

(19)



(11)

**EP 3 800 344 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**07.06.2023 Patentblatt 2023/23**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**F02M 63/00<sup>(2006.01)</sup> F02M 47/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **20210871.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**F02M 47/025; F02M 63/0029; F02M 63/0035; F02M 63/0054; F02M 2547/008**

(22) Anmeldetag: **09.03.2018**

(54) **KRAFTSTOFFEINSPRITZVENTIL**

FUEL DISTRIBUTOR VALVE

SOUPAPE D'INJECTION DE CARBURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **10.03.2017 DE 102017002366**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**07.04.2021 Patentblatt 2021/14**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:

**18710846.9 / 3 580 447**

(73) Patentinhaber: **Liebherr-Components Deggendorf GmbH**

**94469 Deggendorf (DE)**

(72) Erfinder:

- **PIRKL, Richard**  
**93055 Regensburg (DE)**

- **STINGHE, Razvan-Sorin**  
**94491 Hengersberg (DE)**

- **HÖLLBACHER, Markus**  
**5412 Puch (AT)**

- **PREIS, Alexander**  
**94209 Regen (DE)**

- **SCHMID, Michael**  
**Bischofsmais 94253 (DE)**

(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter**

**Lorenz Seidler Gossel**  
**Rechtsanwälte Patentanwälte**  
**Partnerschaft mbB**  
**Widenmayerstraße 23**  
**80538 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 1 991 773 EP-A1- 2 867 517**

**EP-B1- 1 991 773 EP-B1- 2 867 517**

**DE-A1-102012 221 624**

**EP 3 800 344 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil zur intermittierenden Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine.

**[0002]** Derartige Kraftstoffeinspritzventile werden in Kraftstoffeinspritzsystemen verwendet, bei denen vorzugsweise Kraftstoff unmittelbar in Brennräume von selbstentzündlichen schnell laufenden Brennkraftmaschinen eingespritzt wird, wobei die Einspritzung unter hohem Druck geschieht. Hierzu wird der Kraftstoff durch eine Kraftstoffhochdruckpumpe aus einem Kraftstofftank befördert, auf hohen Druck verdichtet und in ein sogenanntes Rail gefördert, das als Speicher für den verdichteten Kraftstoff dient. Von diesem Kraftstoffhochdruckspeicher gehen mehrere Leitungen ab, die der Versorgung der Kraftstoffeinspritzventile dienen.

**[0003]** Die derzeit eingesetzten Kraftstoffeinspritzventile arbeiten nach dem servohydraulischen Prinzip, d.h. sie beinhalten eine Düsennadel, die längsverschieblich im Hochdruckraum des Kraftstoffeinspritzventils angeordnet ist und die durch ihre Längsbewegung eine oder mehrere Einspritzöffnungen öffnet bzw. verschließt. Die Bewegung der Düsennadel und damit der Beginn und das Ende jeder Einspritzung werden dabei hydraulisch gesteuert. Dazu ist ein mit Kraftstoff gefüllter Steuerraum vorhanden. Der unter Hochdruck stehende Kraftstoff übt Druck auf die Düsennadel aus und drückt diese mittels der so aufgeprägten hydraulischen Schließkraft gegen einen Düsensitz, wobei hier der Druck zusätzlich über eine Nadelschließfeder aufgeprägt wird, die ja schon einen Druck auf die Düsennadel ausübt, wenn noch kein hydraulischer Druck zur Verfügung steht. Über ein Steuerventil kann der auf die obere Seite der Düsennadel ausgeübte Druck abgesenkt werden, so dass diese sich vom Düsensitz in ihre Öffnungsstellung abhebt und so die Einspritzöffnung wieder freigibt.

**[0004]** In den bekannten Kraftstoffeinspritzventilen werden entsprechende Steuerventile bzw. Steuervorrichtungen verwendet, um bei der Betätigung eines elektrischen Aktuators, beispielsweise eines Piezos oder Solenoids, das Einspritzventil über die Düsennadel hydraulisch mit der erforderlichen Kraft zu öffnen und zu schließen. Dabei sind grundsätzlich folgende Ausführungsformen bekannt.

**[0005]** Bei einer 2-/2-Wege-Steuervorrichtung gibt der elektrische Aktuator über ein Pilotventil eine Ablaufdrossel frei. Der Druckabbau im Steuerraum bewirkt die Öffnung der Düsennadel. Bei geschlossenem Pilotventil wird der Steuerraum über eine Zulaufdrossel befüllt und die Düsennadel schließt wieder.

**[0006]** Bei einer 3/2-Wege-Steuerrichtung gibt ein elektrischer Aktuator ebenfalls über ein Pilotventil eine Ablaufdrossel frei. Der Druckabbau im Steuerraum öffnet die Düsennadel. Beim Schließen des Pilotventils und beim Schließen der Steuereinrichtung über die Zulaufdrossel erfolgt aber eine Zuschaltung eines weiteren Kraftstoffkanals, der den Steuerraum schneller füllt.

**[0007]** Ein gattungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil ist aus der EP 1991773 B1 bekannt. Hier ist eine 3/2-Wege-Steuervorrichtung realisiert. Die bekannte Steuervorrichtung ist mehrteilig ausgebildet und weist ein Steuerventil mit einem in einer Ventildführung geführten Ventileinsatz auf. In dem Ventileinsatz ist eine Ablaufdrossel angeordnet, die permanent die durch das Steuerventil unterteilten Bereiche des Steuerraums miteinander verbindet. Bei dieser Ausführung kann permanent Kraftstoff über die Ablaufdrossel zwischen den beiden durch das Steuerventil unterteilten Bereichen des Steuerraums ausgetauscht werden.

**[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil derart weiterzubilden, dass der hydraulische Wirkungsgrad bei der intermittierenden Einspritzung des Brennstoffs in den Brennraum verbessert wird und dass das Öffnen bzw. Schließen der Düsennadel im Vergleich zum Stand der Technik schneller erfolgen kann.

**[0009]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Kombination der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Demnach wird ein Kraftstoffeinspritzventil zur intermittierenden Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Gehäuse vorgeschlagen, das einen Hochdruckraum, der mit einem Hochdruckeinlass in Verbindung steht, und einen Niederdruckraum aufweist, ferner mit einer im Hochdruckraum längsbeweglichen Düsennadel, die mit einem Düsensitz zusammenwirkt und durch ihre Längsbewegung eine Verbindung des Hochdruckraums mit einer Einspritzöffnung öffnet und schließt, wobei die Düsennadel über eine Druckfeder mit einer in Richtung auf den Düsensitz gerichteten Schließkraft beaufschlagt wird und wobei die Druckfeder sich auf einer Seite an einer Federhülse aufstützt, in der die Düsennadel in ihrem freien Ende geführt ist, ferner mit einem durch die Federhülse und durch das obere Ende der Düsennadel begrenzten Steuerraum, der mit Kraftstoff unter Druck befüllbar ist und so gesteuert eine Schließkraft auf die Düsennadel ausübt, ferner mit einem im Steuerraum angeordneten Steuerventil, das den Steuerraum in einen ersten und einen zweiten Steuerraum unterteilt, wobei das Steuerventil aus einem in eine Ventildführung geführten Ventileinsatz besteht und wobei in der Ventildführung eine Ablaufdrossel angeordnet ist, die auf der einen Seite mit dem ersten Steuerraum und auf der anderen Seite mit dem zweiten Steuerraum verbunden ist, wobei die durch die Ablaufdrossel gebildete Verbindung zwischen dem ersten Steuerraum und dem zweiten Steuerraum gezielt zeitweise unterbrechbar ist.

**[0010]** Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lösung ergeben sich aus den sich an den Hauptanspruch anschließenden Unteransprüchen.

**[0011]** Demnach kann die Unterbrechung der durch die Ablaufdrossel gebildeten Verbindung durch ein Verschließen der Ablaufdrossel mittels eines Schaltelementes erfolgen.

**[0012]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausge-

staltung der Erfindung besteht das Schaltelement aus einer in der Ablaufdrossel angeordneten Kugel. Diese kann vorteilhaft aus Stahl oder Keramik bestehen.

**[0013]** Gemäß einer anderen alternativen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann das Schaltelement aber auch ein Schieber mit Konus, ein Zylinder oder eine Platte sein.

**[0014]** Zur Verbesserung des Schaltmechanismus kann das jeweils vorgesehene Schaltelement durch eine vorgespannte Feder in einem in der Ablaufdrossel vorgesehenen Dichtsitz gehalten sein. Hierdurch kann die gewünschte Schaltcharakteristik besonders gut realisiert werden.

**[0015]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der zweite Steuerraum teilweise von einer Sitzplatte begrenzt werden, die über eine gesteuert verschließbare Drosselbohrung mit dem Niederdruckraum in Verbindung steht. Die Drosselbohrung kann über einen im Niederdruckraum angeordneten Anker verschließbar sein, wobei der Anker über einen elektrischen Aktuator entgegen der Vorspannung der Feder von der Drosselbohrung gesteuert abhebbar ist. Dieser Anker stellt das sogenannte Pilotventil dar, über dessen Betätigung das Kraftstoffeinspritzventil angesteuert wird.

**[0016]** Der Ventileinsatz kann entsprechend einer besonders vorteilhaften Ausführungsform pilzförmig ausgestaltet sein.

**[0017]** Die Ventilfehrung weist weiter vorteilhaft eine Zulaufdrossel mit Zuführung von unter Hochdruck stehendem Kraftstoff in den zweiten Steuerraum auf.

**[0018]** Des Weiteren kann die Ventilfehrung mindestens eine diagonal angeordnete Bohrung aufweisen, über die der erste Steuerraum mit dem Hochdruckraum zur Zuführung von unter Hochdruck stehendem Kraftstoff verbindbar ist. Besonders vorteilhaft sind zwei diagonal oder drei versetzt um 120 ° angeordnete Bohrungen vorgesehen.

**[0019]** Die Ventilfehrung und der Ventileinsatz können vorteilhaft längsverschieblich in der Federhülse geführt sein. Hierdurch ist eine besondere kompakte Bauform geschaffen.

**[0020]** Die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils ergibt sich wie folgt:

Zum Ausgangszustand haben beim geschlossenen Pilotventil, also bei verschlossener Drosselbohrung, bei gleichzeitig gesperrter Ablaufdrossel im stationären Zustand alle Druckräume ein ausgeglichenes Druckniveau, welches dem Systemdruck entspricht. Der vorteilhaft pilzförmige Ventileinsatz liegt in seiner unteren Anschlagposition, sodass der zweiteilige Steuerraum durch das offene Steuerventil mit dem Hochdruckraum verbunden ist. Das Schaltelement, das vorzugsweise als Kugel ausgebildet ist, verschließt die durch die Ablaufdrossel gebildete Verbindung zwischen dem ersten Steuerraum und dem zweiten Steuerraum entweder durch die eigene Schwerkraft oder in der Ausführung mit der Druckfeder entsprechend federunterstützt.

**[0021]** Öffnet nun das Pilotventil, d.h. wird der Anker

von der Drosselbohrung abgehoben, so sinkt zunächst das Druckniveau im zweiten Steuerraum, indem der Kraftstoff über die Drosselbohrung abfließt. Über die Zulaufdrossel fließt zwar Kraftstoff nach, kann aber einen Druckabfall im zweiten Steuerraum nicht verhindern. Das entstehende Druckgefälle vom ersten zum zweiten Steuerraum führt dazu, dass nun der Ventileinsatz in seine obere Anschlagposition verschoben wird und so den Zulauf aus dem Hochdruckraum verschließt. Durch die gleichzeitige Unterbrechung der durch die Ablaufdrossel gebildeten Verbindung zwischen erstem und zweiten Steuerraum läuft dieser Vorgang beschleunigt ab, da zuerst im zweiten Steuerraum der Druck abgebaut wird. Anschließend wird aber auch das Schaltelement, also beispielsweise die Kugel, aus ihrer Schließposition am Konussitz verschoben und Kraftstoff fließt kontinuierlich vom ersten Steuerraum über den zweiten Steuerraum ab. Der Druckabfall im ersten Steuerraum reduziert die Schließkraft der Düsenadel am Düsensitz bis zur Kraftstoffunterwanderung an der Nadel Sitzfläche, sodass die Düsenadel öffnet. Daraufhin führt die Düsenadel ihren Öffnungshub aus, der durch die Druckdifferenz zwischen Hochdruckraum und Steuerraum aufrechterhalten wird. Die Düsenadel würde nun solange einen Öffnungshub ausführen, bis sie an den oberen Nadelanschlag am Ventileinsatz anliegt. Dieser Anschlagpunkt ist aber so ausgelegt, dass er im Normalbetrieb im Motorbetrieb nie erreicht wird und so auch keine Relevanz hat.

**[0022]** Schließt das Pilotventil, also verschließt der Anker die Drosselöffnung. Der kontinuierlich vorhandene Kraftstofffluss aus dem Hochdruckraum über die Zulaufdrossel sorgt für den Druckanstieg im zweiten Steuerraum. Unmittelbar nach dem Druckanstieg wirkt das umkehrende Druckgefälle, welches sich nun vom zweiten Steuerraum zum ersten Steuerraum einstellt, als Schließkraft auf das erfindungsgemäß vorgesehene Schaltelement, das vorzugsweise als Kugel ausgeführt ist, sodass die Ablaufdrossel zwischen dem ersten Steuerraum und dem zweiten Steuerraum unterbrochen bzw. versperrt wird. Das Verschließen der Ablaufdrossel unterstützt den schnelleren Druckanstieg im zweiten Steuerraum, sodass der Ventileinsatz mit dem Schaltventilsitz früher öffnet und einen großen Querschnitt für den Kraftstoffzulauf aus dem Hochdruckraum freigibt. Es kommt nun zu einem schwunghaften Anstieg des Drucks im ersten Steuerraum bis zum Systemdruckniveau, was die resultierende Öffnungskraft an der Düsenadel auf null reduziert. Allein durch die Nadelfederkraft erfolgt nun der rasche Schließvorgang der Düsenadel. Der Düsensitz dichtet ab und die Einspritzung ist beendet.

