nadelschließen kleiner ist, als in Richtung Nadelöffnen. Somit ist ein schnelles Schließen der Düsenadel gewährleistet. Dadurch ist ein effizienter Betrieb der Brennkraftmaschine möglich.

35

Weitere Vorteile, Merkmale und Weiterbildungen ergeben sich aus dem nachfolgenden in Verbindung mit den Figuren erläuterten

Beispiel. Gleiche, gleichartige und gleichwirkende Elemente können dabei mit dem gleichen Bezugszeichen versehen sein.

Die Erfindung wird nun im Folgenden mit Bezug auf die beigefügten  
5 Zeichnungen näher beschrieben, es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Querschnitts-  
ansicht eines Piezoinjektors gemäß einer Ausführungsform und  
10 Figur 2 das Detail A aus Fig. 1, nämlich eine schematische  
Darstellung einer Querschnitts-  
ansicht, die die Verbindungsbohrung zwischen dem  
ersten und dem zweiten Steuerraum und die Drossel  
zeigt.

15

Figur 1 zeigt schematisch einen Piezoinjektor 100. Der  
Piezoinjektor 100 kann zum Einspritzen von Kraftstoff in eine  
Brennkraftmaschine dienen. Der Piezoinjektor 100 kann bei-  
spielsweise zum Einspritzen von Dieselkraftstoff in eine  
20 Common-Rail-Brennkraftmaschine dienen. Der Piezoinjektor 100  
kann auch zum Einspritzen von Benzin oder einem anderen  
Kraftstoff verwendet werden.

Der Piezoinjektor 100 weist ein Hochdruckanschluss 102 auf, über  
25 den unter hohem Druck stehender Kraftstoff zugeführt werden kann.  
Mit dem Hochdruckanschluss 102 ist eine Hochdruckbohrung 104 in  
einem Gehäuse 106 des Piezoinjektors 100 hydraulisch gekoppelt.  
Die Hochdruckbohrung 104 verläuft in Längsrichtung durch den  
Piezoinjektor 100 zu einem Hochdruckbereich 108.

30

Der Piezoinjektor 100 weist einen Aktorraum 110 auf, in dem ein  
Piezoaktor 112 angeordnet ist. Der Piezoaktor 112 ist bei-  
spielsweise ein vollaktiver Piezostapel. Der Piezoaktor 112  
weist eine zylindrische Form auf und kann über einen elektrischen  
35 Anschluss 114 mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt  
werden, um die Länge des Piezoaktors 112 in Längsrichtung zu  
ändern.

Im Hochdruckbereich 108 ist eine Düsennadel 116 angeordnet. Die Längenänderung des Piezoaktors 112 wird hydraulisch auf die Düsennadel 116 übertragen. Die Kopplung des Piezoaktors 112 mit der Düsennadel 116 wird nachfolgend in Verbindung mit der Figur 2 erläutert, die eine Detailansicht des Ausschnittes A der Figur 1 zeigt.

Der Piezoinjektor 100 weist eine Steuerkolbenbohrung 118 in einer Steuerplatte 120 auf, in der ein Steuerkolben 122 mit einem Durchmesser D 144 angeordnet ist. Der Steuerkolben 122 weist eine in Richtung des Piezoaktors 112 weisende Stirnseite 124 auf. Ein durch die Stirnseite 124 des Steuerkolbens 122 begrenzter Abschnitt und die Steuerkolbenbohrung 118 bilden einen ersten Steuerraum 126. An ihrem dem ersten Steuerraum 126 entgegengesetzten Längsende bildet die Steuerkolbenbohrung 118 einen Federraum 152. Der Steuerkolben 122 ist somit zwischen dem ersten Steuerraum 126 und dem Federraum 152 ausgebildet.

Im Federraum 152 befindet sich eine Feder 154. Die Feder 154 ist beispielsweise als Spiraldruckfeder ausgebildet. Ein erstes Längsende der Feder 154 stützt sich am Steuerkolben 122 ab. Ein zweites Längsende der Feder 154 stützt sich an einer Stirnseite der Steuerkolbenbohrung 118 ab. Die Feder 154 beaufschlagt den Steuerkolben 122 mit einer in Richtung des ersten Steuerraums 126 wirkenden Kraft.

