



(10) **DE 10 2014 219 242 A1** 2016.03.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 219 242.0**

(22) Anmeldetag: **24.09.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.03.2016**

(51) Int Cl.: **F02M 57/00 (2006.01)**

**F02M 47/02 (2006.01)**

**F02M 45/08 (2006.01)**

**F02M 51/06 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

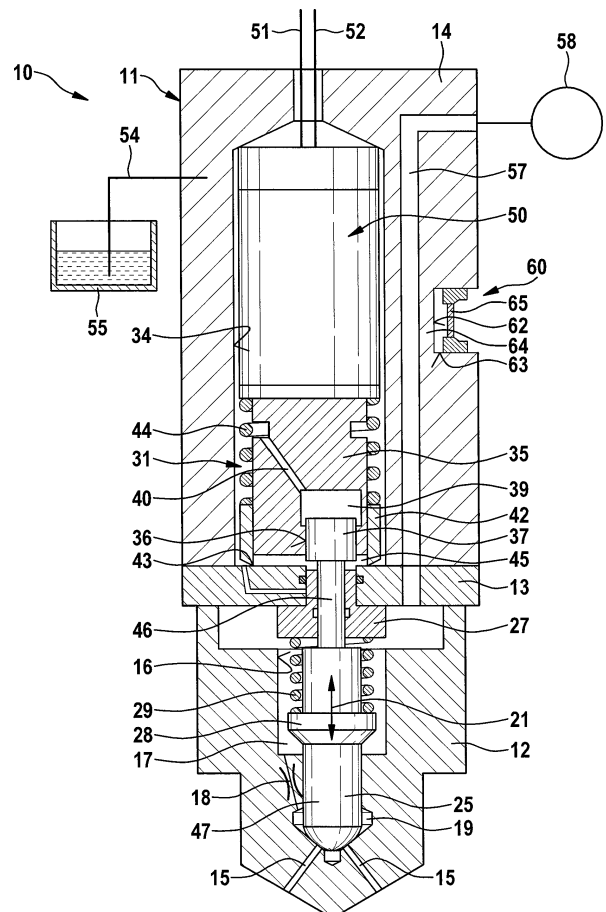
(72) Erfinder:

**Kreschel, Henning, 71640 Ludwigsburg, DE;  
Fischer, Fabian, 70176 Stuttgart, DE; Schnauer,  
Axel, 70435 Stuttgart, DE; Forke, Martin, 70499  
Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor und Verwendung eines Kraftstoffinjektors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor (10), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Injektorgehäuse (11), in dem ein Hochdruckraum (17) ausgebildet ist, der über eine im Injektorgehäuse (11) ausgebildete Versorgungsbohrung (57) mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgbar ist, mit wenigstens einer zumindest mittelbar mit dem Hochdruckraum (17) verbundenen, im Injektorgehäuse (11) ausgebildeten Einspritzöffnung (15) zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem die wenigstens eine Einspritzöffnung (15) freigebenden oder verschließenden Einspritzglied (25), und mit einer ein Piezoelement (65) aufweisenden Sensoreinrichtung (60; 60a; 60b; 60c) zur zumindest mittelbaren Erfassung eines Kraftstoffdrucks im Injektorgehäuse (11). Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Sensoreinrichtung (60; 60a; 60b; 60c) ein Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) zur zumindest bereichsweise radialen Aufnahme des Piezoelements (65) aufweist, und dass Übertragungsmittel (75) vorgesehen sind, die das Piezoelement (65) mit einer zumindest im Wesentlichen senkrecht zur Aufnahmeebene in dem Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) verlaufenden Richtung in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks in dem Injektorgehäuse (11) kraftbeaufschlagen.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor, insbesondere einen Common-Rail-Injektor, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors.

**[0002]** Ein Kraftstoffinjektor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der EP 1 042 603 B1 bekannt. Der bekannte Kraftstoffinjektor weist innerhalb seines Injektorgehäuses einen Sensor auf, der im Bereich einer Ablaufbohrung zwischen einem Steuerraum des Kraftstoffinjektors und einem Niederdruckbereich angeordnet ist. Der Sensor umgibt die Ablaufbohrung an einem hülsenförmigen Abschnitt eines Bauteils in radialer Richtung, wobei in dem Bauteil die Ablaufbohrung ausgebildet ist. In den Steuerraum des Kraftstoffinjektors ragt ein Endabschnitt eines als Düsennadel ausgebildeten Einspritzglieds hinein. Über eine Beeinflussung des Drucks in dem Steuerraum wird in bekannter Art und Weise die Bewegung des Einspritzglieds gesteuert, um zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine im Injektorgehäuse ausgebildete Einspritzöffnungen freizugeben. Der Druck im Steuerraum wird über den Abfluss von Kraftstoff aus dem besagten Steuerraum in den Niederdruckbereich über die Ablaufbohrung bewirkt, wobei die Ablaufbohrung mittels eines Schließglieds im Niederdruckbereich des Injektorgehäuses, welches wiederum mit einem Aktuator, beispielsweise einem Magnetaktuator oder einem Piezoaktuator betätigbar ist, verschlossen werden kann. In der abgesenkten Position des Einspritzglieds herrscht in dem Steuerraum und somit auch in der Ablaufbohrung ein relativ hoher (hydraulischer) Druck. Beim Entlasten des Steuerraums fließt hingegen Kraftstoff aus dem Steuerraum in den Niederdruckbereich ab, wobei sich der hydraulische Druck in der Ablaufbohrung verringert. Der bekannte Sensor ist dazu ausgebildet, den Druck bzw. Druckschwankungen in der Ablaufbohrung, verursacht durch das Öffnen des Schließglieds aus dem Steuerraum, zu erfassen, woraus auf die Stellung des Einspritzglieds (Düsennadel) geschlossen werden kann. Wesentlich dabei ist, dass das aus dem bekannten Kraftstoffinjektor bekannte Piezoelement im Bereich der Ablaufbohrung diese radial umgibt und an dem die Ablaufbohrung begrenzenden Wandabschnitt befestigt ist, insbesondere durch eine Klebe- bzw. Lötverbindung. Dies bewirkt, dass bei einer Druckerhöhung in der Ablaufbohrung Zugspannungen in die Keramik des Piezoelements eingeleitet werden. Dabei ist bekannt, dass piezokeramische Sensoren bei auftretenden Zugspannungen von ca. 20MPa zerstört werden können. Insbesondere wird durch die einseitige Klebung bzw. Lötung eine Schubspannung in die Keramik eingeleitet. Dabei

entsteht über die Dicke der Keramik gesehen ein inhomogener Dehnungszustand, so dass das Potenzial der Keramik zur Signalmessung nur teilweise ausgenutzt wird. Darüber hinaus ist es als nachteilhaft anzusehen, dass die Dauerhaltbarkeit bei einer Verklebung des Piezoelements, beispielsweise über einen Zeitraum von 15 Jahren, welches die typische Nutzungszeit eines Pkws darstellt, bei Temperaturen von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+160^{\circ}\text{C}$ , aufgrund von Medieneinflüssen, Schüttelbelastung am Motor usw. als kritisch zu bewerten ist.

**[0003]** Aus der nachveröffentlichten DE 10 2014 204 629 A1 der Anmelderin ist darüber hinaus ein gattungsgemäßer Kraftstoffinjektor bekannt, bei dem von der Versorgungsbohrung für den Hochdruckraum eine an der Außenseite des Injektorgehäuses mündende Querbohrung ausgeht. In der Querbohrung ist ein Innengewinde ausgebildet, in das ein Sensorelement mit einem Außengewinde einschraubbar ist. In dem Sensorelement ist ein unter Vorspannung angeordnetes Piezoelement angeordnet, welches bei einer Deformation einer in dem Sensorelement angeordneten Membran in einer senkrecht zur Ebene des Piezoelements angeordneten Richtung kraftbeaufschlagt wird. Nachteilig bei dem aus dem zuletzt genannten Kraftstoffinjektor bekannten Sensorelement ist es, dass dieses den Bauraum des Kraftstoffinjektors in radialer Richtung vergrößert und darüber hinaus relativ aufwendig ausgebildet ist.

## Offenbarung der Erfindung

**[0004]** Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Kraftstoffinjektor, insbesondere einen Common-Rail-Injektor, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, dass eine besonders in Bezug auf die Lebensdauer gesehen robuste Sensoreinrichtung mit hoher Genauigkeit ermöglicht wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass die Sensoreinrichtung ein Spannelement zur zumindest bereichsweisen radialen Aufnahme des Piezoelements aufweist, wobei das Spannelement das Piezoelement mit einer zumindest im Wesentlichen parallel zum Piezoelement verlaufenden Richtung in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks in dem Injektorgehäuse kraftbeaufschlagt. Durch die radiale Aufnahme des Piezoelements in dem Spannelement wird dieses in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck mit einer in der Ebene des Piezoelements verlaufenden Druckspannung kraftbeaufschlagt. Insbesondere ist das Piezoelement in dem Spannelement unter Vorspannung auf Druck angeordnet, so dass sich eine Änderung des Kraftstoffdrucks in einer Änderung der Druckspannung in dem Piezoelement äußert. Dadurch entsteht in der Piezokeramik insgesamt gesehen ein homogener Druckspannungszustand. Bei einer Druckveränderung des Kraftstoff-

drucks in dem Injektorgehäuse, insbesondere in der Versorgungsbohrung, wird über das Spannelement eine entsprechend dem Kraftstoffdruck veränderliche Druckspannung auf das Piezoelement übertragen, sodass dieses ein entsprechendes Spannungssignal erzeugt, mittels dessen auf den Kraftstoffdruck geschlossen werden kann. Gleichzeitig ermöglicht es das Spannelement, das Piezoelement ohne Verwendung einer Klebeverbindung am Kraftstoffinjektor anzuordnen.

**[0005]** Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

**[0006]** In bevorzugter Anordnung der Sensoreinrichtung ist diese im Bereich einer sacklochförmigen Ausnehmung im Injektorgehäuse angeordnet, wobei die Größe der Ausnehmung in der Ebene des Spannelements in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck veränderbar ist. Insbesondere ist das Spannelement durch einen radial umlaufenden Wandabschnitt in der Ausnehmung aufgenommen, derart, dass sich die Größe der Ausnehmung und somit die in radialer Richtung wirkende Druckspannung auf das Spannelement und das Piezoelement sich in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks verändert.

**[0007]** In einer Weiterbildung der zuletzt genannten Anordnung ist es vorgesehen, dass die Ausnehmung in Wirkverbindung mit der Versorgungsbohrung angeordnet ist, wobei zwischen der Ausnehmung und der in den Hochdruckraum des Kraftstoffinjektors mündenden Versorgungsbohrung ein Wandabschnitt des Injektorgehäuses ausgebildet ist. Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Sensoreinrichtung außerhalb des Hochdruckbereichs bzw. der Versorgungsbohrung des Kraftstoffinjektors angeordnet ist und somit nicht hochdruckfest ausgebildet werden muss. Außerdem wird dadurch auch die konstruktive Ausbildung der in dem Hochdruckraum angeordneten Bauteile nicht tangiert und im Hochdruckraum kein zusätzlicher Bauraum für die Sensoreinrichtung benötigt.

**[0008]** Weiterhin ist es bei der zuletzt genannten Ausbildung bzw. Anordnung der Ausnehmung vorgesehen, dass die Wanddicke des Injektorgehäuses im Bereich der Ausnehmung reduziert ist. Dadurch wölbt sich das Injektorgehäuse im Bereich der Ausnehmung bei einer Druckerhöhung in der Versorgungsbohrung in Art einer Membran stärker als in dem Bereich neben der Ausnehmung. Die stärkere Deformation des Injektorgehäuses im Bereich der Ausnehmung bewirkt eine radiale Aufweitung der Ausnehmung im Bereich des Sensors und damit eine Reduzierung der Druckspannung in dem Piezoelement.

**[0009]** Um eine gleichmäßige Deformation des Wandabschnitts im Bereich der Ausnehmung und

gleichmäßige Druckbeanspruchung des Piezoelements zu ermöglichen, ist es vorgesehen, dass das Piezoelement und der Grund der Ausnehmung parallel zueinander angeordnet sind.

**[0010]** Wie bereits erläutert, ist es bevorzugt vorgesehen, dass das Piezoelement unter radialer Vorspannung in Form einer Druckspannung in dem Spannelement aufgenommen ist. Die dabei einmalig entstehende Ladung des Piezoelements kann bei der Montage des Kraftstoffinjektors über einen Ableitwiderstand bzw. kurzgeschlossenen Leitungen abgebaut werden. Durch die radiale Vorspannung wird in der Keramik ein homogener Druckspannungszustand erzeugt, der durch die Deformation des Injektorgehäuses verändert wird, um damit das Messsignal zu generieren.

**[0011]** In bevorzugter konstruktiver Ausbildung des Spannelements ist dieses in Form eines Spannrings ausgebildet. Dadurch lässt sich insbesondere die gewünschte radiale Vorspannung gleichmäßig in das Piezoelement einleiten.

**[0012]** Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn das Spannelement Mittel zur Einstellung der radialen Vorspannkraft aufweist. Dadurch kann beispielsweise ein standardisiertes Sensorelement an unterschiedliche Betriebsdrücke von Kraftstoffinjektoren besonders einfach angepasst werden.

**[0013]** Insbesondere ist die Verwendung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen vorgesehen, bei denen der Systemdruck mehr als 2000bar beträgt. Die Erfindung soll jedoch nicht auf derartig (hohe) Betriebs- bzw. Systemdrücke beschränkt sein.

**[0014]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen.

**[0015]** Diese zeigen in:

**[0016]** Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor mit einem Sensor zur Erfassung von Druckschwankungen im Bereich einer unter Hochdruck stehenden Versorgungsleitung außerhalb der Versorgungsleitung,

**[0017]** Fig. 2 einen Ausschnitt aus dem Kraftstoffinjektor gemäß Fig. 1 im Bereich des Sensors bei einer ersten Ausführungsform des Sensors,

**[0018]** Fig. 3 bis Fig. 5 jeweils den Ausschnitt gemäß Fig. 2 bei abgewandelten Sensoren unter Verwendung unterschiedlich ausgebildeter Spannelemente und

**[0019]** Fig. 6 in Draufsicht einen Spannring zur Verwendung bei einem Sensorelement.

**[0020]** Gleiche Elemente bzw. Elemente mit gleicher Funktion sind in den Figuren mit den gleichen Bezugsziffern versehen.

**[0021]** In der Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Kraftstoffinjektor **10** dargestellt, wie er als Bestandteil eines sogenannten Common-Rail-Einspritzsystems zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine dient. Insbesondere weist das Common-Rail-Einspritzsystem hierbei ein Systemdruck von mehr als 2000bar auf.

**[0022]** Der Kraftstoffinjektor **10** umfasst ein Injektorgehäuse **11**, das im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen aus drei, in Axialrichtung aneinander anschließenden Bauteilen besteht: Auf der dem nicht gezeigten Brennraum der Brennkraftmaschine zugewandten Seite weist das Injektorgehäuse **11** einen Düsenkörper **12** auf, an den sich eine Zwischenplatte **13**, und an diese wiederum auf der dem Düsenkörper **12** abgewandten Seite ein Haltekörper **14** anschließt. Die erwähnten Bauteile des Injektorgehäuses **11** sind insbesondere unter Verwendung einer in der Fig. 1 nicht dargestellten Düsenspannmutter, wie an sich aus dem Stand der Technik bekannt, axial miteinander dichtend verspannt.

**[0023]** In dem Düsenkörper **12** ist wenigstens eine, vorzugsweise jedoch mehrere Einspritzöffnungen **15** zum Einspritzen des unter Hochdruck stehenden Kraftstoffs in den Brennraum der Brennkraftmaschine ausgebildet. Der Düsenkörper **12** bildet in einer sacklochförmigen Ausnehmung **16** einen Hochdruckraum **17** aus, der über einen Zuströmkanal **18** hydraulisch mit einem Sitzraum **19** der Ausnehmung **16** verbunden ist. Innerhalb der Ausnehmung **16** ist ein in Richtung des Doppelpfeils **21** hubbeweglich angeordnetes Einspritzglied in Form einer Düsenadel **25** angeordnet. In der in der Fig. 1 dargestellten abgesenkten Stellung der Düsenadel **25** verschließt diese die Einspritzöffnungen **15**. Demgegenüber werden die Einspritzöffnungen **15** in einer angehobenen Position der Düsenadel **25** zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine freigegeben.

**[0024]** Die Düsenadel **25** ist im Hochdruckraum **17** innerhalb eines Haltekörpers **27** radial geführt, wobei zwischen dem Haltekörper **27** und einem Bund **28** der Düsenadel **25** eine als Schließfeder ausgebildete Druckfeder **29** angeordnet ist, die die Düsenadel **25** in Richtung ihrer Schließstellung kraftbeaufschlagt.

**[0025]** Auf der dem Hochdruckraum **17** abgewandten Seite der Zwischenplatte **13** ist in dem Haltekörper **14** ein Niederdruckbereich **31** des Injektorgehäu-

ses **11** ausgebildet. In dem Haltekörper **14** ist in einer Ausnehmung **34** ein Kopplerkolben **35** angeordnet, der auf der der Düsenadel **25** zugewandten Seite eine sacklochförmige Aufnahme **36** für einen zylindrisch ausgebildeten oberen Endabschnitt **37** der Düsenadel **25** ausbildet. Die Aufnahme **36** dient der radialen Führung des Endabschnitts **37**, wobei in Abhängigkeit der Stellung des Endabschnitts **37** innerhalb eines Ausgleichsraums **39** in der Aufnahme **36** ein unterschiedliches Volumen ausgebildet ist. Der Ausgleichsraum **39** ist über eine Verbindungsbohrung **40** mit dem Niederdruckbereich **31** druckentlastbar verbunden.

**[0026]** Der Kopplerkolben **35** ist radial von einer Kopplerhülse **42** umfasst, die sich über eine Beisskante **43** axial an der Zwischenplatte **13** abstützt. Die Kopplerhülse **42** ist mittels einer weiteren Druckfeder **44**, die sich an der Unterseite eines Piezoaktors **50** abstützt, axial gegen die Zwischenplatte **13** kraftbeaufschlagt. Zwischen der der Zwischenplatte **13** zugewandten Seite des Kopplerkolbens **35**, der Zwischenplatte **13** und der Kopplerhülse **42** ist ein Kopperraum **45** ausgebildet. Der Piezoaktor **50** ist über Anschlussleitungen **51**, **52** elektrisch mit einer nicht dargestellten Spannungsquelle verbunden. Bei einer Bestromung des Piezoaktors **50** verändert sich dessen axiale Länge derart, dass der mit dem Piezoaktor **50** verbundene Kopplerkolben **35** in Richtung der Zwischenplatte **13** bewegt wird, wodurch Kraftstoff aus dem Ausgleichsraum **39** verdrängt wird, welcher über die Verbindungsbohrung **40** in den Niederdruckbereich **31** abströmt. Vom Niederdruckbereich **31** strömt der Kraftstoff über eine Rücklaufleitung **54** beispielsweise in einen Kraftstofftank **55** zurück. Durch die Bewegung des Kopplerkolbens **35** in Richtung der Zwischenplatte **13** kommt es zu einer Kompression des in dem Kopperraum **45** befindlichen Kraftstoffs, wobei über die Differenzfläche zwischen einem Führungsbereich **46** der Düsenadel **25** im Bereich des Haltekörpers **27** und einem Bereich **47** der Düsenadel **25** im Hochdruckraum **17** eine in Öffnungsrichtung der Düsenadel **25** gerichtete hydraulische Druckkraft erzeugt wird, die ein Abheben der Düsenadel **25** aus ihrer gezeigten Schließstellung bewirkt. Dadurch wird Kraftstoff über die Einspritzöffnungen **15** in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt.

**[0027]** Die Versorgung des Hochdruckraums **17** mit Kraftstoff erfolgt über eine innerhalb der Zwischenplatte **13** und des Haltekörpers **14** des Injektorgehäuses **11** angeordnete Versorgungsbohrung **57**, die mit einer Kraftstoffquelle **58** (Rail) mit unter Hochdruck stehendem Kraftstoff versorgt ist. Erfindungsgemäß wird der in der Versorgungsbohrung **57** herrschende Druck des Kraftstoffs mittels eines Sensors **60** erfasst. Der Sensor **60** ist in einer sacklochförmigen Ausnehmung **61** innerhalb der äußeren Kontur des Injektorgehäuses **11** angeordnet, die in Wirk-

verbindung mit der Versorgungsbohrung **57** angeordnet ist. Insbesondere ist die einen konstanten Durchmesser aufweisende Ausnehmung **61** in etwa rechtwinklig zur Versorgungsbohrung **57** bzw. zur Längsachse des Injektorgehäuses **11** außerhalb der Versorgungsbohrung **57** und somit auch außerhalb des Hochdruckbereichs des Injektorgehäuses **11** angeordnet. Im Bereich der Ausnehmung **61** ist die Wanddicke des Injektorgehäuses **11** im Vergleich zu den benachbart zur Ausnehmung **61** angeordneten Bereichen reduziert. Insbesondere ist die Wanddicke des Wandabschnitts **64** im Bereich des Grunds **62** der Ausnehmung **61** so bemessen, dass beim Betrieb des Kraftstoffinjektors **10** auftretende Druckschwankungen in der Versorgungsbohrung **57** zu einer elastischen Verformung des Wandabschnitts **64** und zu einer Veränderung der Größe der Ausnehmung **61** im Bereich des Sensors **60** führen, die mittels des Sensors **60** detektierbar ist. Hierzu ist der Sensor **60** im Bereich der Ausnehmung **61** durch eine radial umlaufende Umfangswand **63** der Ausnehmung **61** unter radialer Vorspannung in Form einer Druckspannung aufgenommen.

**[0028]** Wie aus einer Zusammenschau der **Fig. 1** und **Fig. 2** bei einer ersten Ausführungsform des Sensors **60** erkennbar ist, weist der Sensor **60** ein in Draufsicht rundes bzw. kreisförmiges, im Wesentlichen plattenförmiges Piezoelement **65** auf, das mittels eines Spannelements **67** in der Ausnehmung **61** ortsfest angeordnet ist, wobei das Piezoelement **65** senkrecht zur Versorgungsbohrung **57** im Bereich der Ausnehmung **61** angeordnet ist. Das Spannelement **67** ist als ringförmiger Körper mit einer Einlaufschräge **68** zur Montage des Piezoelements **67** in einem zylindrisch ausgebildeten Lagerbereich **69** ausgebildet. Hierbei ist das Piezoelement **65** unter radialer Vorspannung in dem Lagerbereich **69** aufgenommen. Die parallel zu der Oberseite **71** bzw. der Unterseite **72** des Piezoelements **65** verlaufende Einspannebene des Piezoelements **65** in dem Spannelement **67** verläuft parallel zum Grund **62** der Ausnehmung **61**.

**[0029]** Eine Druckerhöhung des Kraftstoffs in der Versorgungsbohrung **57** führt zu einer elastischen Verformung des Grunds **62** der Ausnehmung **61** nach außen und einer radialen Vergrößerung/Aufweitung der Umfangswand **63** im Bereich des Spannelements **67**, wie dies durch die gestrichelte Darstellung des Grunds **62** und der Umfangswand **63** in der **Fig. 2** verdeutlicht sein soll. Dies wiederum führt zu einer Reduzierung der Vorspannung bzw. Druckspannung in dem Piezoelement **65** und zur Erzeugung eines entsprechenden Spannungssignals, welches mittels einer nicht dargestellten Auswerteeinrichtung ausgewertet werden kann, um insbesondere den Öffnungs- bzw. Schließzeitpunkt der Düsennadel **25** zu detektieren. