

(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
27. September 2012 (27.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/126736 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/053960

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. März 2012 (08.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 005 934.2 23. März 2011 (23.03.2011) 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): **KATZENBERGER,
Michael** [DE/DE]; Carl-Thiel-str. 5, 93053 Regensburg
(DE). **HOFFMANN, Robert** [DE/DE]; Fürstenzellerstr.

25, 94099 Ruhstorf/Rott (DE). **RUSCHEINSKI, Simon**
[DE/DE]; Amselstrasse 2, 94369 Rain (DE).

(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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
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.

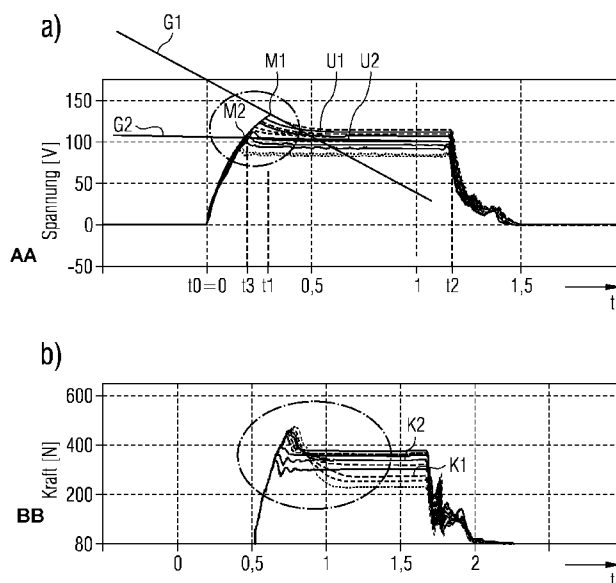
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE FORCE CONDITIONS AT THE NOZZLE NEEDLE OF A DIRECTLY
DRIVEN PIEZO INJECTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER KRAFTVERHÄLTNISSE AN DER DÜSENNADEL EINES
DIREKT GETRIEBENEN PIEZOINJEKTORS

FIG 2



AA Voltage
BB Force

(57) Abstract: The invention relates to a method for
determining the force acting on the nozzle needle of a directly
driven piezo injector, in which an electrical voltage is built on
the piezo actuator which drives the nozzle needle by means of
a charging process. After the charging process has ended, the
voltage at the piezo actuator is measured again. A voltage
gradient is determined from consecutive voltage values.
Conclusions of the force acting on the nozzle needle are
drawn from the voltage gradients.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren
zur Ermittlung der auf die Düsenadel eines direkt
getriebenen Piezoinjektors wirkenden Kraft, bei welchem
mittels eines Ladevorganges eine elektrische Spannung an
dem die Düsenadel treibenden Piezoaktor aufgebaut wird.
Nach dem Ende des Ladevorganges erfolgt eine wiederholte
Messung der am Piezoaktor anliegenden Spannung. Aus
aufeinanderfolgenden Spannungswerten wird ein
Spannungsgradient ermittelt. Aus dem Spannungsgradienten
werden Rückschlüsse auf die auf die Düsenadel wirkende
Kraft gezogen.



GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Beschreibung

Verfahren zur Ermittlung der Kraftverhältnisse an der Düsennadel
5 eines direkt getriebenen Piezoinjektors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Kraftver-
hältnisse an der Düsennadel eines direkt getriebenen Piezoinjek-
10 tors.

Kraftstoffeinspritzsysteme der neuen Generation arbeiten meist
nach dem Common-Rail-Prinzip und enthalten oftmals piezoe-
lektrisch betriebene Injektoren. Dabei sind an jeder Brennkammer
15 des jeweiligen Verbrennungsmotors einer oder mehrere derartige
Piezoinjektoren vorgesehen, welche gezielt geöffnet und ge-
schlossen werden können. Bei geöffneten Injektoren gelangt
Kraftstoff in das Innere der Brennkammer und verbrennt dort.
Sowohl aus verbrennungstechnischer Sicht als auch aus abgas-
20 technischer Sicht als auch aus Komfortgründen bedarf es einer
möglichst genauen Bestimmung der jeweils eingespritzten
Kraftstoffmenge.

Aus der WO 2009/010374 A1 sind bereits ein Verfahren und eine
25 Vorrichtung zur Formung eines elektrischen Steuersignals für
einen Einspritzimpuls eines Kraftstoffinjektors bekannt. Dieses
elektrische Steuersignal betätigt einen piezoelektrischen
Aktor, um eine vorgegebene Kraftstoffmenge in einen Zylinder
einer Brennkraftmaschine einzuspritzen. Mit Hilfe des Kur-
30 venverlaufes des elektrischen Steuersignals wird eine Ein-
spritzrate des Kraftstoffinjektors in Abhängigkeit insbesondere
vom Raildruck, vom Hubweg und/oder der Öffnungsdauer des
Kraftstoffinjektors geregelt. Für wenigstens eine einzu-
spritzende Kraftstoffteilmenge ist der Verlauf des elektrischen
35 Steuersignals bezüglich wenigstens einer Impulsflanke und/oder
einer Amplitude frei formbar. Die Formung des Einspritzimpulses
ist derart ausgebildet, dass die vorgegebene einzuspritzende

Kraftstoffmenge unabhängig vom Verlauf des elektrischen Steuersignals konstant gehalten wird.

Bei einer Ratenverlaufsformung des Kraftstoffes ist es wichtig,
5 die von der Brennkraftmaschine zur Gemischbildung geforderten Einspritzmengen mit engen Toleranzen einzuhalten, um die Schadstoffemissionen und den Kraftstoffverbrauch des jeweiligen Kraftfahrzeugs in gewünschter Weise zu beeinflussen.

10 Ein wesentlicher Aspekt bei der Ratenverlaufsformung ist der sogenannte Teilhubbetrieb. Dabei wird die Düsennadel in einer Mittelposition zwischen dem Düsensitz (Einspritzventil geschlossen) und der Endhubposition (Einspritzventil maximal geöffnet) der Düsennadel gehalten, um den Kraftstoffdurchfluss
15 durch die Düse und damit die Gemischbildung zu beeinflussen.

In der Praxis besteht ein Problem darin, den genannten Teilhub exakt einzustellen und zu erreichen, dass die von der Brennkraftmaschine geforderte Einspritzmenge als Integral des
20 einspritzdüsennadelhubabhängigen Kraftstoffdurchflusses durch die Düse gewährleistet werden kann. Dieses Problem basiert darauf, dass sich im Teilhubbetrieb Bauteiltoleranzen des Injektors sowie unterschiedliche Umgebungsbedingungen (Druck, Temperatur) beim Betrieb des Injektors in einer Brennkraft-
25 maschine aufgrund der Steilheit der Durchflusskennlinie der Düse, aufgetragen über den Nadelhub, tendenziell stärker auswirken als dies bei einem Vollhubbetrieb des Injektors der Fall ist.

30 In Brennkraftmaschinen werden die Vorteile einer Ratenverlaufsformung und deren Einflüsse auf die Abgasemissionen überwiegend an Brennkraftmaschinen untersucht, in welchen mittels externer Sensoren der Zylinderdruck, verschiedene Temperaturen und zum Teil auch der Nadelhub überwacht werden.
35 Eine Verwendung derartiger Sensoren ist kostenaufwendig und soll deshalb in Kraftfahrzeugen aus Kostengründen nicht erfolgen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Ermittlung der auf die Düsennadel eines direkt getriebenen Piezoinjektors wirkenden Kraft anzugeben.

- 5 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.
- 10 Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zur Ermittlung der auf die Düsennadel eines direkt getriebenen Piezoinjektors wirkenden Kraft zur Verfügung gestellt, bei welchem während des Öff-
- 15 nungsvorganges und in einem Teilhubbetrieb mittels eines Ladevorganges eine elektrische Spannung an dem die Düsennadel treibenden Piezoaktor aufgebaut wird und bei welchem nach dem Ende des Ladevorganges eine wiederholte Messung der am Piezoaktor anliegenden Spannung erfolgt, aus aufeinanderfolgenden Spannungsmesswerten ein Spannungsgradient ermittelt wird und aus dem Spannungsgradienten Rückschlüsse auf die auf die Düsennadel
- 20 wirkende Kraft gezogen werden.

- Die ermittelte Information über die auf die Düsennadel wirkende Kraft kann in vorteilhafter Weise dazu verwendet werden, Rückschlüsse auf den Hub der Düsennadel zu ziehen. Eine Kenntnis
- 25 des Hubes der Düsennadel wiederum erlaubt es, den Kraftstoffdurchfluss durch den Piezoinjektor zu ermitteln. Aus dem Kraftstoffdurchfluss kann schließlich die eingespritzte Kraftstoffmenge durch eine Integralbildung ermittelt werden. Dies wiederum erlaubt eine exakte Einstellung eines Teilhub-
- 30 betriebes, um am Ende des Arbeitsspiels die von der Brennkraftmaschine geforderte Einspritzmenge als Integral des einspritzdüsenadelhubabhängigen Kraftstoffflusses durch die Düse zu gewährleisten, obwohl sich bei dieser Betriebsart die Bauteiltoleranzen im Injektor sowie unterschiedliche Umge-
- 35 bungsbedingungen beim Betrieb des Injektors in der Brennkraftmaschine durch die Steilheit der über den Nadelhub aufgetragenen Durchflusskennlinie der Düse tendenziell stärker auswirken als bei einem Vollhubbetrieb.

Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung ergeben sich aus deren nachfolgender Erläuterung anhand der Figuren. Es zeigt

- 5 Figur 1 eine Skizze zur Erläuterung des Aufbaus eines Piezoinjektors, bei welchem ein Verfahren gemäß der Erfindung verwendet werden kann, und
- 10 Figur 2 Diagramme zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen der am Piezoaktor anliegenden Spannung, der am Piezoaktor anliegenden Kraft, dem resultierenden Nadelhub und der daraus resultierenden Einspritzrate.

Die Figur 1 zeigt eine Skizze zur Erläuterung des Aufbaus eines Piezoinjektors, bei welchem ein Verfahren gemäß der Erfindung
15 verwendet werden kann. Der dargestellte Piezoinjektor weist einen Piezoaktor 1, einen Pin 2, ein Hebelgehäuse 3, eine Glocke 4, einen Hebel 5, eine Zwischenscheibe 6, eine Düsenadelfeder 7, eine Düsennadel 8 und einen Düsenkörper 9 auf.

20 Der Piezoaktor 1 besteht aus einer Vielzahl einzelner dünner Schichten, die sich bei einem Anlegen einer elektrischen Spannung ausdehnen, d. h. sie übersetzen eine angelegte elektrische Spannung in mechanische Arbeit bzw. Energie. Um-
25 gekehrt rufen mechanische Beeinflussungen des Piezoaktors elektrische Signale hervor, die gemessen werden können. Die erreichbare Ausdehnung eines Piezoaktors ist abhängig von Parametern, zu denen seine nominelle Länge, die Anzahl seiner Schichten, die Güte der erfolgten Polarisierung und das Ver-
30 hältnis seiner aktiven Fläche zu seiner Gesamtfläche gehören. Ist ein Piezoaktor aufgeladen, dann verharrt er für die Dauer der jeweiligen Einspritzung in seiner erreichten Ausdehnung.

Bei dem in der Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es
35 sich um einen Piezoinjektor, bei dem die Düsennadel 8 durch den Piezoaktor 1 direkt angetrieben wird. Zu diesem Zweck ist der Piezoaktor 1 über den Pin 2, die Glocke 4 und den Hebel 5, bei denen es sich um steife, formschlüssig geführte Koppellemente

handelt, unmittelbar mit der Düsenadel 8 verbunden. Durch diese unmittelbare Verbindung der Düsenadel mit dem Piezoaktor wird ein rückwirkender Krafteintrag von der Nadelbewegung auf den Piezoaktor ermöglicht, der im Kapazitätsverlauf erkennbar ist.

5 Jeder Krafteintrag in den Piezoaktor äußert sich in einer Änderung der gemessenen Kapazität.

Der Düsenkörper 9 dehnt sich temperaturabhängig aus. Der Zweck der Düsenadelfeder 7 besteht darin, die Düsenadel 8 in ihrem
10 Sitz zu halten. Die genannte Ausdehnung des Düsenkörpers 9 in Richtung seiner Längsachse, die sogenannte Düsenlängung, beeinflusst den maximalen Nadelhub. Auch der im nicht gezeichneten Rail herrschende Raildruck bewirkt eine Längung des Düsenkörpers und eine Stauchung der Düsenadel.

15

Bei einem Nadelöffnungsvorgang erfolgt zunächst ein Aufladen des Piezoaktors 1 durch ein Bestromen desselben. Nach einem Überwinden des Leerhubes wird die Ausdehnung des Piezoaktors 1 über den Pin 2 auf die Glocke 4 übertragen, wobei der Pin 2 im
20 Hebelgehäuse 3 geführt wird. Die Glocke 4 drückt beidseits symmetrisch auf den Hebel 5, der ein Hebelpaar bildet. Diese Hebel rollen auf der Zwischenscheibe 6 nach Art einer Wippe. Der jeweilige Angriffspunkt der beiden Hebel liegt in einer Einkerbung der Düsenadel 8.

25

Durch die vorstehend beschriebene Mechanik wird die axiale Druckkraft des Piezoaktors 1 auf die Düsenadel 8 übertragen. Die Düsenadel wird aus ihrem Sitz gehoben, sobald die Hebelkraft größer ist als die Summe aus der Federkraft und der hydraulischen
30 Kraft und die Elastizität des Düsenkörpers 9 nicht mehr für ein Nacheilen des Nadelsitzes mit der Düsenadel sorgt.

Nach einem definierten Weg trifft der Nadelanschlag auf die Zwischenscheibe. Es baut sich eine Kontaktkraft auf, die auf den
35 Piezoaktor 1 zurückwirkt.

Mit derartigen Piezoaktoren 1 ist es möglich, die Düsenadel 8 nur teilweise aus ihrem Sitz zu heben und im sogenannten Teilhub

zu halten. Der freigegebene Durchflussquerschnitt zwischen der Düsennadel und dem Düsenkörper ist dabei kleiner als die Summe der Querschnitte aller Düsenlöcher.

5 Die Figur 2 zeigt Diagramme zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen der am Piezoaktor anliegenden Spannung, der am Piezoaktor anliegenden Kraft, dem resultierenden Nadelhub und der daraus resultierenden Einspritzrate. Bei diesem Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, dass in dem Rail, aus
10 welchem die Kraftstoffversorgung des Piezoinjektors erfolgt, ein Druck von 1000 bar herrscht, und das Piezoinjektor in einem Teilhubbetrieb arbeitet.

In der Figur 2a ist der Verlauf der am Piezoinjektor anliegenden
15 Spannung U während des Teilhubbetriebes in Abhängigkeit von der Zeit t gezeigt, und zwar für mehrere verschiedene, am Piezoinjektor anliegende Spannungen. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf die in der Figur 2a gezeigten Spannungen U_1 und U_2 .

20 Aus der Figur 2a ist ersichtlich, dass das Laden des Piezoinjektors zu einem Zeitpunkt $t_0 = 0$ beginnt. Im Rahmen des Ladevorganges steigt die am Piezoaktor anliegende Spannung U_1 bis auf einen Maximalwert M_1 an. An diesem Zeitpunkt endet der
25 Ladevorgang. Nach dem Erreichen des Maximums M_1 sinkt der Spannungswert U_1 wieder ab, erreicht einen konstanten Spannungswert und verbleibt bis zum Zeitpunkt t_2 auf diesem. Ab dem Zeitpunkt t_2 erfolgt ein aktives Entladen des Piezoaktors. Folglich sinkt die am Piezoaktor anliegende Spannung wieder auf
30 0 V ab.

Liegt im Rahmen des Ladevorganges am Piezoaktor eine Spannung U_2 an, dann erfolgt ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0$ ein Spannungsanstieg am Piezoaktor bis zu einem Maximalwert M_2 , welcher kleiner ist als
35 der Maximalwert M_1 . Nach dem Erreichen des Maximums M_2 verbleibt der Spannungswert der Spannung U_2 auf ein und demselben Spannungswert, der dem Maximalwert M_2 entspricht.

Bei der vorliegenden Erfindung werden die in der Figur 2a gezeigten Verläufe der am Piezoaktor anliegenden Spannung verwendet, um Rückschlüsse auf die am Piezoaktor anliegende Kraft zu ziehen.

5

Zu diesem Zweck erfolgt nach dem Ende des Ladevorganges, d. h. beim Erreichen des Maximalwertes M1 bzw. M2 eine Spannungsmessung. Aus den gemessenen darauf folgenden Spannungswerten wird ein Spannungsgradient ermittelt (siehe G1 und G2 in Figur 2a). Aus diesem Spannungsgradienten werden Rückschlüsse auf die auf der Düsennadel wirkende Kraft gezogen. Dazu wird mittels des genannten Spannungsgradienten eine im voraus abgespeicherte Datenbank adressiert, in welcher für den gegebenen Kraftstoffdruck einer Vielzahl von Spannungsgradienten jeweils ein Kraftwert zugeordnet ist.

In der Figur 2b ist der Verlauf der auf den Piezoaktor wirkenden Kraft während des Teilhubbetriebes über der Zeit t aufgetragen, und zwar wiederum für die mehreren verschiedenen, am Piezoinjektor anliegenden Spannungen. Der in der Figur 2b gezeigte Kraftverlauf K1 ist dem in der Figur 2a gezeigten Spannungsverlauf U1 zugeordnet. Der in der Figur 2b gezeigte Kraftverlauf K2 ist dem in der Figur 2a gezeigten Spannungsverlauf U2 zugeordnet. Es ist ersichtlich, dass der Kraftverlauf K1 den Spannungsverlauf U1 widerspiegelt und dass der Kraftverlauf K2 den Spannungsverlauf U2 widerspiegelt. So tritt sowohl bei U1 als auch bei K1 nach dem Erreichen des jeweiligen Maximums jeweils ein deutlicher Rückgang des Amplitudenwertes auf, so dass der aus aufeinanderfolgenden Spannungs- bzw. Kraftwerten abgeleitete Gradient vergleichsweise groß ist. Bei U2 und auch bei K2 hingegen weichen die aufeinanderfolgenden Werte der Spannung bzw. der Kraft allenfalls geringfügig voneinander ab, so dass der Gradient etwa den Wert 1 hat.

In einer im voraus abgespeicherten Datenbank sind nunmehr Datensätze abgespeichert, die für einen vorgegebenen Druckwert einer Vielzahl von Spannungsgradienten jeweils einen Kraftwert zuordnen. Mittels eines ermittelten Spannungsgradienten kann

folglich diese Datenbank adressiert werden, um einen jeweils zugehörigen Kraftwert zu ermitteln.

Die ermittelten Kraftwerte werden vorzugsweise ihrerseits dazu
5 verwendet, eine weitere im voraus abgespeicherte Datenbank zu adressieren. In dieser weiteren Datenbank sind wiederum für einen vorgegeben Raildruckwert einer Vielzahl von Kraftwerten jeweils ein Wert für den Nadelhub zugeordnet.

10 Dies wird anhand der Figur 2c veranschaulicht, in welcher der Hub der Düsenadel über der Zeit t aufgetragen ist. Der der Kraft $K1$ entsprechende Verlauf des Hubes ist mit $H1$ bezeichnet, der der Kraft $K2$ entsprechende Verlauf des Hubes ist mit $H2$ bezeichnet. Aus einem Vergleich der Figuren 2b und 2c ist erkennbar, dass ein
15 größerer Kraftgradient, wie er in der Kurve $K1$ auftritt, zu einem größeren Hub führt, während ein kleiner Kraftgradient, wie er in der Kurve $K2$ auftritt, nur zu einem kleinen oder gar keinem Nadelhub führt, wie es in der Figur 2c durch die Kurve $H2$ veranschaulicht ist.

20

Auch bezüglich des Paares Kraft-Nadelhub ist eine Datenbank vorgesehen, in welcher für einen vorgegebenen Wert des Raildruckes einer Vielzahl von Kraftwerten jeweils ein Hubwert zugeordnet ist. Diese Datenbank kann folglich mittels eines
25 Kraftwertes adressiert werden, um einen zugehörigen Hubwert zu ermitteln.

Aus diesem Hubwert wiederum können Rückschlüsse auf einen zugehörigen Kraftstoffdurchfluss bzw. eine zugehörige Kraftstoffdurchflussrate gezogen werden. So sind in der Figur 2d
30 mehrere Kraftstoffdurchflussratenverläufe gezeigt, von denen einer mit dem Bezugszeichen $R1$ und ein anderer mit dem Bezugszeichen $R2$ bezeichnet ist. Der Verlauf $R1$ ist dem in der Figur 2c gezeigten Verlauf $H1$ zugeordnet, der Verlauf $R2$ dem in der
35 Figur 2c gezeigten Verlauf $H2$. Es ist ersichtlich, dass ein großer Nadelhub auch zu einer großen Durchflussrate führt.

Diese Zuordnung zwischen Nadelhub und Durchflussrate ist wiederum in einer im voraus abgespeicherten Datenbank getroffen, in welcher für einen vorgegebenen Wert des Raildruckes eine Vielzahl von Hubwerten und ein jeweils zugehöriger Durch-

5 flussratenwert hinterlegt sind. Mittels eines Raildruckwertes kann die genannte Datenbank adressiert werden, um einen jeweils zugehörigen Durchflussratenwert zu ermitteln.

Aus dem Durchflussratenwert können schließlich durch eine

10 Integralbildung Rückschlüsse auf die jeweils eingespritzte Kraftstoffmenge gezogen werden. Anhand dieser Werte für die eingespritzte Kraftstoffmenge kann dann eine Regelung des Teilhubbetriebes vorgenommen werden, durch welche sicherge-

15 stellt ist, dass stets die jeweils gewünschte Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Dies wiederum hat den Vorteil, dass die genannte Teilhubansteuerung mit ihren emissionstechnischen Vorteilen im kompletten Last/Drehzahlbereich verwendet werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der auf die Düsennadel eines direkt getriebenen Piezoinjektors wirkenden Kraft, bei welchem mittels
5 eines Ladevorganges eine elektrische Spannung an dem die Düsennadel treibenden Piezoaktor aufgebaut wird, dadurch gekennzeichnet, dass
- nach dem Ende des Ladevorganges eine wiederholte Messung der am Piezoaktor anliegenden Spannung erfolgt,
 - 10 - aus aufeinanderfolgenden Spannungswerten ein Spannungsgradient ermittelt wird und
 - aus dem Spannungsgradienten Rückschlüsse auf die auf die Düsennadel wirkende Kraft gezogen werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verwendung des ermittelten Spannungsgradienten eine Datenbank adressiert wird, in welcher einer Vielzahl von Spannungsgradienten jeweils ein Kraftwert zugeordnet ist.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem ermittelten Kraftwert Rückschlüsse auf den Hub der Düsennadel gezogen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass unter
25 Verwendung des ermittelten Kraftwertes eine Datenbank adressiert wird, in welcher einer Vielzahl von Kraftwerten jeweils ein Hubwert zugeordnet ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass
30 aus dem Hub der Düsennadel Rückschlüsse auf den Kraftstoffdurchfluss gezogen werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass unter
Verwendung des ermittelten Hubwertes eine Datenbank adressiert
35 wird, in welcher einer Vielzahl von Hubwerten jeweils ein Kraftstoffdurchflusswert zugeordnet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Kraftstoffdurchflusswert Rückschlüsse auf die eingespritzte Kraftstoffmenge gezogen werden.

5

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückschlüsse auf die eingespritzte Kraftstoffmenge durch eine Integralbildung des Kraftstoffdurchflusswertes gezogen werden.

10

FIG 1

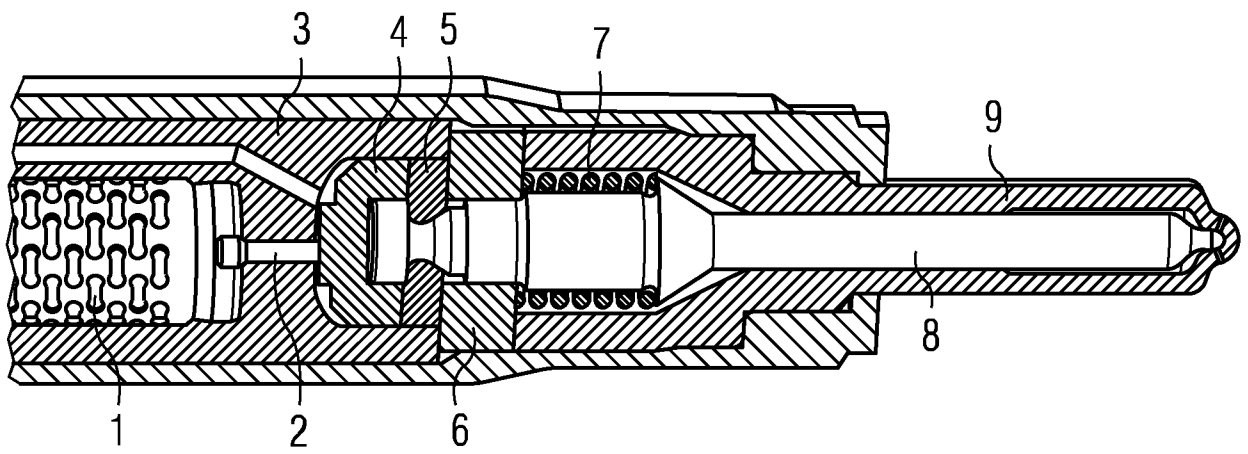


FIG 2

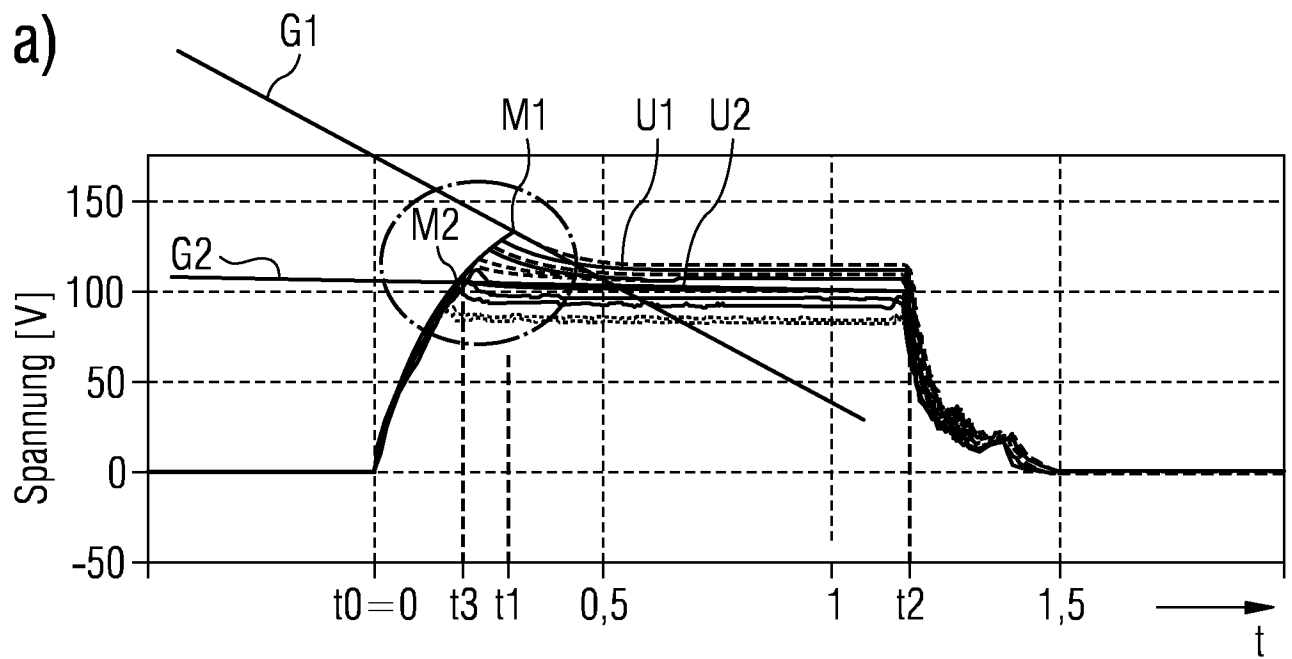
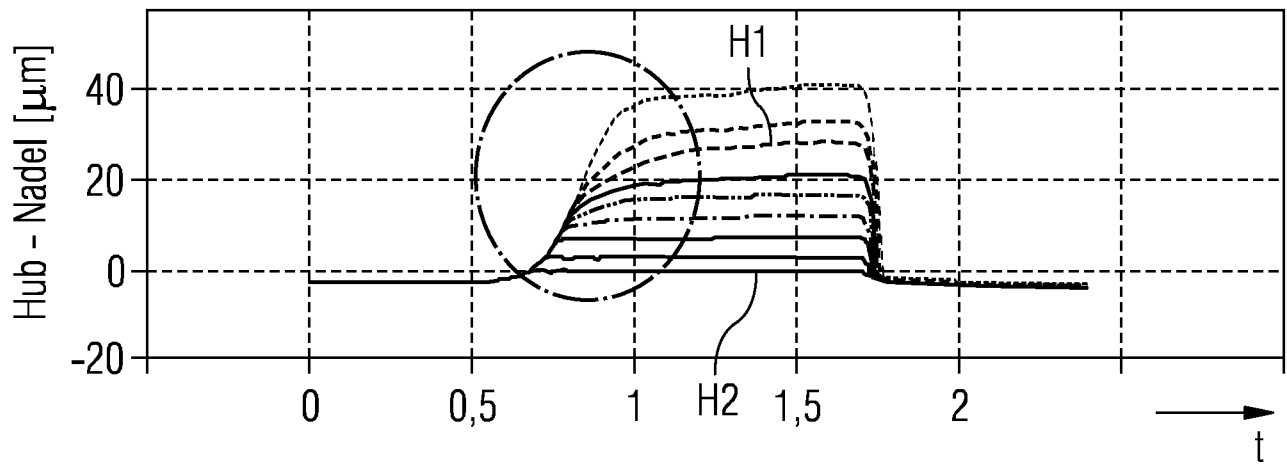
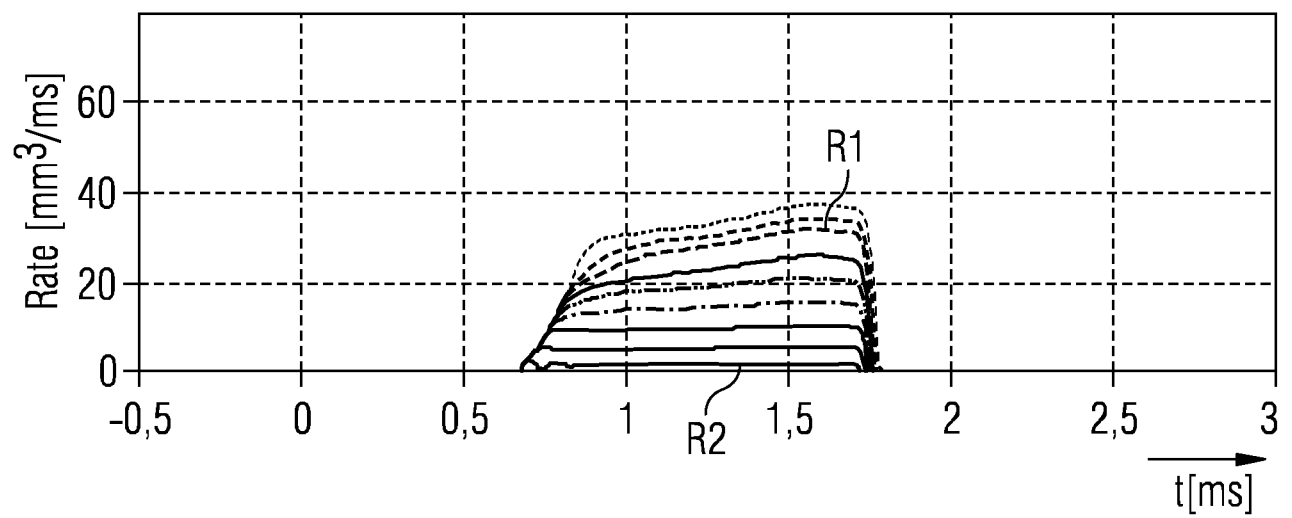


FIG 3

c)



d)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/20
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)
F02D

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, 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	DE 10 2005 002242 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20 July 2006 (2006-07-20) paragraph [0035] - paragraph [0043] -----	1,3,5,7, 8
A	DE 10 2004 058971 A1 (VOLKSWAGEN MECHATRONIC GMBH & [DE]) 14 June 2006 (2006-06-14) paragraph [0036] - paragraph [0037] -----	1
A	EP 1 138 909 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraph [0082] - paragraph [0087] -----	1



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

6 July 2012

Date of mailing of the international search report

17/07/2012

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

Pileri, Pierluigi

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/053960

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005002242 A1	20-07-2006	AT 406512 T	15-09-2008
		CN 101103193 A	09-01-2008
		DE 102005002242 A1	20-07-2006
		EP 1841963 A1	10-10-2007
		US 2008125952 A1	29-05-2008
		WO 2006076992 A1	27-07-2006

DE 102004058971 A1	14-06-2006	DE 102004058971 A1	14-06-2006
		EP 1825124 A1	29-08-2007
		US 2009223490 A1	10-09-2009
		WO 2006061113 A1	15-06-2006

EP 1138909 A1	04-10-2001	DE 60022734 D1	27-10-2005
		DE 60022734 T2	06-07-2006
		EP 1138909 A1	04-10-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053960

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/20

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02D

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	DE 10 2005 002242 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20. Juli 2006 (2006-07-20) Absatz [0035] - Absatz [0043] -----	1,3,5,7, 8
A	DE 10 2004 058971 A1 (VOLKSWAGEN MECHATRONIC GMBH & [DE]) 14. Juni 2006 (2006-06-14) Absatz [0036] - Absatz [0037] -----	1
A	EP 1 138 909 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absatz [0082] - Absatz [0087] -----	1



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

6. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/07/2012

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

Pileri, Pierluigi

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053960

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005002242 A1	20-07-2006	AT 406512 T	15-09-2008
		CN 101103193 A	09-01-2008
		DE 102005002242 A1	20-07-2006
		EP 1841963 A1	10-10-2007
		US 2008125952 A1	29-05-2008
		WO 2006076992 A1	27-07-2006

DE 102004058971 A1	14-06-2006	DE 102004058971 A1	14-06-2006
		EP 1825124 A1	29-08-2007
		US 2009223490 A1	10-09-2009
		WO 2006061113 A1	15-06-2006

EP 1138909 A1	04-10-2001	DE 60022734 D1	27-10-2005
		DE 60022734 T2	06-07-2006
		EP 1138909 A1	04-10-2001