Der Federraum 152 ist über eine Hochdruckverbindung (nicht gezeigt) mit dem Hochdruckbereich 108 verbunden. Somit befindet sich im Federraum 152 stets Kraftstoff mit dem in der Hochdruckbohrung 104 herrschenden Druck.

Zwischen dem Piezoaktor 112 und der Steuerkolbenbohrung 118 ist eine Leckagestift 128 angeordnet. Der Leckagestift 128 ist eingerichtet, um eine Längenänderung des Piezoaktors 112 auf den Steuerkolben 122 zu übertragen. Der Leckagestift 128 ist in der Bohrung einer Zwischenplatte 130 aufgenommen und geführt.

Im Hochdruckbereich 108 ist die Düsennadel 116 angeordnet, die im oberen Bereich eine Düsennadelhülse 132 führt. Ein in Richtung des Piezoaktors 112 weisendes Ende der Düsennadel 116 weist eine Stirnseite 134 auf. Oberhalb der Stirnseite 134 ist ein zweiter Steuerraum 136 ausgebildet, der durch die zweite Stirnseite 134 und durch die Düsennadelhülse 132 begrenzt wird. Die Düsennadelhülse 132 weist einen inneren Düsennadelhülsendurchmesser  $d$  133 auf, der gemeinsam mit der jeweiligen achsialen Lage der Düsennadel 116 das Volumen des zweiten Steuerraums 136 definiert. Der zweite Steuerraum 136 ist über eine Verbindung 142 mit dem ersten Steuerraum 126 hydraulisch verbunden.

Die Düsennadel 116 ist beispielsweise von einer Spiraldruckfeder mit einer vom zweiten Steuerraum 136 weggerichteten Kraft beaufschlagt.

Im geschlossenen Zustand des Piezoinjektors 100, wenn keine Einspritzung erfolgt, befindet sich die Düsennadel 116 in piezoaktorferner Achsiallage und verschließt Einspritzlöcher 138, die in der Düsen Spitze auf bekannte Weise ausgebildet sind. Der Piezoaktor 112 ist entladen und weist eine minimale Länge auf. Wird der Piezoaktor 112 über den elektrischen Anschluss 114 geladen und längt sich der Piezoaktor 112, so übt der Piezoaktor 112 über den Leckagestift 128 eine Kraft auf den Steuerkolben 122 aus, mittels welcher der Steuerkolben 122 in der Steuerkolbenbohrung 118 achsial in Richtung der Düsennadelspitze verlagert wird. Dadurch erhöht sich das Volumen des ersten Steuerraums 126, wodurch der Druck im ersten Steuerraum 126 und im zweiten Steuerraum 136 abnimmt. Somit übt der abfallende Druck im zweiten Steuerraum 136 eine nun reduzierte Kraft auf die zweite Stirnseite 134 der Düsennadel 116 aus. Der weiterhin auf das untere Ende der Düsennadel 116 wirkende Raildruck des Hochdruckbereichs 108 bewirkt in der Folge eine Bewegung der Düsennadel 116 nach oben in Richtung des zweiten Steuerraums 136. Dadurch öffnet der Piezoinjektor 100 und es erfolgt die Kraftstoff einspritzung durch die Einspritzlöcher 138.

Durch das Verhältnis des Durchmessers  $D$  144 des Steuerkolbens 122 und damit des Durchmessers des ersten Steuerraums 126 zum Durchmesser der Düsenadel 116 an ihrer Stirnseite 134 und damit zum inneren Düsenadelhülsendurchmesser  $d$  133 ist ein Übersetzungsverhältnis zwischen einer Längenänderung des Piezoaktors 112, dem Piezoaktorhub 148, und einem Düsenadelhub 150 festgelegt.

Wird der Piezoaktor 112 anschließend entladen und verkürzt sich damit wieder, so bewirken der im Federraum 152 herrschende hohe Druck und die durch die Feder 154 auf den Steuerkolben 122 ausgeübte Kraft einer Bewegung des Steuerkolbens 122 in Richtung des ersten Steuerraums 126. Dadurch erhöht sich der Druck im ersten Steuerraum 126 und damit auch der Druck im zweiten Steuerraum 136. Dies hat ein Zurückbewegen der Düsenadel 116 an das untere Ende des Piezoinjektors 100 zur Folge, durch die der Piezoinjektor 100 verschlossen und die Kraftstoffeinspritzung beendet wird.

In der Verbindung 142 zwischen dem ersten Steuerraum 126 und dem zweiten Steuerraum 136 ist eine Drossel 160 mit einem Innendurchmesser 158 angeordnet. Die Drossel 160 dämpft den Fluidfluss zwischen den beiden Steuerräumen 126 und 136. Dies verringert die Geschwindigkeit des Druckanstiegs im ersten Steuerraum 126 bei einer Aufwärtsbewegung der Düsenadel 116 in Richtung des zweiten Steuerraums 136, wodurch auch eine Schwingungsamplitude der Düsenadel 116 kleiner wird. Ferner wird dadurch eine zu starke Beschleunigung und ein Überschwingen der Düsenadel 116 vermieden. Diese können herkömmlich auftreten, da während der Öffnungsbewegung der Düsenadel 116 zur Einspritzung des Kraftstoffes der Druck im Sackloch unterhalb des Nadelsitzes sehr schnell auf nahezu den Druck in der Hochdruckbohrung 104 ansteigt, die Düsenadel stark beschleunigt und überschwingt. Mittels der Drossel 160 fällt die hydraulische Schließkraft an der Düsenadel 116 im gleichen Maße ab. Daraus folgt, dass die zum Öffnen der Düsenadel 116 erforderliche Kraft wesentlich größer ist, als die Kraft, die zum Halten der Düsenadel 116 in geöffneter Stellung notwendig ist. Der Piezoaktor 112 und der

hydraulische Pfad bis zum Sitz der Düsennadel 116 werden ab Beginn des Bestromens des Piezoaktors 112 bis zum Öffnen der Düsennadel 116 elastisch vorgespannt. Dabei wird der Druck in den beiden Steuerräumen 126 und 136 deutlich tiefer abgesenkt als zum Halten der Düsennadel 116 in geöffneter Stellung notwendig ist. Nach dem Abheben der Düsennadel 116 vom Sitz baut sich die elastische Vorspannung ab. Dadurch wird die Düsennadel 116 herkömmlich stark beschleunigt und schwingt über. Die daraus resultierende Schwingungsamplitude, die zu stark nicht linearen Kennlinien führt, die nachteilig für den instationären Betrieb der Brennkraftmaschine sind, können durch die Verwendung der Drossel 160 vermieden werden.

Durch die Drossel 160 ist es möglich, die Geschwindigkeit des Druckanstiegs im ersten Steuerraum 126 nach Abheben der Düsennadel 116 vom Sitz zu verringern. Dadurch wird auch die Schwingungsamplitude der Düsennadel 116 kleiner. Die Durchflussrate durch die Drossel 160 wird abhängig von den Bestromungsprofilen des Piezoaktors 112 vorgegeben, sodass die Mengenkennlinien auch ohne Nutzung eines Nadelanschlags für die Düsennadel 116 eine ausreichende Linearität besitzen. Ein Überschwingen Düsennadel 116 wird gedämpft und somit Linearität der Mengenkennlinien erhöht. Es ist damit möglich auf einen Nadelanschlag zu verzichten, der die Nadelschwingungen begrenzt. Es ist somit auch bei kleineren Einspritzmengen möglich, die Nadelschwingungen der Düsennadel 116 zu reduzieren.

Der Volumenstrom durch die Drossel 160 zur Erzielung einer bestimmten Nadelgeschwindigkeit hängt desweiteren wesentlich vom Innendurchmesser 133 der Düsennadelhülse ab und ist auch somit wesentlich bestimmend für den erforderlichen Drosseldurchfluss. Beispielsweise weist die Düsennadelhülse 132 einen Düsennadelhülsendurchmesser 133 von 3,6 mm auf bei einem Drosseldurchflusswert von 250 bis 350 ml/min und einer Druckdifferenz von 100 zu 60 bar. Durch eine Veränderung des Düsennadelhülsendurchmessers 133 ändert sich der Drosseldurchfluss im Verhältnis  $(d_{\text{neu}}/d_{\text{alt}})^2$ , da das durch die Düsennadelbewegung transportierte Flüssigkeitsvolumen pro-

portional zur Querschnittsfläche der Düsennadelhülse ist. Durch eine Verkleinerung des Düsennadelhülsendurchmessers 133 wird also der Drosseldurchfluss verringert. Bei  $d_{alt}$  handelt es sich dabei um den ursprünglichen Düsennadelhülsendurchmesser 133, 5  $d_{neu}$  bezeichnet den veränderten Düsennadeldurchmesser 133.

Desweiteren ist es möglich die Durchmesser der Einspritzlöcher 138 zu vergrößern, wodurch sich der Düsendurchfluss vergrößert, was zu einem Anstieg der hydraulischen Schließkraft der Dü- 10 sennadel 116 führt. Ein gewünschter Sollwert der Nadel-schließgeschwindigkeit kann dadurch erreicht werden, dass der Durchfluss durch die Drossel 160 durch eine Vergrößerung der Spritzlochdurchmesser 134 verringert wird.

Desweiteren stehen der Drosseldurchfluss und das Überset- 15 zungsverhältnis von Piezoaktorhub 148 zu Düsennadelhub 150 miteinander in Verbindung. Mit größer werdendem Überset-zungsverhältnis von Piezoaktorhub 148 zu Düsennadelhub 150 steigt die erforderliche Aktorkraft zum Öffnen der Düsennadel an 20 und folglich nimmt das Überschwingen der Düsennadel 116 zu. Erfolgt eine Verkleinerung des Drosseldurchflusses kann diese Wirkung kompensiert werden.

Mittels der Drossel 160 wird die Bewegung des Steuerkolbens 122 25 gedämpft. Mittels der Drossel 160 wird ebenfalls die Bewegung der Düsennadel 116 gedämpft. Folglich folgt die Düsennadel 116 beim Öffnen des Piezoinjektors 100 und beim Offenhalten verlässlich der Bewegung des Steuerkolbens 122. Die Herstellung einer 30 derartigen Drossel 160 erfolgt beispielsweise durch Bohren oder durch Erodieren. Gemäß Ausführungsformen wird der Ein- und Auslauf der Drossel 160 mittels eines hydroerosiven Schleifprozesses verrundet. Dadurch wird ein stabiler Drosseldurchfluss über die Lebensdauer der Drossel 160 gewährleistet.

Gemäß Ausführungsform ist die Drossel 160 ausgebildet, sodass die 35 Drosseldurchflussrate in Strömungsrichtung durch die Verbindung 142 beim Öffnen der Düsennadel 116 unterschiedlich ist zu der Durchflussrate in Strömungsrichtung durch die Verbindung 142

beim Schließen der Düsennadel 116. Insbesondere ist die Durchflussrate in Richtung des zweiten Stellerraums 136 kleiner als in Richtung zu dem ersten Stellerraum 126.

5 Der Durchfluss durch die Drossel 160 ist also in Abhängigkeit des Düsennadelhülsendurchmessers  $d$  133, des hydraulischen Durchflusses der Düse, also mittels der Grösse der Einspritzlöcher 138, bzw. des Übersetzungsverhältnisses zwischen Piezoaktor 112 und Düsennadel 116 ausgelegt, in der Weise, dass einerseits das  
10 Überschwingen der Düsennadel 116 ausreichend gedämpft ist und andererseits die Geschwindigkeit der Düsennadel 116 insbesondere beim Nadelschliessen ausreichend gross bleibt. Durch zusätzliche Kombination mit geeigneten Stromprofilen für das Laden des Piezoaktors 112 erzielt man dadurch Mengenkennlinien mit  
15 ausreichender Linearität.

## Bezugszeichenliste

	100	Piezoinjektor	
	102	Hochdruckanschluss	
5	104	Hochdruckbohrung	
	106	Gehäuse	
	108	Hochdruckbereich	
	110	Aktorraum	
	112	Piezoaktor	
10	114	elektrischer Anschluss	
	116	Düsennadel	
	118	Steuerkolbenbohrung	
	120	Steuerplatte	
	122	Steuerkolben	
15	124	Stirnseite des Steuerkolbens 122	
	126	erster Steuerraum	
	128	Leckagestift	
	130	Zwischenplatte	
	132	Düsennadelhülse	
20	133	Düsennadelhülsendurchmesser d	
	134	zweite Stirnseite der Düsennadel 116	
	136	zweiter Steuerraum	
	138	Einspritzloch	
	142	Verbindung	
25	144	Durchmesser D Steuerkolben 122	
	148	Piezoaktorhub	
	150	Düsennadelhub	
	152	Federraum	
	154	Feder	
30	158	Innendurchmesser Drossel 160	
	160	Drossel	

## Patentansprüche

1. Piezoinjektor (100) mit einem Aktorraum (110), in dem ein Piezoaktor (112) angeordnet ist,  
5 einer Steuerkolbenbohrung (118), in der ein Steuerkolben (122) mit einer Stirnseite (124) angeordnet ist,  
einem Leckagestift (136), der zwischen dem Piezoaktor (112) und der Stirnseite (124) des Steuerkolbens (122) angeordnet ist, um den Piezoaktor (112) mit dem Steuerkolben (122) zu koppeln,  
10 einem ersten Steuerraum (126), der durch einen von der Stirnseite 124 des Steuerkolbens (122) begrenzten Abschnitt und der Steuerkolbenbohrung (118) gebildet ist,  
einer Düsenadel (116) zum Öffnen und Schliessen von Einspritzlöchern (138) mit einer Stirnseite (134), wobei die  
15 Düsenadel (116) eine Düsenadelhülse (132) mit einem Düsenadelhülsendurchmesser 133 führt,  
einem zweiten Steuerraum (136), der durch die Düsenadelhülse (132) und die Stirnseite (134) der Düsenadel (116) begrenzt ist,  
einer Verbindung (142) zur fluiden Kommunikation zwischen dem  
20 ersten Steuerraum (126) und dem zweiten Steuerraum (136), die als hydraulische Drossel (160) ausgebildet ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass bei einer  
Veränderung des Düsenadelhülsendurchmessers  $d_{133}$  der Drosseldurchfluss sich im Verhältnis  $(d_{\text{neu}}/d_{\text{alt}})^2$  verändert.  
25
2. Piezoinjektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass sich der Drosseldurchfluss mit zunehmendem Durchmesser der Einspritzlöcher 138 verringert.  
30
3. Piezoinjektor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass der Drosseldurchflusswert sich mit größer werdendem  
35 Übersetzungsverhältnis von Piezoaktorhub (148) zu Düsenadelhub (150) verkleinert.

4. Piezoinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrung der Drossel (160) mittels Bohren oder Erodieren ausgebildet ist.

5 5. Piezoinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass eine Durchflussrate durch die Drossel (160) in einer Richtung unterschiedlich zu einer Durchflussrate durch die Drossel in die entgegengesetzte Richtung ist.

10

6. Piezoinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (160) derart ausgebildet ist, dass die Durchflussrate in Richtung des zweiten Steuerraums (136) kleiner ist als die Durchflussrate in Richtung des ersten  
15 Steuerraums (126).

1/2

FIG 1

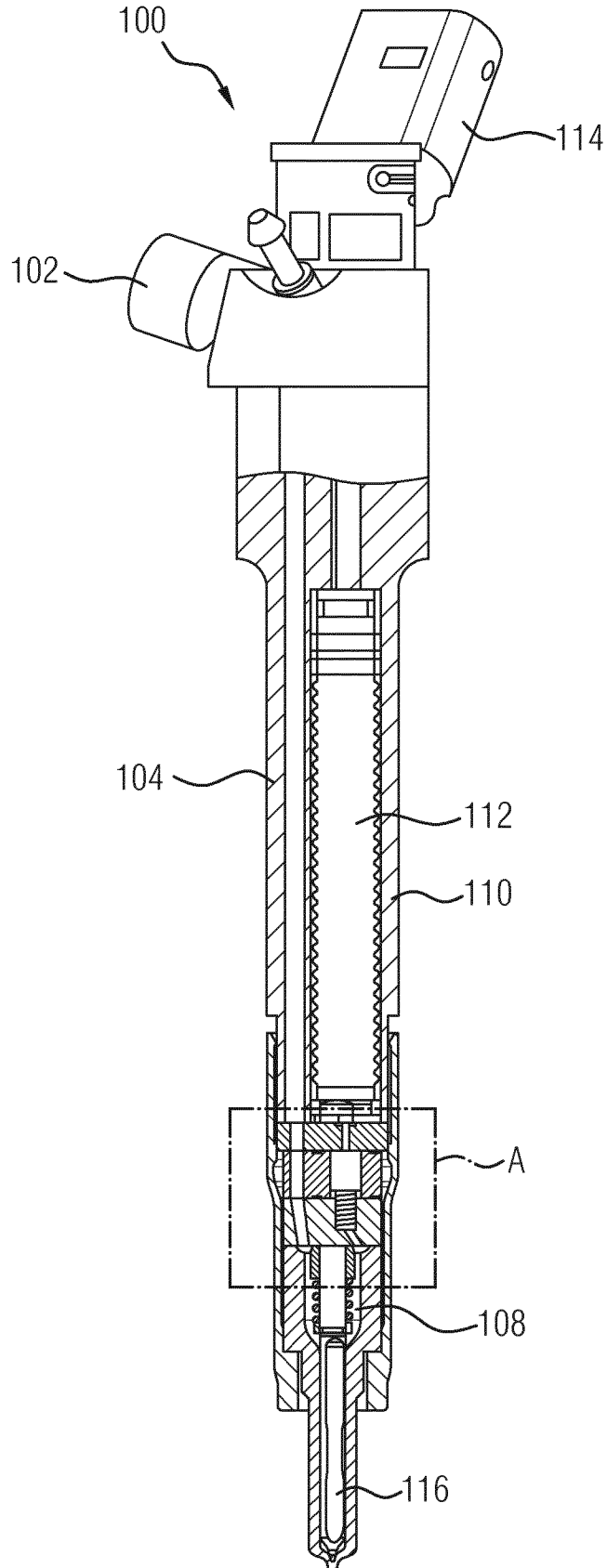
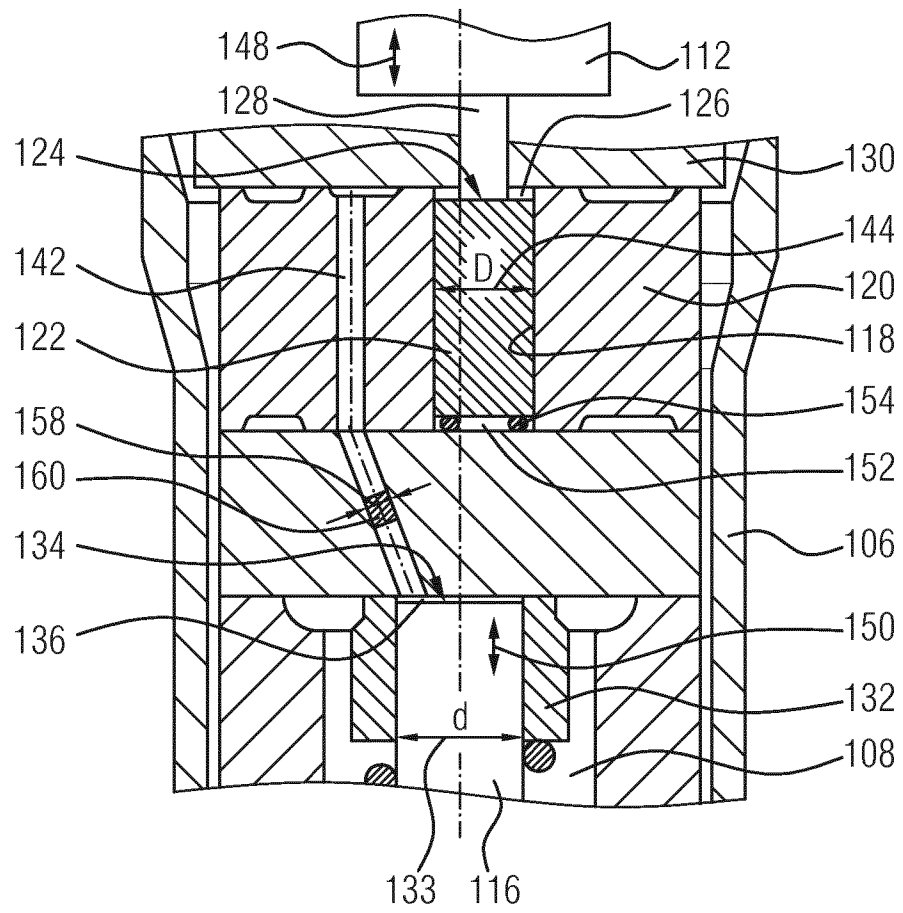


FIG 2



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2016/080213

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. F02M51/06 F02M61/16  
 ADD.  
 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

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 practicable, search terms used)  
 EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015/292462 A1 (JAGANI JIGNESH [DE] ET AL) 15 October 2015 (2015-10-15) paragraph [0041] - paragraph [0048]; figures 2,4 abstract	1-6
A	DE 10 2011 079468 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24 January 2013 (2013-01-24) paragraph [0019] - paragraph [0042]; figures 1,2 abstract	1-6
A	WO 2014/198510 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 18 December 2014 (2014-12-18) the whole document	1-6

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 application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  24 February 2017	Date of mailing of the international search report  02/03/2017
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

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  Hermens, Sjoerd
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/080213

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015292462 A1	15-10-2015	CN 104838130 A	12-08-2015
		DE 102012222509 A1	12-06-2014
		EP 2929173 A1	14-10-2015
		US 2015292462 A1	15-10-2015
		WO 2014086933 A1	12-06-2014
-----			
DE 102011079468 A1	24-01-2013	CN 103649519 A	19-03-2014
		DE 102011079468 A1	24-01-2013
		EP 2734724 A1	28-05-2014
		US 2014251276 A1	11-09-2014
		WO 2013010929 A1	24-01-2013
-----			
WO 2014198510 A1	18-12-2014	CN 105431627 A	23-03-2016
		DE 102013210843 A1	11-12-2014
		EP 3008326 A1	20-04-2016
		US 2016146172 A1	26-05-2016
		WO 2014198510 A1	18-12-2014
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02M51/06 F02M61/16 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) F02M		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/292462 A1 (JAGANI JIGNESH [DE] ET AL) 15. Oktober 2015 (2015-10-15) Absatz [0041] - Absatz [0048]; Abbildungen 2,4 Zusammenfassung	1-6
A	DE 10 2011 079468 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 24. Januar 2013 (2013-01-24) Absatz [0019] - Absatz [0042]; Abbildungen 1,2 Zusammenfassung	1-6
A	WO 2014/198510 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 18. Dezember 2014 (2014-12-18) das ganze Dokument	1-6
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
24. Februar 2017		02/03/2017
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  Hermens, Sjoerd

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/080213

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015292462 A1	15-10-2015	CN 104838130 A	12-08-2015
		DE 102012222509 A1	12-06-2014
		EP 2929173 A1	14-10-2015
		US 2015292462 A1	15-10-2015
		WO 2014086933 A1	12-06-2014
-----			
DE 102011079468 A1	24-01-2013	CN 103649519 A	19-03-2014
		DE 102011079468 A1	24-01-2013
		EP 2734724 A1	28-05-2014
		US 2014251276 A1	11-09-2014
		WO 2013010929 A1	24-01-2013
-----			
WO 2014198510 A1	18-12-2014	CN 105431627 A	23-03-2016
		DE 102013210843 A1	11-12-2014
		EP 3008326 A1	20-04-2016
		US 2016146172 A1	26-05-2016
		WO 2014198510 A1	18-12-2014
-----			