**[0023]** Durch die erfindungsgemäß vorgesehene zeitweise Unterbrechung der Verbindung zwischen dem ersten Steuerraum und dem zweiten Steuerraum durch die Ablaufdrossel können die Schaltzeiten verkürzt werden, was zu einer besseren Gesamtfunktion und insbesondere einer Verbesserung des hydraulischen Wirkungsgrades führt. Der Einspritzvorgang beginnt und endet früher. Hierdurch kann im Fall von Mehrfacheinspritzungen der

Abstand zwischen zwei Einspritzungen verkürzt werden.

**[0024]** Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen darin, dass eine schnelle Öffnung der Düsennadel für einen früheren Einspritzstrahlaufbau sorgt, was eine verbesserte Verbrennung im Brennraum zur Folge hat. Das schnellere Düsennadelöffnen kann gerade bei Mehrfacheinspritzungen für kürzere Spritzabstände genutzt werden.

**[0025]** Das schnellere Schließen der Düsennadel kann ebenfalls für kürzere Spritzabstände bei Mehrfacheinspritzungen genutzt werden. Die Ablauf- und auch Zulaufdrossel können auf kleinere Durchflüsse ausgelegt werden. Das wiederum reduziert den Kraftstoffabfluss während der Einspritzung über die Ablaufdrossel, so dass der hydraulische Wirkungsgrad des gesamten Common-Rail-Systems verbessert wird. Ein höherer hydraulischer Wirkungsgrad reduziert darüberhinaus den Kraftstoffverbrauch einer Verbrennungskraftmaschine.

**[0026]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil,

Figur 2a, b: eine Detaildarstellung des Kraftstoffeinspritzventils gemäß eines Ausschnitts aus Figur 1,

Figur 3a-c: weitere Detaildarstellungen gemäß dem Längsschnitt durch das Kraftstoffeinspritzventil entsprechend Figur 1 in unterschiedlichen Arbeitspositionen und

Figur 4: den zeitlichen Verlauf der Einspritzrate unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Einspritzventils im Vergleich zu einem herkömmlichen Einspritzventil.

**[0027]** In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffeinspritzventil in Längsschnitt schematisch dargestellt. Das Kraftstoffeinspritzventil umfasst ein Gehäuse 10, welches über eine Düsenspannmutter 12 mit einer Düse 14 verbunden ist. Auf der gegenüberliegenden Seite ist das Gehäuse 10 über eine Verschlusskappe 16 mit einem elektrischen Anschlusskeil 18 verbunden. Im Inneren des Gehäuses 10 ist ein Hochdruckraum 20 ausgebildet.

**[0028]** Wie in Figur 1 dargestellt, ist das Kraftstoffeinspritzventil im einem Hochdruckbereich und einen Niederdruckbereich unterteilt. Der Hochdruckbereich 20 ist an seinem brennraumseitigen Ende von einem Düsensitz 22 begrenzt. Im Hochdruckbereich 20 ist eine Düsennadel 24 längsverschieblich angeordnet. Diese wirkt mit dem Düsensitz 22 zum Öffnen und Schließen mindestens einer Einspritzöffnung 26, die dem Brennraum zugewandt in der Düse 14 ausgebildet ist, zusammen.

Die Düsennadel 24 wird an ihrem düsensitzabgewandten Ende in einer Federhülse 28 geführt, wobei zwischen der Federhülse 28 und einer auf einem Absatz der Düsennadel aufgelegten Scheibe 30 eine Druckfeder 32 unter Druckvorspannung angeordnet ist. Diese Druckfeder drückt einerseits die Düsennadel 24 gegen den Düsensitz 22. Andererseits drückt sie die Federhülse 28 gegen ein Steuerventil 34. Das mehrteilige Steuerventil 34 stützt sich an einer Sitzplatte 36 ab.

**[0029]** Der Hochdruckraum 20 ist über einen hier nicht näher dargestellten Hochdruckanschluss 25 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllbar, der von einer in der Zeichnung nicht dargestellten Hochdruckpumpe verdichtet worden ist. Dieser hohe Kraftstoffdruck herrscht im gesamten Hochdruckraum 20 und bewirkt eine hydraulische Kraft auf die Düsennadel 24, die die Kraft der Schließfeder 32 bei weitem übersteigt. Zur Erzeugung einer für die Längsbewegung der Düsennadel 24 notwendigen Gegenkraft begrenzt die Düsennadel mit ihrer dem Düsensitz abgewandten Stirnseite einen ersten Steuerraum 38, der durch die Federhülse 28 seitlich begrenzt wird (vgl. Figur 3). Die der Düsennadel 24 gegenüberliegende Seite des ersten Steuerraums 38 wird von dem zweiteiligen Steuerventil 34 begrenzt. Dieses Steuerventil 34 besteht aus einem pilzförmigen Ventileinsatz 40 und einer ringförmigen Ventilfehrung 42. Sowohl der Ventileinsatz 40 wie auch die Ventilfehrung 42 sind jeweils in der Federhülse 28 angeordnet, wie dies aus Figur 3 a ersichtlich ist. Der Ventileinsatz 40 ist längsverschieblich in der Ventilfehrung 42 geführt. Die Ventilfehrung 42 liegt an der Sitzplatte 36 an und umschließt zusammen mit dem Ventileinsatz 40 und der Ventilfehrung 42 einen zweiten Steuerraum 44. Dieser zweite Steuerraum 44 mündet in einer Drosselbohrung 46, welche über einen Anker 48 gesteuert verschließbar ist (vgl. Figur 3 a, b, c). Der Anker befindet sich auf der Niederdruckseite des Kraftstoffeinspritzventils, wie sich aus der Figur 1 ergibt. Aus der Drosselbohrung 46 austretender Kraftstoff wird im Niederdruckbereich über einen hier ebenfalls nicht dargestellten Leckölanschluss aus dem Gehäuse 10 ausgeschleust.

**[0030]** Der Anker 48 ist über eine Feder 50 in Richtung auf die Drosselbohrung 46 beaufschlagt. Im ruhenden Zustand verschließt der Anker 48 die Drosselbohrung dicht aufgrund der Federkraft der Druckfeder 50. Gegen die Federkraft der Druckfeder 50 kann der Anker 48 über einen Elektromagnet von der Drosselbohrung 46 abgehoben werden.

**[0031]** Wie zuvor ausgeführt ist das Steuerventil 34 im hier dargestellten Ausführungsbeispiel zweiteilig ausgeführt. Es besteht aus dem pilzförmig gebildeten Ventileinsatz 40. Dieser weist eine Bohrung 54 auf, wie in Figur 3 gezeigt.

**[0032]** Die Ventilfehrung, in der der Ventileinsatz längsverschieblich geführt ist, weist eine Zulaufdrossel 56 und eine Ablaufdrossel 58 auf. Die Zulaufdrossel verbindet den Hochdruckraum 20 mit dem zweiten Steuerraum 44. Die Ablaufdrossel 58 verbindet den ersten Steu-

erraum 38 mit dem zweiten Steuerraum 44. Die Ablaufdrossel 58 ist über eine Kugel 60 verschließbar (vergl. insbesondere die Figuren 2 und 3). Entsprechend der Darstellung aus Figur 3c weist die Ventildrüse 42 auch zwei sich diametral gegenüberliegende diagonal angeordnete Bohrungen 62 auf, durch die Kraftstoff fließen kann.

**[0033]** Die Funktion des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils ergibt sich wie folgt. Der Anker 48 verschließt im unbestromten Zustand des Elektromagnets 52 die Drosselbohrung 46 der Sitzplatte 36 und verhindert ein Abströmen des Kraftstoffs aus dem zweiten Steuerraum 44 in den Leckagebereich, also den Bereich im Niederdruckteil des Kraftstoffeinspritzventils. Des Weiteren wird die Sitzplatte 36 gegen das Gehäuse 10 gedrückt (vergl. Figur 1). Aufgrund der hohen Oberflächengüte und Ebenheit an der Auflagefläche wird hierdurch eine radiale Abdichtung zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckbereich (Leckagebereich) sowie zwischen dem Hochdruckbereich und dem zweiten Steuerraum 44 gesorgt. Damit wird eine Dauerleckage vermieden.

**[0034]** Sobald der Elektromagnet 52 bestromt wird, wird der Anker 48 von der Drosselbohrung 46 abgehoben, sodass Kraftstoff durch die Drosselbohrung 46 der Sitzplatte 36 aus dem zweiten Steuerraum 44 in den Niederdruckbereich abfließt und somit einen Druckabfall im zweiten Steuerraum 44 erzeugt. Durch den Druckabfall entsteht eine Druckdifferenz zwischen dem zweiten Steuerraum 44 und dem ersten Steuerraum 38.

**[0035]** Diese Druckdifferenz sorgt dafür, dass der Ventileinsatz 40 sowie die Kugel 60 nach oben gedrückt werden und Kraftstoff durch die Ablaufdrossel 58 in der Ventildrüse 42 aus dem ersten in den zweiten Steuerraum abfließt, wodurch wiederum ein Druckausgleich zwischen den beiden Steuerräumen 38, 44 hergestellt wird (vergl. Figur 3a). Der daraus resultierende Druckabfall im ersten Steuerraum 38 im Vergleich zum Hochdruckbereich führt zu einem Anheben der Düsennadel 24, wodurch die Einspritzöffnung 26 der Düse 14 freigegeben wird und eine Einspritzung des Injektors in den hier nicht dargestellten Brennraum erfolgt.

**[0036]** Sobald der Elektromagnet 52 nicht mehr bestromt wird, verschließt der Anker 48 die Drosselbohrung 46 der Sitzplatte 36 und die Kugel 60 wird wieder in einen hier nicht mehr dargestellten Ventilsitz der Ventildrüse gedrückt, um die Ablaufdrossel 58 zu verschließen.

**[0037]** Dadurch wird der erste Steuerraum 38 vom zweiten Steuerraum 44 unverzüglich getrennt. Die Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Steuerraum stellt sich aufgrund des über die Zulaufdrossel 56 der Ventildrüse 42 aus dem Hochdruckbereich zuströmenden Kraftstoffs ohne weitere Verluste durch ein Abfließen in den ersten Steuerraum 38 ein (vergl. Figur 3b).

**[0038]** Im Vergleich zum herkömmlichen Dreiwegeventil, mit einer konstanten Verbindung zwischen dem ersten und zweiten Steuerraum, wird bei diesem erfin-

dungsgemäßen Steuerventil 34 durch den schnelleren Druckaufbau im zweiten Steuerraum 44 der Ventileinsatz 40 früher nach unten gegen die Federhülse 28 gedrückt. Dabei werden die Zulaufbohrungen 62 der Ventildrüse 42 freigegeben und der erste Steuerraum 38 wird schlagartig mit Kraftstoff aus dem Hochdruckbereich befüllt (Fig. 3c). Hierdurch stellt sich im zweiten Steuerraum 44 wie auch im ersten Steuerraum 38 dasselbe Druckniveau wie im Hochdruckbereich 20 ein. Die Düsennadel 24 wird durch den im ersten Steuerraum 38 anliegendem Druck und zusätzlich unterstützt durch die Kraft der Druckfeder 32 wieder in den Düsensitz 22 gedrückt und beendet somit die Einspritzung in den hier nicht dargestellten Brennraum.

**[0039]** In der Figur 2 ist deutlich die geschlossene Position der Kugel 60 gezeigt, in der die Ablaufdrossel 35 verschlossen ist. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel schließt die Kugel 60 aufgrund der Schwerkraft. In einer hier nicht dargestellten alternativen Ausführungsform kann die Kugel zusätzlich noch durch eine nicht näher dargestellte Feder unterstützt werden. Die Darstellung gemäß Figur 2b zeigt die Kugel 60 in abgehobener Position. Hier wird aufgrund des Druckgefälles die Kugel 60 von der Ablaufdrossel 58 wegbewegt, so dass die Ablaufdrossel 58 freigegeben ist.

**[0040]** In Figur 5 wird der zeitliche Verlauf der Einspritzrate gemäß der vorliegenden Erfindung (Kurve I) mit dem zeitlichen Verlauf der Einspritzrate nach dem Stand der Technik (Kurve II) verglichen. Der Unterschied besteht darin, dass nach dem Stand der Technik die Ablaufdrossel 58 nicht über eine Kugel 60 verschließbar ist, so dass in jedem Zustand Kraftstoff durch die Ablaufdrossel fließen kann. Im linken Bereich des Diagramms und im rechten Bereich des Diagramms sind jeweils die ansteigende Flanke und die absteigende Flanke vergrößert dargestellt, um die Unterschiede im Verlauf deutlicher darzulegen. Hier wird deutlich, dass der Einspritzbeginn und das Einspritzende der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung (Kurve I) um einige Mikrosekunden früher erfolgt als beim Stand der Technik (Kurve II). Dies hat, wie bereits zuvor dargelegt, insbesondere bei Mehrfacheinspritzungen einen großen Vorteil. Dadurch lassen sich mehrere Einspritzungen zeitlich näher realisieren. Kurze Spritzabstände haben aber wiederum einen großen Vorteil bei der Emissionserfüllung von Verbrennungsmotoren, da hierdurch ein gleichmäßigerer Abbrand im Brennraum möglich ist.

## 50 Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil zur intermittierenden Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit

einem Gehäuse (10), das einen Hochdruckraum (20), der mit einem Hochdruckeinlaß für Kraftstoff in Verbindung steht, und einen Nieder-

- druckraum aufweist,  
 einer im Hochdruckraum (20) längsbeweglichen  
 Düsennadel (24), die mit einem Düsensitz (22)  
 zusammenwirkt und durch ihre Längsbewe-  
 gung eine Verbindung des Hochdruckraumes  
 (20) mit einer Einspritzöffnung (26) öffnet und  
 schließt, wobei die Düsennadel (24) über eine  
 Druckfeder (32) mit einer in Richtung auf den  
 Düsensitz (22) gerichteten Schließkraft beauf-  
 schlagt wird und wobei die Druckfeder (32) sich  
 auf einer Seite an einer Federhülse (28) ab-  
 stützt, in der die Düsennadel (24) mit ihrem frei-  
 en Ende geführt ist,  
 einem durch die Federhülse (28) und durch das  
 obere Ende der Düsennadel (24) begrenzten  
 Steuerraum (38, 44), der mit Kraftstoff unter  
 Druck befüllbar ist und so gesteuert eine  
 Schließkraft auf die Düsennadel (24) ausübt,  
 und  
 einem im Steuerraum (38, 44) angeordneten  
 Steuerventil (34), das den Steuerraum (38, 44)  
 in einen ersten Steuerraum (38) und einen zwei-  
 ten Steuerraum (44) unterteilt, wobei  
 das Steuerventil (34) aus einem in einer Ventil-  
 führung (42) geführten Ventileinsatz (40) be-  
 steht, und  
 in der Ventileinsatz (40) eine Ablaufdrossel (58)  
 angeordnet ist, die auf der einen Seite mit dem  
 ersten Steuerraum (38) und auf der anderen  
 Seite mit dem zweiten Steuerraum (44) verbun-  
 den ist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die durch die Ablaufdrossel (58) gebildete Ver-  
 bindung zwischen dem ersten Steuerraum (38)  
 und dem zweiten Steuerraum (44) bei einem  
 Überdruck des zweiten Steuerraums (44) ge-  
 genüber dem ersten Steuerraum (38) unterbro-  
 chen und bei einem Unterdruck des zweiten  
 Steuerraums (44) gegenüber dem ersten Steu-  
 erraum (38) geöffnet ist,  
 eine untere Anschlagposition des Ventileinsatz-  
 es (40) den ersten Steuerraum (38) mit dem  
 Hochdruckraum (20) mittels einer in der Ventil-  
 führung (42) angeordneten Zulaufbohrung (62)  
 verbindet,  
 eine obere Anschlagposition des Ventileinsatz-  
 es (40) den Zulauf aus dem Hochdruckraum  
 (20) verschließt, und  
 eine Zulaufdrossel (56) der Ventileinsatz (40)  
 den Hochdruckraum (20) mit dem zweiten Steu-  
 erraum (44) verbindet.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterbrechung der durch die Ablaufdrossel (58) gebildeten Verbindung durch ein Verschließen der Ablaufdrossel (58) mittels eines Schaltelementes erfolgt.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement eine in der Ablaufdrossel (58) angeordnete Kugel ist
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugel aus Stahl oder Keramik besteht.
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement ein Schieber mit Konus, ein Zylinder oder eine Platte ist.
6. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement durch eine vorgespannte Feder in einem in der Ablaufdrossel (58) vorgesehenen Dichtsitz gehalten ist.
7. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Steuerraum (44) teilweise von einer Sitzplatte (36) begrenzt ist, die über eine gesteuert verschließbare Drosselbohrung (46) mit dem Niederdruckraum in Verbindung steht.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drosselbohrung (46) über einen im Niederdruckraum angeordneten Anker verschließbar ist, wobei der Anker (48) über einen elektrischen Aktuator entgegen der Vorspannung einer Feder von der Drosselbohrung (46) gesteuert abhebbar ist
9. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventileinsatz (40) pilzförmig ausgebildet ist.
10. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventileinsatz (40) eine Zulaufdrossel (56) zur Zuführung von unter Hochdruck stehenden Kraftstoff in den zweiten Steuerraum (44) aufweist.
11. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventileinsatz (40) mindestens eine diagonal angeordnete Bohrungen (62) aufweist, über die der erste Steuerraum (38) mit dem Hochdruckraum (20) zur Zuführung von unter Hochdruck stehendem Kraftstoff verbindbar ist.
12. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Ventileinsatz (40) in der Federhülse (28) längsverschieblich geführt sind.

## Claims

1. Fuel injection valve for intermittently injecting fuel into the combustion chamber of an internal combustion engine, comprising

a housing (10) which comprises a high-pressure chamber (20), which is connected to a high-pressure inlet for fuel, and a low-pressure chamber,

an injector needle (24) that is longitudinally movable in the high-pressure chamber (20), interacts with a nozzle seat (22), and opens and closes a connection of the high-pressure chamber (20) to an injection opening (26) by the longitudinal movement thereof, wherein the injector needle (24) is urged by a compression spring (32) with a closing force directed towards the nozzle seat (22), and wherein the compression spring (32) is supported at one side on a spring sleeve (28) in which the injector needle (24) is guided by its free end,

a control chamber (38, 44) that is delimited by the spring sleeve (28) and the upper end of the injector needle (24), and can be filled with pressurized fuel and thus exerts a closing pressure on the injector needle (24) in a controlled manner, and

a control valve (34) that is arranged in the control chamber (38, 44) and divides the control chamber (38, 44) into a first control chamber (38) and a second control chamber (44), wherein the control valve (34) consists of a valve insert (40) guided in a valve guide (42), and a discharge throttle (58) is arranged in the valve guide (42), which throttle is connected to the first control chamber (38) on one side and to the second control chamber (44) on the other side,

**characterized in that** the connection formed by the discharge throttle (58) between the first control chamber (38) and the second control chamber (44) can be interrupted in case of a positive pressure of the second control chamber (44) with respect to the first control chamber (38) and in case of a negative pressure of the second control chamber (44) is opened with respect to the first control chamber (38),

a lower stop position of the valve insert (40) connects the first control chamber (38) to the high pressure chamber (20) by means of an inlet bore (62) arranged in the valve guide (42),

an upper stop position of the valve insert (40) closes the inlet from the high-pressure chamber (20), and

an inlet throttle (56) of the valve guide (42) connects the high-pressure chamber (20) to the second control chamber (44).

2. Fuel injection valve according to claim 1, **characterized in that** the connection formed by the discharge throttle (58) is interrupted by closing the discharge throttle (58) by means of a switching element.

3. Fuel injection valve according to claim 2, **characterized in that** the switching element is a ball arranged in the discharge throttle (58).

4. Fuel injection valve according to claim 3, **characterized in that** the ball consists of steel or ceramic.

5. Fuel injection valve according to claim 2, **characterized in that** the switching element is a slider with a cone, a cylinder, or a plate.

6. Fuel injection valve according to any of claims 2 to 5, **characterized in that** the switching element is retained in a sealing seat provided in the discharge throttle (58) by a pre-tensioned spring.

7. Fuel injection valve according to any of the preceding claims, **characterized in that** the second control chamber (44) is delimited in part by a seat plate (36) that is connected to the low-pressure chamber via a throttle hole (46) that can be closed in a controlled manner.

8. Fuel injection valve according to claim 7, **characterized in that** the throttle hole (46) can be closed by means of an armature arranged in the low-pressure chamber, wherein it is possible to raise the armature (48) from the throttle hole (46) in a controlled manner counter to the pre-tension of a spring by means of an electrical actuator.

9. Fuel injection valve according to any of the preceding claims, **characterized in that** the valve insert (40) is mushroom-shaped.

10. Fuel injection valve according to one of the preceding claims, **characterized in that** the valve guide (42) comprises an inlet throttle (56) in order to supply high-pressure fuel into the second control chamber (44).

11. Fuel injection valve according to any of the preceding claims, **characterized in that** the valve guide (42) comprises at least one diagonally arranged hole (62), via which the first control chamber (38) can be connected to the high-pressure chamber (20) in order to supply high-pressure fuel.

12. Fuel injection valve according to any of the preceding claims, **characterized in that** the valve guide (42) and the valve insert (40) are longitudinally movably guided in the spring sleeve (28).

## Revendications

1. Soupape d'injection de carburant destinée à l'injection intermittente de carburant dans la chambre de combustion d'un moteur à combustion interne comprenant

un boîtier (10), qui comporte une chambre haute pression (20), qui est en liaison avec une entrée à haute pression pour carburant, et une chambre basse pression,

une aiguille d'injecteur (24) mobile longitudinalement dans la chambre haute pression (20), qui coopère avec un siège d'injecteur (22) et, par son déplacement longitudinal, ouvre et ferme une liaison entre la chambre haute pression (20) et une ouverture d'injection (26), l'aiguille d'injecteur (24) étant soumise, par le biais d'un ressort de compression (32), à l'action d'une force de fermeture orientée dans la direction du siège d'injecteur (22) et le ressort de compression (32) s'appuyant d'un côté sur une gaine de ressort (28), dans laquelle l'aiguille d'injecteur (24) est guidée avec son extrémité libre,

une chambre de commande (38, 44), qui est limitée par la gaine de ressort (28) et par l'extrémité supérieure de l'aiguille d'injecteur (24) et qui peut être remplie de carburant sous pression et exerce, ainsi commandée, une force de fermeture sur l'aiguille d'injecteur (24), et

une soupape de commande (34) disposée dans la chambre de commande (38, 44), qui divise la chambre de commande (38, 44) en une première chambre de commande (38) et une seconde chambre de commande (44),

la soupape de commande (34) étant constituée d'une garniture de soupape (40) guidée dans un guide de soupape (42), et

un organe d'étranglement d'écoulement (58), qui est relié d'un côté à la première chambre de commande (38) et de l'autre côté à la seconde chambre de commande (44), étant disposé dans le guide de soupape (42),

### caractérisée en ce que

la liaison formée par l'organe d'étranglement d'écoulement (58) entre la première chambre de commande (38) et la seconde chambre de commande (44) est interrompue relativement à la première chambre de commande (38) en cas d'une pression positive de la seconde chambre de commande (44) et est ouverte en cas d'une pression négative de la seconde chambre de commande (44) relativement à la première chambre de commande (38),

une position de butée inférieure de la garniture de soupape (40) relie la première chambre de commande (38) à la chambre haute pression (20) au moyen d'un alésage d'admission (62)

disposé dans le guide de soupape (42), une position de butée supérieure de la garniture de soupape (40) ferme l'admission depuis la chambre haute pression (20), et

un organe d'étranglement d'admission (56) du guide de soupape (42) relie la chambre haute pression (20) à la seconde chambre de commande (44).

2. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'interruption de la liaison formée par l'organe d'étranglement d'écoulement (58) est effectuée par une fermeture de l'organe d'étranglement d'écoulement (58) au moyen d'un élément de commutation.

3. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'élément de commutation est une sphère disposée dans l'organe d'étranglement d'écoulement (58).

4. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** la sphère consiste en acier ou en céramique.

5. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'élément de commutation est une vanne à cône, un cylindre ou une plaque.

6. Soupape d'injection de carburant selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisée en ce que** l'élément de commutation est maintenu dans un siège d'étanchéité prévu dans l'organe d'étranglement d'écoulement (58) par un ressort précontraint.

7. Soupape d'injection de carburant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la seconde chambre de commande (44) est limitée en partie par une plaque de siège (36), qui est en liaison avec la chambre basse pression par le biais d'un orifice d'étranglement (46) pouvant être fermé par commande.

8. Soupape d'injection de carburant selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** l'orifice d'étranglement (46) peut être fermé par le biais d'une ancre disposée dans la chambre basse pression, l'ancre (48) pouvant être levée de l'orifice d'étranglement (46) par commande par le biais d'un actionneur électrique, contre la précontrainte d'un ressort.

9. Soupape d'injection de carburant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la garniture de soupape (40) est réalisée en forme de champignon.

10. Soupape d'injection de carburant selon l'une des re-

ventions précédentes, **caractérisée en ce que** le guide de soupape (42) présente un organe d'étranglement d'admission (56) pour l'alimentation de carburant sous haute pression dans la seconde chambre de commande (44).

5

11. Soupape d'injection de carburant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le guide de soupape (42) comporte au moins un alésage (62) disposé en diagonale, par le biais duquel la première chambre de commande (38) peut être reliée à la chambre haute pression (20) pour l'alimentation de carburant sous haute pression.

10

12. Soupape d'injection de carburant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le guide de soupape (42) et la garniture de soupape (40) sont guidés coulissants longitudinalement dans la gaine de ressort (28).

15

20

25

30

35

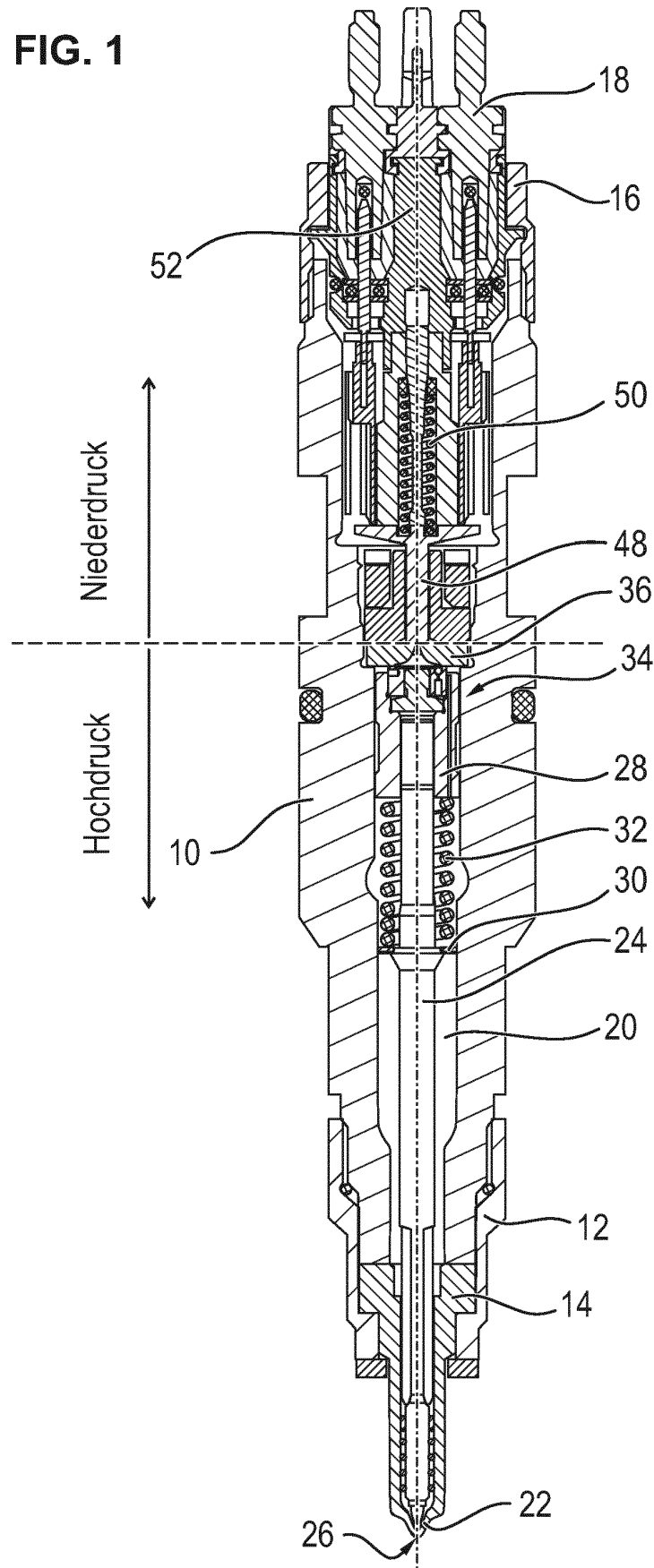
40

45

50

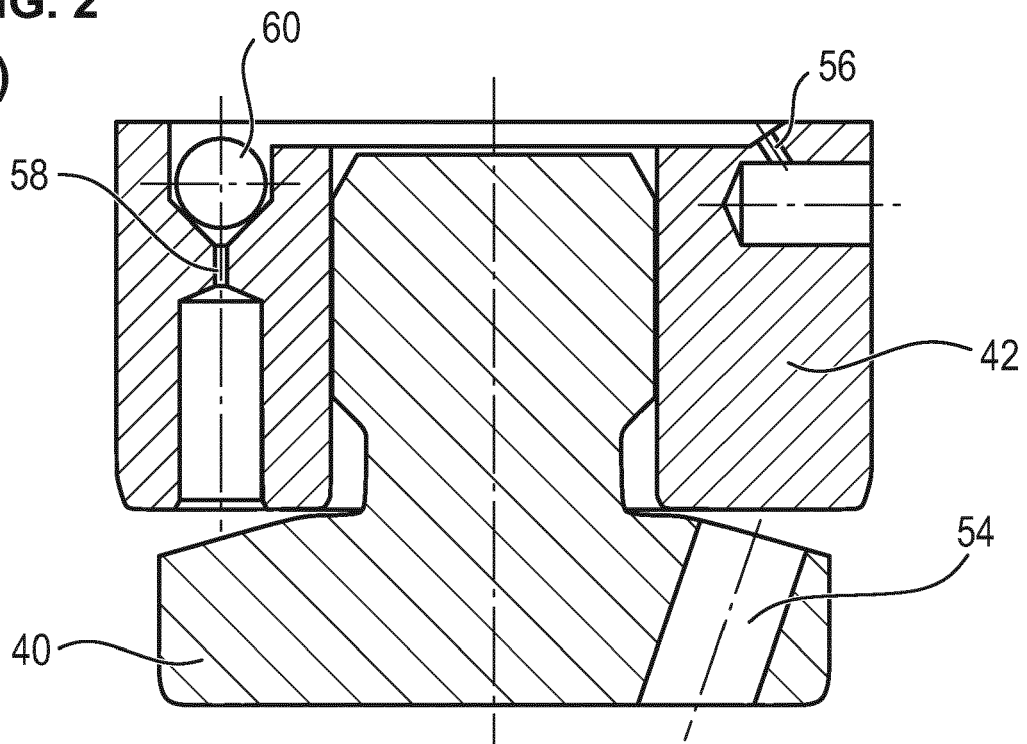
55

FIG. 1



**FIG. 2**

**a)**



**b)**

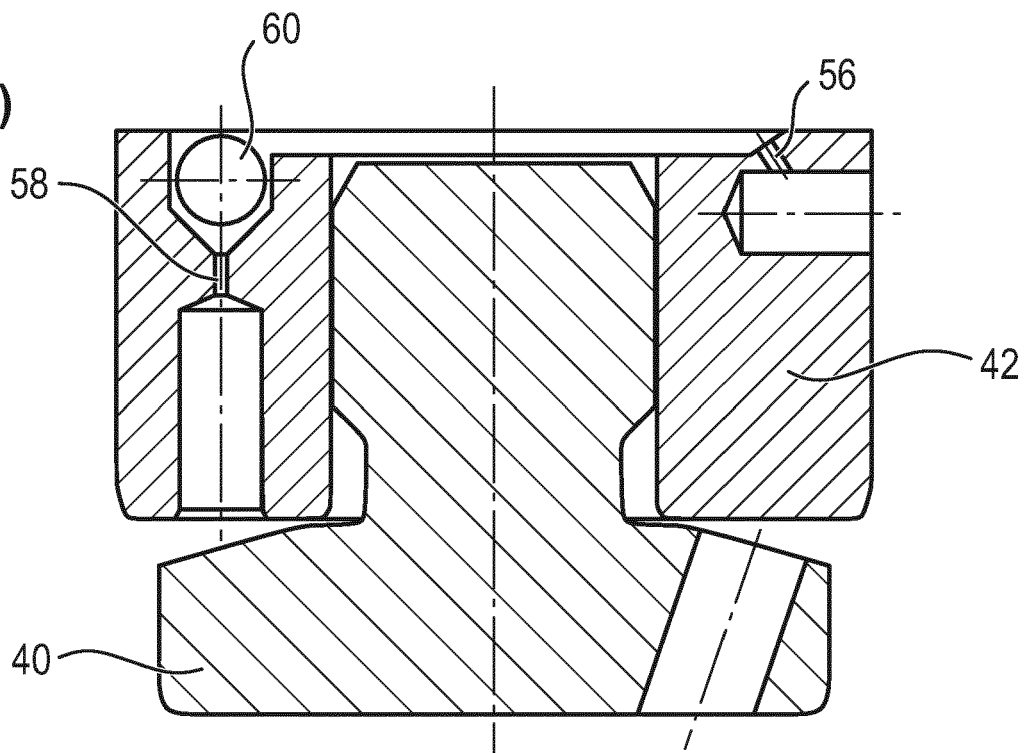


FIG. 3

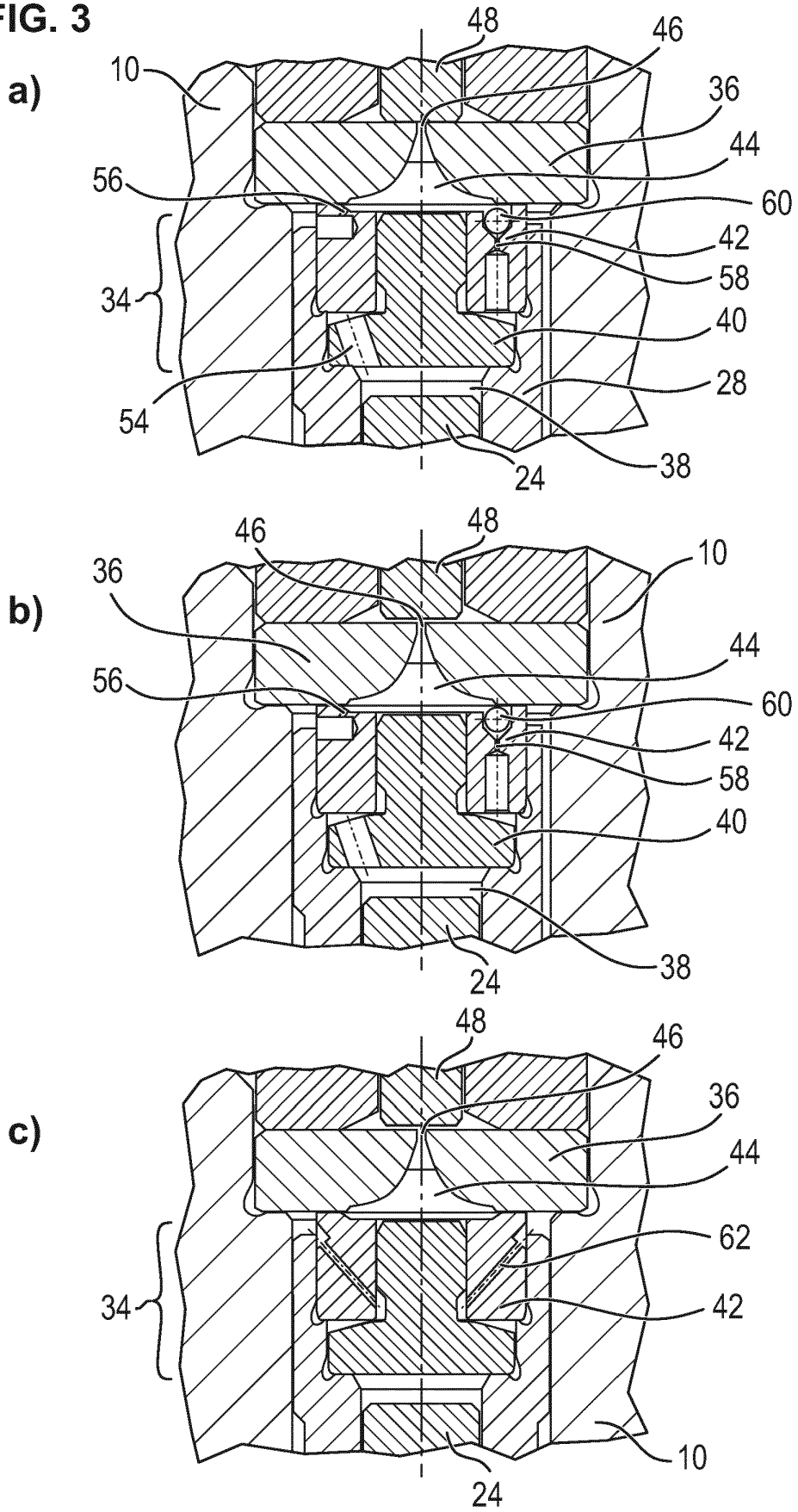
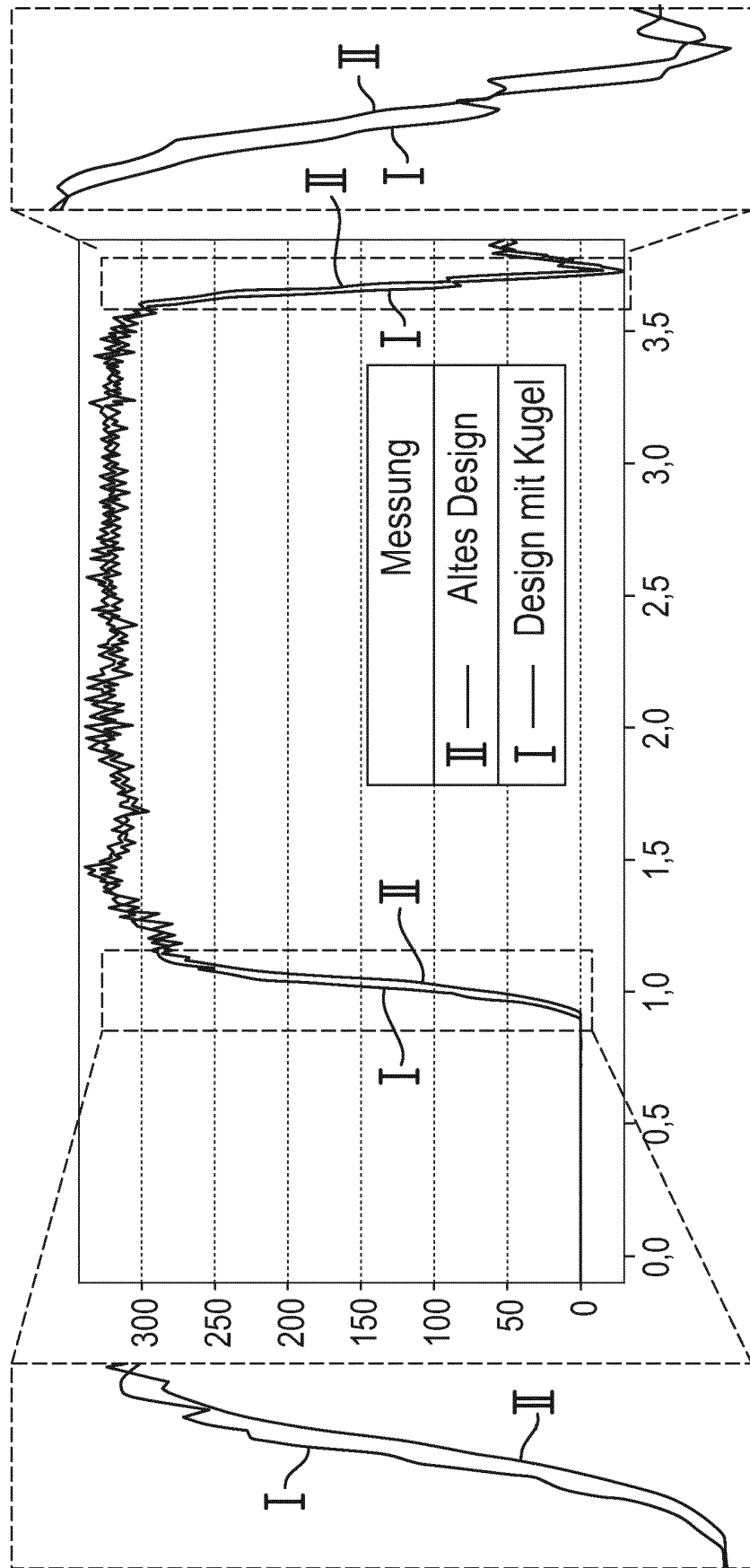


FIG. 4



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1991773 B1 [0007]