

(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
21. April 2016 (21.04.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/059059 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02M 47/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/073691

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Oktober 2015 (13.10.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 220 890.4
15. Oktober 2014 (15.10.2014) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **DIAN, Vincent**; Römerstrasse 18 1/2, 85077
Manching (DE). **SCHÜRZ, Willibald**; Lindenweg 3,
93188 Pielenhofen (DE). **TURRADO BLANCO, Diego**;
Sachsenstr. 19, 93053 Regensburg (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, 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, KN, KP,
KR, 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, KZ, 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).

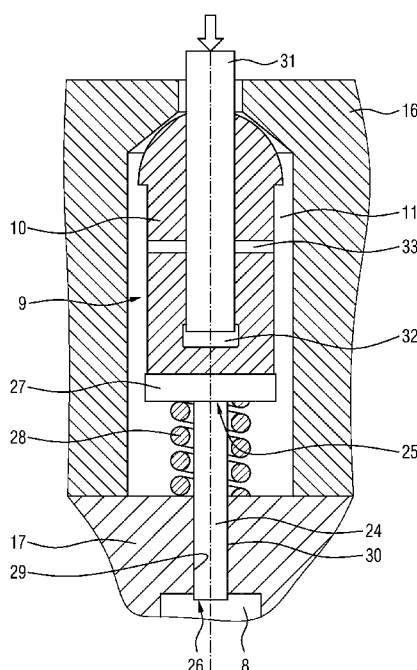
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: INJECTION VALVE FOR INJECTING FLUID INTO A COMBUSTION CHAMBER OF AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : EINSPRITZVENTIL ZUM EINSPRITZEN VON FLUID IN EINEN BRENNRAUM EINER
BRENNKRAFTMASCHINE

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to an injection valve (1) for injecting
fluid into a combustion chamber of an internal combustion engine,
comprising an injector body (2) having a fluid inlet (3) and a fluid outlet, as
well as a nozzle body (4) having a cavity (5) which is hydraulically coupled
to said fluid inlet (3). In said cavity (5), a nozzle needle (6) is arranged
such that it can move axially, said nozzle needle (6) preventing fluid from
flowing through an injection opening (7) of the nozzle body (4) when in a
closure position but otherwise leaving this exposed. A control chamber (8) is
also provided which is hydraulically coupled to said fluid inlet (3), fluid
outlet and nozzle needle (6). Said injection valve (1) comprises a control
valve (9) having a valve body (10) and a valve chamber (11) hydraulically
coupled to said control chamber (8), said valve chamber (11) being able to
be hydraulically coupled to the fluid outlet depending on whether the valve
body (10) is in a closure position. In addition, an actuator (12) is provided
which is coupled to the valve body (10) for the purpose of actuating the
control valve (9), said valve body (10) additionally being coupled to the
control chamber (8) directly such that a force component dependent on a
pressure prevailing in said control chamber (8) can be transmitted to the
valve body (10).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Ein Einspritzventil (1) zum Einspritzen von Fluid in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine weist einen Injektorkörper (2) mit einem Fluidzulauf (3) und einem Fluidablauf sowie einen Düsenkörper (4) mit einer mit dem Fluidzulauf (3) hydraulisch gekoppelten Ausnehmung (5) auf. In der Ausnehmung (5) ist eine Düsennadel (6) axial beweglich angeordnet, wobei die Düsennadel (6) in einer Schließstellung einen Fluidfluss durch eine Einspritzöffnung (7) des Düsenkörpers (4) unterbindet und ansonsten freigibt. Weiter ist ein Steuerraum (8) vorgesehen, der hydraulisch mit dem Fluidzulauf (3), dem Fluidablauf und der Düsennadel (6) gekoppelt ist. Das Einspritzventil (1) weist ein Steuerventil (9) mit einem Ventilkörper (10) und einem Ventilraum (11) auf, der hydraulisch mit dem Steuerraum (8) gekoppelt ist, wobei abhängig von einer Schließstellung des Ventilkörpers (10) der Ventilraum (11) mit dem Fluidablauf hydraulisch koppelbar ist. Weiter ist ein Aktor (12) vorgesehen, der mit dem Ventilkörper (10) zum Betätigen des Steuerventils (9) gekoppelt ist, wobei der Ventilkörper (10) zusätzlich mit dem Steuerraum (8) derart direkt gekoppelt ist, dass eine Kraftkomponente, welche von einem in dem Steuerraum (8) vorherrschenden Druck abhängt, auf den Ventilkörper (10) übertragbar ist.

Beschreibung

Einspritzventil zum Einspritzen von Fluid in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine

5

Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil zum Einspritzen von Fluid in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine.

10 Aufgrund von immer strenger werdenden gesetzlichen Vorschriften bezüglich zulässiger Schadstoffemissionen von Brennkraftmaschinen, die in Kraftfahrzeugen angeordnet sind, ist es erforderlich, verschiedene Maßnahmen vorzunehmen, die zum Senken der Schadstoffemissionen beitragen. Ein möglicher Ansatzpunkt
15 hierbei ist es, den Betrieb von Einspritzventilen der Brennkraftmaschine zu optimieren.

Eine Aufgabe, die der Erfindung zugrunde liegt, ist es, ein Einspritzventil zu beschreiben, welches einen zuverlässigen und
20 präzisen Betrieb ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird ein Einspritzventil zum Einspritzen von Fluid in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine offenbart. Das Einspritzventil weist einen Injektorkörper mit einem Fluidzulauf und einem Fluidablauf auf. Weiterhin weist das Einspritzventil
25 einen Düsenkörper mit einer mit dem Fluidzulauf hydraulisch gekoppelten Ausnehmung auf, in welcher eine Düsennadel axial beweglich angeordnet ist. Die Düsennadel unterbindet in einer Schließstellung einen Fluidfluss durch eine Einspritzöffnung des
30 Düsenkörpers und gibt diesen ansonsten frei. Das Einspritzventil weist weiterhin einen Steuerraum auf, der hydraulisch mit dem Fluidzulauf sowie der Düsennadel gekoppelt ist. Das Einspritzventil weist zudem ein Steuerventil mit einem Ventilkörper und einem Ventilraum auf. Der Ventilraum ist hydraulisch mit dem

Steuerraum gekoppelt. Abhängig von einer Schließstellung des Ventilkörpers ist der Ventilraum mit dem Fluidablauf hydraulisch koppelbar. Weiterhin ist ein Aktor vorgesehen, der mit dem Ventilkörper zum Betätigen des Steuerventils koppelbar ist. Der
5 Ventilkörper ist zusätzlich mit dem Steuerraum derart direkt gekoppelt, dass eine Kraftkomponente, welche von einem in dem Steuerraum vorherrschenden Druck abhängt, auf den Ventilkörper übertragbar ist.

10 Typischerweise ist der Steuerraum über eine Drossel mit dem Ventilraum hydraulisch gekoppelt. Dies trägt dazu bei, dass beim Öffnen oder Schließen des Steuerventils im Regelfall im Steuerraum ein wesentlich höherer Druck vorherrscht, als in dem Ventilraum. Durch die direkte, zusätzliche Kopplung des Ven-
15 tilkörpers mit dem Steuerraum kann ein präzises Schließen des Steuerventils, beispielsweise nach Entladen des Aktors, gesteuert werden. Unter der direkten Kopplung ist eine Kopplung ohne zwischengeschaltete Drossel oder dergleichen zu verstehen. Dadurch wird die Kraftkomponente nahezu ungedämpft auf den
20 Ventilkörper übertragen. Weiterhin ermöglicht die direkte Kopplung des Ventilkörpers mit dem Steuerraum, dass eine hohe Schließkraft zum Schließen des Ventils erreicht werden kann. Des Weiteren wird durch die direkte Kopplung zu einer hohen Einspritzgenauigkeit und präzisen Steuerbarkeit des Einspritz-
25 ventils beigetragen. Insbesondere lässt sich eine Einspritzmenge des Fluids, die von der Bewegung der Düsennadel abhängig ist, besonders gut steuern. Weiterhin können Toleranzen bei der Düsennadelbewegung durch die direkte Kopplung des Steuerraums mit dem Ventilkörper ausgeglichen werden.

30 Gemäß einer Ausgestaltung weist das Einspritzventil ein mechanisches Koppellement zum Übertragen der Kraftkomponente auf, wobei ein dem Ventilraum zugeordnetes Ende des Koppellements mit den Ventilkörper mechanisch zusammenwirkt und ein dem Ven-

tilkkörper abgewandtes Ende des Kopppelements hydraulisch mit dem Steuerraum gekoppelt ist. Bevorzugt ist das mechanische Kopppelement als Bolzen oder Pin ausgebildet. Mittels des mechanischen Kopppelements lässt sich die Kraftkomponente auf dem Ventilkörper übertragen, wobei eine besonders hohe hydraulische Steifigkeit erreicht wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das mechanische Kopppelement in einer den Steuerraum und den Ventilraum verbindenden Bohrung axial bewegbar angeordnet. Dies stellt eine sichere Führung des Kopppelements beim Übertragen der Kraftkomponente auf den Ventilkörper dar.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das Kopppelement derart in die Bohrung eingepasst, dass ein sich ausbildender Dichtspalt zwischen der Bohrung und dem Kopppelement im dynamischen Betrieb des Einspritzventils im Wesentlichen einen Fluidaustausch zwischen dem Steuerraum und dem Ventilraum unterbindet. Bevorzugt beträgt der Dichtspalt in etwa $1\text{ }\mu\text{m}$. Dadurch ergibt sich ein Paarungsspiel zwischen dem Kopppelement und der Bohrung, so dass kein Klemmen des Pins erfolgt. Für hochdynamische Bewegungen, wie dies die Bewegung des Aktors zum Betätigen des Steuerventils darstellt, ist der Dichtspalt nahezu dicht. Dadurch ist die hydraulische Kopplung zwischen Steuerraum und Ventilraum beispielsweise nur durch eine Ablaufdrossel zwischen Steuerraum und Ventilraum definiert. Mit anderen Worten ist in dem dynamischen Betrieb des Einspritzventils ein Fluidaustausch zwischen dem Steuerraum und dem Ventilraum unterbunden, insbesondere im Wesentlichen unterbunden.

30

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung beträgt der Dichtspalt in etwa $0,5\text{ }\mu\text{m}$ bis $5\text{ }\mu\text{m}$. Bevorzugt beträgt der Dichtspalt in etwa $0,5\text{ }\mu\text{m}$ bis $1,5\text{ }\mu\text{m}$. Besonders bevorzugt beträgt der Dichtspalt in etwa $1,0\text{ }\mu\text{m}$. Dadurch ist die oben beschriebene Funktion gewährleistet.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist die übertragbare Kraftkomponente abhängig von einer dem Steuerraum zugewandten Fläche des Kopppelements. Insbesondere ist die Kraft abhängig von einer Querschnittsfläche des Kopppelements. Durch geeignete Wahl der Fläche ist somit die zu übertragende Kraftkomponente präzise einstellbar.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Einspritzventil ein Federelement auf, welches eine Kraft auf den Ventilkörper in einer Schließrichtung des Steuerventils ausübt. Bei dem Federelement handelt es sich bevorzugt um eine Druckfeder. Das Federelement trägt zu einem sicheren Schließen des Steuerventils bei. Insbesondere stellt das Federelement sicher, dass das Steuerventil auch bei einem drucklosen Einspritzventil sicher geschlossen ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist der Aktor ausgebildet, ein Messsignal zu erzeugen, das repräsentativ für die Kraftkomponente ist. Aus diesem Messsignal können Informationen eines Öffnungsbeginns und eines Schließens der Düsenadel ermittelt werden, da sich zu diesem Zeitpunkt charakteristische Änderungen des im Steuerraum vorherrschenden Drucks ergeben. Mittels diesem Messsignal kann beispielsweise die Einspritzmengengenauigkeit besonders gut bestimmt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist der Aktor zum Betätigen des Ventilkörpers hydraulisch mit dem Ventilkörper gekoppelt. Insbesondere ist ein in den Ventilkörper integrierter hydraulischer Spielausgleich vorgesehen. Trotz der hydraulischen Kopplung des Aktors mit dem Ventilkörper ist durch die direkte Kopplung des Steuerraums mit dem Ventilkörper eine ausreichende Schließkraft am Ventilkörper zum Schließen des Steuerventils sichergestellt.

Weitere Vorteile und Funktionen sind in der nachfolgenden, ausführlichen Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Zuhilfenahme der angehängten Figuren beschrieben.

5

In den Figuren zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Einspritz-
ventils,

10

Figur 2 eine vergrößerte Schnittansicht des Einspritzventils
und

Figur 3 eine erste Diagrammdarstellung dreier Spannungs-
verläufe eines Aktors zum Zeitpunkt eines Öffnens
einer Düsennadel,

15

Figur 4 eine zweite Diagrammdarstellung eines Nadelhubver-
laufs zum Zeitpunkt eines Öffnens einer Düsennadel,

20

Figur 5 eine dritte Diagrammdarstellung dreier Spannungs-
verläufe des Aktors zum Zeitpunkt eines Schließens
einer Düsennadel und

Figur 6 eine vierte Diagrammdarstellung dreier Nadelhub-
verläufe zum Zeitpunkt eines Schließens einer Dü-
sennadel.

25

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines
Einspritzventils 1. Das Einspritzventil 1 hat einen
Injektorkörper 2, in welchem ein Fluidzulauf 3 ausgebildet ist.
Der Fluidzulauf 3 ist mit einem Krafthochdruckspeicher, wie
beispielsweise einem sogenannten Common-Rail, hydraulisch
gekoppelt und wird somit mit einem unter Druck stehenden

30

Kraftstoff versorgt. Bei dem Druck handelt es sich beispielsweise um bis zu 2500 bar oder höher. Der Begriff „Fluid“ kann einen Kraftstoff bzw. Brennstoff, beispielsweise einen Diesel- oder Benzinkraftstoff, umfassen. Der Begriff kann allerdings auch
5 andere Stoffe, beispielsweise organische Verbindungen wie Harnstoff, umfassen.

Das Einspritzventil 1 hat einen Düsenkörper 4, in welchem eine Ausnehmung 5 ausgebildet ist. In der Ausnehmung 5 ist eine
10 Düsennadel 6 axial beweglich bezüglich einer Längsachse der Düsennadel 6 angeordnet. Die Düsennadel 6 sitzt in einer Schließstellung nahe einer Spitze des Düsenkörpers 4 auf einem zugehörigen Nadelventilsitz auf und verhindert einen Fluidfluss durch eine oder mehrere Einspritzöffnungen 7. Hebt die Düsennadel
15 6 von dem Nadelventilsitz ab, so ist ein Fluidfluss freigegeben. Die Düsennadel 6 ist über eine Düsenfeder 20 vorgespannt. Der Düsenkörper 4 ist über eine Düsenspannmutter 18 mit dem Injektorkörper 2 mechanisch gekoppelt. Weiterhin ist eine Brennraumdichtung 19 vorgesehen.

20

Die Ausnehmung 5 und die Düsennadel 6 sind hydraulisch über eine Düsenblende 22 mit dem Fluidzulauf 3 gekoppelt. Die Düsenblende 22 ist in eine Drosselplatte 17 eingebracht.

25 Das Einspritzventil 1 weist weiterhin einen Steuerraum 8 auf, welcher hydraulisch über eine Zulaufdrossel 21 der Drosselplatte 17 mit dem Fluidzulauf 3 gekoppelt ist. Der Steuerraum 8 ist weiterhin hydraulisch mit der Düsennadel 6 gekoppelt. Der Steuerraum 8 ist zudem mit einem Ventilraum 11 eines Steuer-
30 ventils 9 hydraulisch über eine Ablaufdrossel 23 der Drosselplatte 17 gekoppelt. Das Steuerventil 9 ist in einer Ventilplatte 16 angeordnet und wird als Servoventil bezeichnet. Das Steuerventil 9 hat einen Ventilkörper 10, der in dem Ventilraum 11 axial beweglich angeordnet ist. In einer Schließstellung des

Steuerventils 9 sitzt der Ventilkörper 10 auf einem zugehörigen Ventilsitz auf und unterbindet einen Fluidfluss aus dem Ventilraum 11 zu einem Fluidablauf (nicht dargestellt). Der Fluidablauf ist mit einem Niederdruckbereich, wie beispielsweise mit einem Kraftstofftank, hydraulisch gekoppelt.

Das Einspritzventil 1 weist einen Aktor 12 auf, welcher als Piezoaktor ausgebildet ist. Alternativ können auch andere Materialien, wie ein magnetostriktives Material, für den Aktor 12 verwendet werden. Der Aktor 12 ist in den Injektorkörper 2 integriert und hat eine Aktorkopfplatte 13 sowie eine Aktorbodenplatte 14. Über die Aktorkopfplatte 13 ist der Aktor 12 mit dem Injektorkörper 2 mechanisch gekoppelt. Über die Aktorbodenplatte 14 ist der Aktor 12 mit dem Steuerventil 9, insbesondere mit dem Ventilkörper 10 zum Betätigen dieses koppelbar.

Der Aktor 12 ist von einer Wellenfeder 15 umgeben, welche diesen vorspannt. Die Wellenfeder 15 dichtet den Aktor 12 selbst gegenüber dem Fluid ab.

20

Zu Beginn eines Einspritzvorgangs ist das Einspritzventil 1 geschlossen. Über den Fluidzulauf 3 sind die Ausnehmung 5, der Stellraum 8 und der Ventilraum 11 vollständig mit Fluid unter hohem Druck gefüllt. Durch ein Kräfteverhältnis, das auf dem Ventilkörper 10 des Steuerventils 9 wirkt, befindet sich der Ventilkörper 10 in der Schließposition. Durch ein weiteres Kräfteverhältnis befindet sich die Düsenadel 6 ebenfalls in der Schließposition.

30 Wird der Aktor 12 mit Spannung beaufschlagt, so dehnt sich der Aktor 12 und betätigt das Steuerventil 9. Dadurch wird das Steuerventil 9 geöffnet und der Druck im Ventilraum 11 sinkt ab. Beispielsweise sinkt der Druck um 90% ab auf beispielsweise 200 Bar. Durch diesen Druckabfall fließt Fluid über die Ablaufdrossel

23 in den Ventilraum 11 ab. Gleichzeitig fließt weniger Fluid über die Zulaufdrossel 21 in den Steuerraum 8 nach, so dass der Druck in dem Steuerraum 8 sinkt, jedoch weniger stark als im Vergleich zu dem Ventilraum 11. Beispielsweise sinkt der Druck auf 1300 bis 1400 Bar. Dies sorgt dafür, dass das auf die Düsennadel 6 wirkende Kräfteverhältnis verändert wird, so dass die Düsennadel 6 von ihrem zugehörigen Nadelventilsitz abhebt und Fluid durch die Einspritzöffnungen 7 austritt.

10 Wird der Aktor 12 entladen, schließt das Steuerventil 9 wieder, wobei der Ventilkörper 10 wieder in seinen Ventilsitz gedrückt wird. Dadurch baut sich der Druck im Ventilraum 11, in dem Steuerraum 8 sowie in der Ausnehmung 5 wieder auf. Das auf die Düsennadel 6 wirkende Kräfteverhältnis sorgt dafür, dass die 15 Düsennadel 6 wieder in ihre Schließposition bewegt wird.

Um zum Schließen des Steuerventils 9 eine ausreichend hohe Schließkraft zu gewährleisten, ist der Ventilkörper 10 zusätzlich direkt mit dem Steuerraum 8 gekoppelt. Dies wird unter 20 Zuhilfenahme der Figur 2 beschrieben.

Figur 2 zeigt eine schematische, vergrößerte Schnittansicht der Ventilplatte 16 mit dem Steuerventil 9 und der Drosselplatte 17. Weiterhin ist der Steuerraum 8 teilweise dargestellt. Der 25 Ventilkörper 10 ist über ein mechanisches Koppellement 24, welches als Stift ausgebildet ist, direkt mit dem Steuerraum 8 gekoppelt. Hierzu ist das Koppellement 24 in eine Bohrung 29 axial beweglich eingepasst. Die Bohrung 29 verbindet den Ventilraum 11 mit dem Steuerraum 8. Mit einem dem Ventilkörper 30 10 zugewandten Ende 25 ist der Ventilkörper 10 mechanisch koppelbar mit dem Koppellement 24. Ein dem Ventilkörper 10 abgewandtes Ende 26 ist dem Steuerraum 8 zugewandt. Der Ventilkörper 10 ist von dem Koppellement 24 getrennt. Dies ermöglicht es, dass sich der Ventilkörper 10 sowie auch das

Koppelement 24 axial, insbesondere axial zueinander, ausrichten können.

Durch die direkte Koppelung mittels des Koppelements 24 kann insbesondere eine zusätzliche Schließkraft am Ventilkörper 10 zum Schließen des Steuerventils 9 erzielt werden. Beim Schließen der Düsennadel 6 baut sich der Druck in dem Steuerraum 8 schneller auf als in dem Ventilraum 11. Dies liegt daran, dass der Steuerraum 8 mit dem Ventilraum 11 über die Ablaufdrossel 23 hydraulisch gekoppelt ist. Mittels des Koppelements 24 wird nun eine Kraftkomponente direkt auf den Ventilkörper 10 übertragen. Die Kraftkomponente hängt von dem Druck in dem Steuerraum 8 und von einem Querschnitt der dem Steuerraum 8 zugewandten Fläche des Koppelements 24, insbesondere dessen Querschnittsfläche, ab. Die übertragbare Kraftkomponente trägt dazu bei, dass das Steuerventil 9 sicher geschlossen wird. Mittels des Koppelements 24 und dessen Querschnittsfläche lässt sich auf einfache Art und Weise die Schließkraft zum Schließen des Steuerventils 9 präzise einstellen.

20

Zwischen der Bohrung 29 und dem Koppelement 24 ist ein Dichtspalt 30 mit etwa 1 µm vorgesehen. Somit wird ein Paarungsspiel zwischen Bohrung 29 und Koppelement 24 eingestellt, welches bewirkt, dass im dynamischen Betrieb des Einspritzventils 1 nahezu kein Kraftstoff über den Dichtspalt 30 in den Ventilraum 11 abfließen kann. Somit ist der Dichtspalt 30 im dynamischen Betrieb nahezu dicht.

Zusätzlich ist ein Federelement 28 vorgesehen, welches an einem Federteller 27 angreift und eine Kraft auf dem Ventilkörper 10 in Schließrichtung des Steuerventils 9 ausübt. Das Federelement 28 dient dazu, das Steuerventil 9 auch bei einem drucklosen Einspritzventil 1 sicher zu schließen.

Wie weiter anhand von Figur 2 im Folgenden beschrieben wird, ist anstelle einer leerhubbehafteten mechanischen Kopplung zwischen dem Aktor 12 und dem Ventilkörper 10 eine hydraulische Kopplung mit einem in dem Ventilkörper 10 integrierten Spielausgleich
5 vorgesehen. Der Aktor 12 ist über einen Koppelstift 31 hydraulisch mit dem Ventilkörper 10 zur Betätigung des Ventilkörpers 10 gekoppelt. Hierzu ist in den Ventilkörper 10 eine zentrale Bohrung eingebracht, in welcher der Koppelstift 31 eingepasst ist. Der Koppelstift 31 begrenzt in der zentralen Bohrung mit dem
10 Ventilkörper 10 ein Koppelvolumen 32. Zwischen dem Koppelstift 31 und dem Ventilkörper 10 ist wiederum ein Dichtspalt ausgebildet, welcher analog zu oben in etwa 1 μm beträgt.

Im Ausführungsbeispiel finden sich auf etwa der halben Höhe des
15 Ventilkörpers 10 zwei radiale Bohrungen 33, welche den Ventilraum 11 mit dem Dichtspalt zwischen dem Koppelstift 31 und dem Ventilkörper 10 verbinden. Im geschlossenen Zustand des Einspritzventils 1 beziehungsweise des Steuerventils 9 liegt im Ventilraum 11 Hochdruck an, welcher über die radialen Bohrungen
20 33 und den Dichtspalt in das Koppelvolumen 32 übertragen wird. Dieser Druck bewirkt, dass der Koppelstift 31 stets in Richtung der Aktorbodenplatte 14 des Aktors 12 gedrückt wird und an dieser anliegt. Damit ist ein spielfreier Kontakt zwischen dem Aktor 12 und dem Ventilkörper 10 gewährleistet. Bewegungen mit sehr
25 geringer Dynamik, wie beispielsweise die Temperatúrausdehnung und der Verschleiß, können durch Änderung des Koppelvolumens 32 ausgeglichen werden. Für hochdynamische Bewegungen jedoch, wie bei dem Einspritzvorgang, ist der Dichtspalt 30 nahezu dicht und somit die Kopplung zwischen dem Ventilkörper 10 und dem Koppelstift 31 steif.
30

Bei einer derartigen hydraulischen Kopplung des Ventilkörpers 10 mit dem Aktor 12 ist besonders von Vorteil, dass der Ventilkörper 10 auch direkt über das Koppellement 24 mit dem Steuerraum 8

gekoppelt ist. Aufgrund des beschriebenen Kraftübertrags auf den Ventilkörper 10 mittels des Koppellements 24 ist trotz des hydraulischen Spielausgleichs stets sichergestellt, dass der Ventilkörper 10 dicht schließt und somit kein Fluid über den Ventilsitz abfließen kann.

Aus der mittels des Koppellements 24 übertragenen Kraftkomponente, lässt sich auf eine Information eines Öffnungsbeginns und eines Schließens der Düsennadel 6 schließen. Zu diesen Zeitpunkten ergeben sich charakteristische Änderungen des in dem Steuerraum 8 vorherrschenden Druckes. Durch die entsprechende Kopplung des Ventilkörpers 10 mit dem Aktor 12 wird die zu dem Druck im Steuerraum 8 proportionale Kraftkomponente auf den Aktor 12 rückgekoppelt. Dadurch erzeugt der Aktor 12 ein Messsignal, welches abgegriffen werden kann. Dies ist in den schematischen Diagrammdarstellungen der Figuren 3 bis 6 gezeigt.

In der in Figur 3 gezeigten Diagrammdarstellung ist eine an dem Aktor 12 anliegende Spannung U in Volt (V) gegenüber einer Zeit t in Millisekunden (ms) aufgetragen. Es sind drei Spannungsverläufe beim Öffnen der Düsennadel 6 abgebildet. Jeder Spannungsverlauf entspricht einem leicht variierten Einspritzventil 1, wobei Düsenparameter wie Ventilsitzdurchmesser oder dergleichen verändert sind. Unabhängig von den unterschiedlichen Düsenparametern ergibt sich jeweils ein charakteristischer Verlauf, aus welchem exakt der Zeitpunkt des Nadelöffnens ermittelt werden kann. Figur 4 zeigt eine zu Figur 3 korrelierende zweite schematische Diagrammdarstellung, wobei ein Nadelhub n in Millimetern (mm) gegenüber der Zeit t in Millisekunden (ms) aufgetragen ist. Unter dem Nadelhub wird eine axiale Bewegung des Düsennadel 6 verstanden. Dargestellt sind drei Nadelhubverläufe zum Zeitpunkt des Öffnens der Düsennadel 6, aus den Spannungsverläufen ermittelt worden sind und gegenüber der Zeit aufgetragen sind.

Analog dazu zeigen die Figuren 5 und 6 weitere Diagrammdarstellungen mit Spannungsverläufen und Nadelhubverläufen zum Zeitpunkt eines Schließens der Düsennadel 6.

5

Aufgrund der Kopplung mittels dem Koppелеlement 24 können somit durch Rückkopplung des in dem Steuerraum 8 vorherrschenden Druckes auf den Aktor 12 Sensorsignale abgeleitet werden, welche der präzisen Regelung der Einspritzmenge dienen. Insgesamt wird
10 somit eine Einspritzmengenstabilität des Einspritzventils 1 verbessert im dynamischen Betrieb eines Motors.

15

20

Patentansprüche

1. Einspritzventil (1) zum Einspritzen von Fluid in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, aufweisend
- 5 - einen Injektorkörper (2) mit einem Fluidzulauf (3) und einem Fluidablauf;
- einen Düsenkörper (4) mit einer mit dem Fluidzulauf (3) hydraulisch gekoppelten Ausnehmung (5), in welcher eine Düsennadel (6) axial beweglich angeordnet ist, wobei die
- 10 Düsennadel (6) in einer Schließstellung einen Fluidfluss durch eine Einspritzöffnung (7) des Düsenkörpers (4) unterbindet und ansonsten freigibt;
- einen Steuerraum (8), der hydraulisch mit dem Fluidzulauf (3) und der Düsennadel (6) gekoppelt ist;
- 15 - ein Steuerventil (9) mit einem Ventilkörper (10) und einem Ventilraum (11), der hydraulisch mit dem Steuerraum (8) gekoppelt ist, wobei abhängig von einer Schließstellung des Ventilkörpers (10) der Ventilraum (11) mit dem Fluidablauf hydraulisch koppelbar ist; und
- 20 - einen Aktor (12), der mit dem Ventilkörper (10) zum Betätigen des Steuerventils (9) koppelbar ist, wobei der Ventilkörper (10) zusätzlich mit dem Steuerraum (8) derart direkt gekoppelt ist, dass eine Kraftkomponente, welche von einem in dem Steuerraum (8) vorherrschenden Druck abhängt,
- 25 auf den Ventilkörper (10) übertragbar ist.
2. Einspritzventil (1) nach Anspruch 1, aufweisend ein mechanisches Koppellement (24) zum Übertragen der Kraftkomponente, wobei ein dem Ventilraum (11) zugeordnetes Ende
- 30 (25) des Koppellements (24) mit dem Ventilkörper (10) mechanisch zusammenwirkt und ein dem Ventilkörper (10) abgewandtes Ende (26) des Koppellements (24) hydraulisch mit dem Steuerraum (8) gekoppelt ist.

3. Einspritzventil (1) nach Anspruch 2, wobei das mechanische Koppel-
element (24) in einer den Steuerraum (8) und den
Ventilraum (11) verbindenden Bohrung (29) axial bewegbar
angeordnet ist.

5

4. Einspritzventil (1) nach Anspruch 3, wobei das Koppel-
element (24) derart in die Bohrung (29) eingepasst ist, dass
ein sich ausbildender Dichtspalt (30) zwischen der Bohrung
(29) und dem Koppel-
element (24) im dynamischen Betrieb des
Einspritzventils (1) im Wesentlichen einen Fluidaustausch
zwischen dem Steuerraum (8) und dem Ventilraum (11) un-
terbindet.

10

5. Einspritzventil (1) nach Anspruch 4, wobei der Dichtspalt
(30) in etwa 0,5 μm bis 5 μm beträgt.

15

6. Einspritzventil (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
wobei die übertragbare Kraftkomponente abhängig von einer
dem Steuerraum (8) zugewandten Fläche des Koppel-
elements (24) ist.

20

7. Einspritzventil (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, aufweisend ein Federelement (28), welches eine
Kraft auf den Ventilkörper (10) in einer Schließrichtung des
Steuerventils (9) ausübt.

25

8. Einspritzventil (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei der Aktor (12) ausgebildet ist, ein
Messsignal zu erzeugen, das repräsentativ für die
Kraftkomponente ist.

30

9. Einspritzventil (1) nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei der Aktor (12) zum Betätigen des Ventil-

körpers (10) hydraulisch mit dem Ventilkörper (10) gekoppelt ist.

1/4

FIG 1

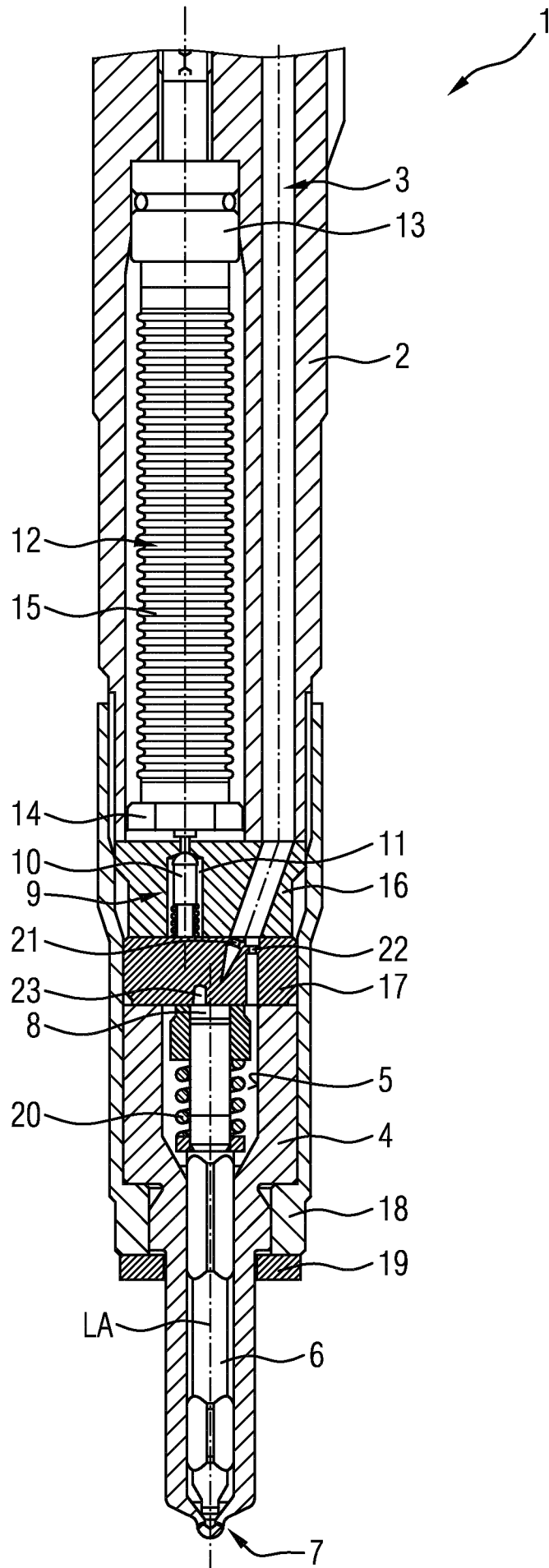


FIG 2

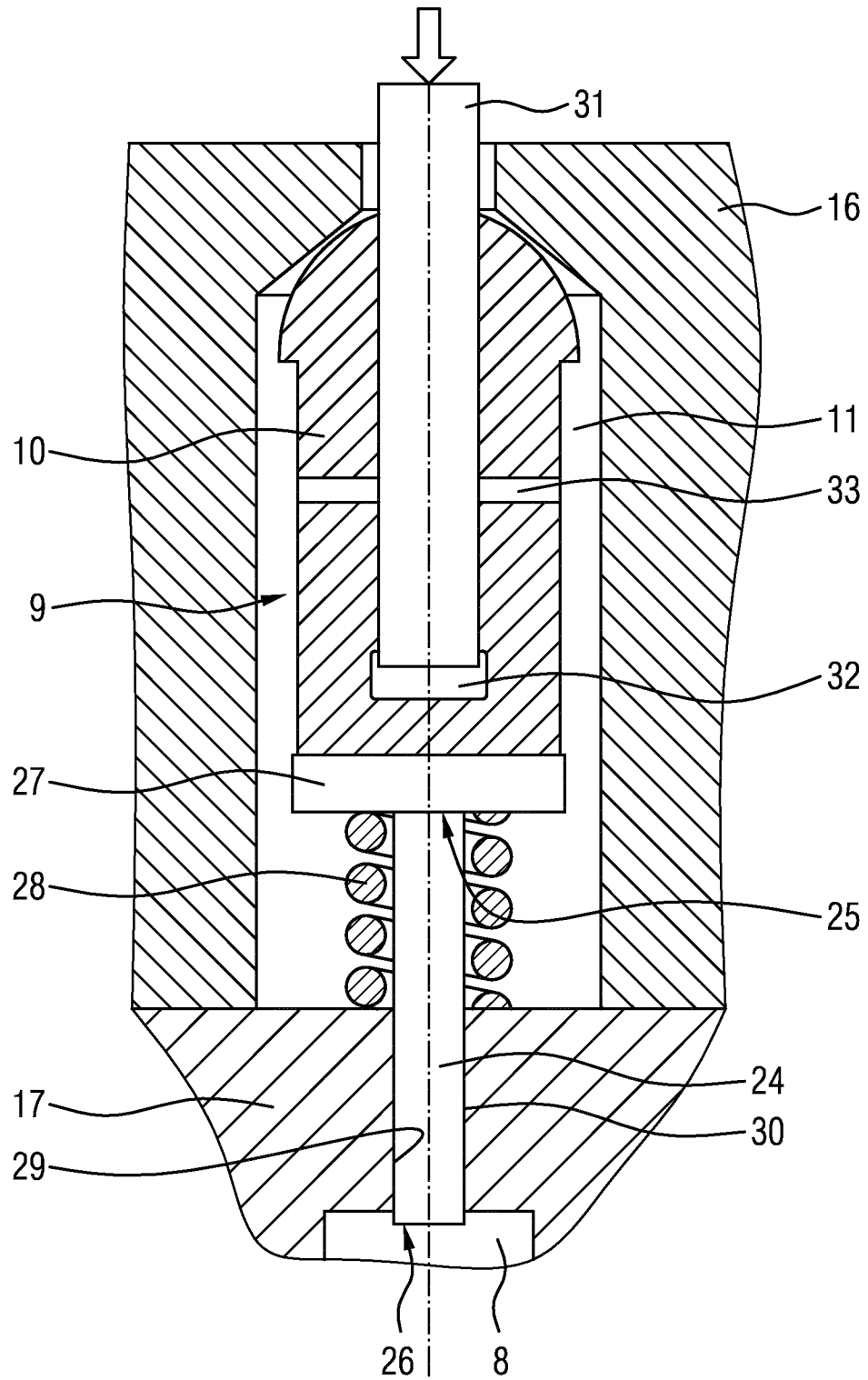


FIG 3

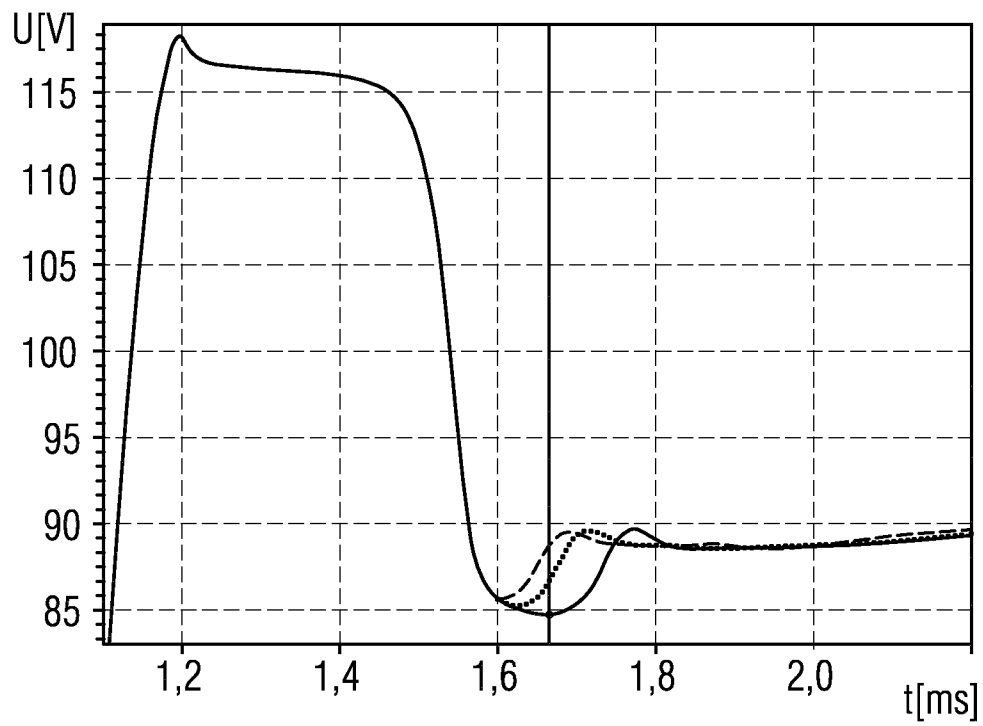


FIG 4

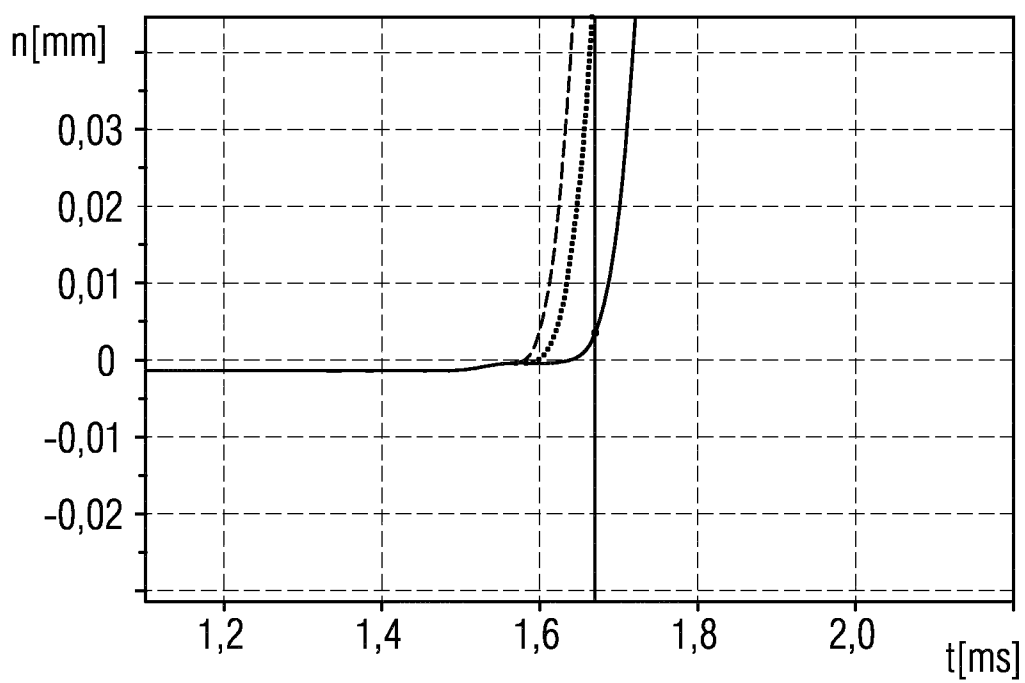


FIG 5

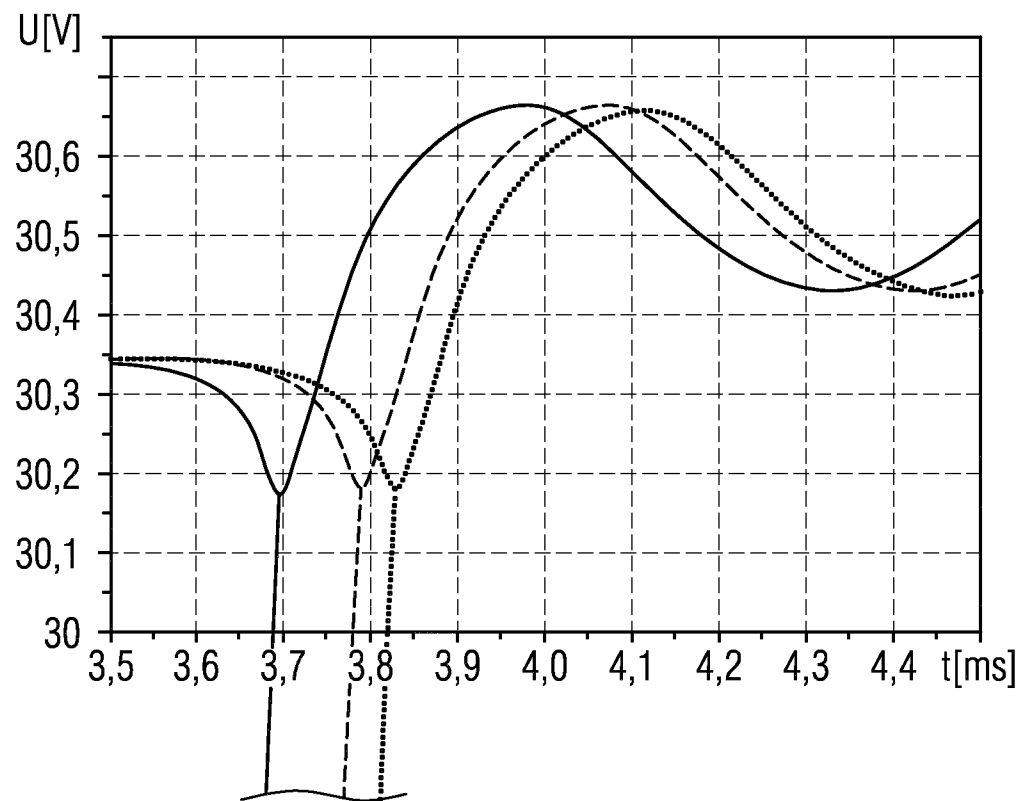
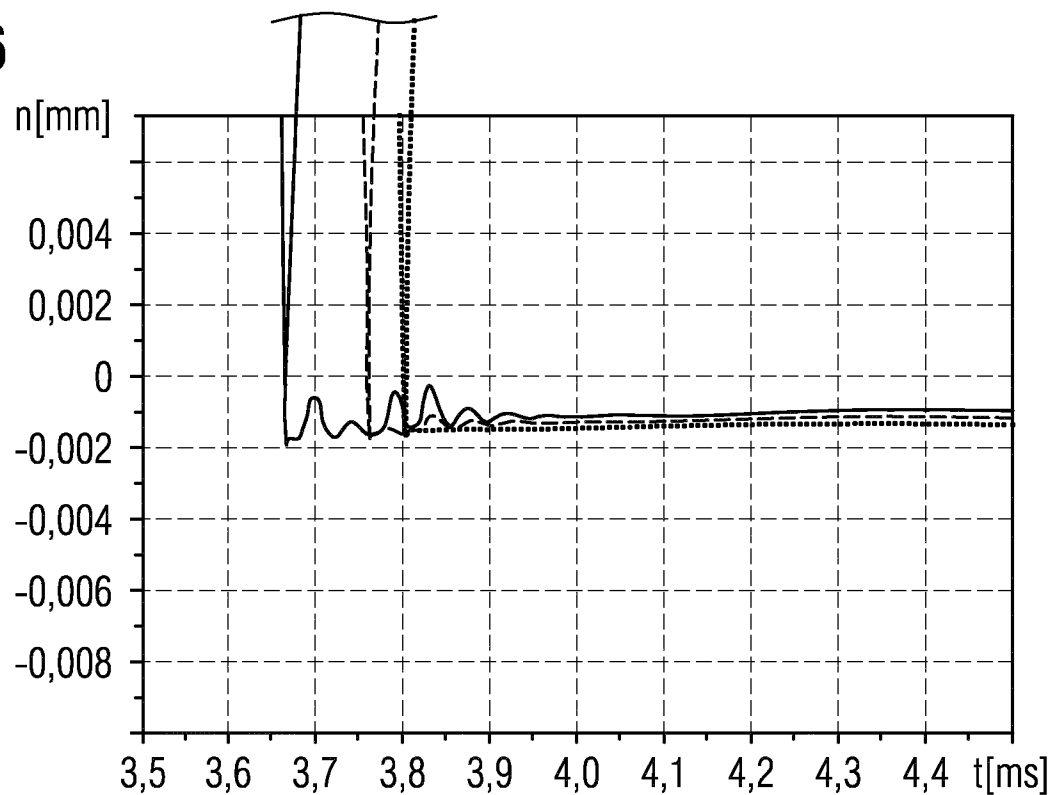


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/073691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02M47/02
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, 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 101 40 524 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 February 2003 (2003-02-27) paragraphs [0020] - [0026] figure 1	1-4,6,8, 9
X	DE 10 2009 000170 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 July 2010 (2010-07-15) paragraphs [0035] - [0060] figures 3-4	1-4,6,9
X	EP 0 909 891 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21 April 1999 (1999-04-21) paragraphs [0005] - [0006] figures 1-3	1,7-9
	----- -/--	



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

7 December 2015

Date of mailing of the international search report

16/12/2015

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

Schwaller, Vincent

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/073691

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 816 670 A1 (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP [US]) 7 January 1998 (1998-01-07) columns 6-8 figures 1-3	1,7-9
A	----- WO 01/31192 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MATTES PATRICK [DE]) 3 May 2001 (2001-05-03) pages 5-7 figure 1 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/073691

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10140524	A1	27-02-2003	NONE
DE 102009000170	A1	15-07-2010	NONE
EP 0909891	A1	21-04-1999	DE 19746143 A1 22-04-1999 EP 0909891 A1 21-04-1999 JP H11241781 A 07-09-1999 US 6142443 A 07-11-2000
EP 0816670	A1	07-01-1998	DE 69708396 D1 03-01-2002 DE 69708396 T2 23-05-2002 EP 0816670 A1 07-01-1998 US 5779149 A 14-07-1998
WO 0131192	A1	03-05-2001	CZ 20012296 A3 12-06-2002 DE 19951144 A1 26-04-2001 EP 1144843 A1 17-10-2001 JP 2003513196 A 08-04-2003 US 6752324 B1 22-06-2004 WO 0131192 A1 03-05-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02M47/02
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, 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 101 40 524 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Absätze [0020] - [0026] Abbildung 1	1-4,6,8, 9
X	DE 10 2009 000170 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Juli 2010 (2010-07-15) Absätze [0035] - [0060] Abbildungen 3-4	1-4,6,9
X	EP 0 909 891 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. April 1999 (1999-04-21) Absätze [0005] - [0006] Abbildungen 1-3	1,7-9
	----- -/-	

☒ 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

7. Dezember 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/12/2015

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

Schwaller, Vincent

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 816 670 A1 (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP [US]) 7. Januar 1998 (1998-01-07) Spalten 6-8 Abbildungen 1-3 -----	1,7-9
A	WO 01/31192 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MATTES PATRICK [DE]) 3. Mai 2001 (2001-05-03) Seiten 5-7 Abbildung 1 -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/073691

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10140524	A1	27-02-2003	KEINE
DE 102009000170	A1	15-07-2010	KEINE
EP 0909891	A1	21-04-1999	DE 19746143 A1 22-04-1999 EP 0909891 A1 21-04-1999 JP H11241781 A 07-09-1999 US 6142443 A 07-11-2000
EP 0816670	A1	07-01-1998	DE 69708396 D1 03-01-2002 DE 69708396 T2 23-05-2002 EP 0816670 A1 07-01-1998 US 5779149 A 14-07-1998
WO 0131192	A1	03-05-2001	CZ 20012296 A3 12-06-2002 DE 19951144 A1 26-04-2001 EP 1144843 A1 17-10-2001 JP 2003513196 A 08-04-2003 US 6752324 B1 22-06-2004 WO 0131192 A1 03-05-2001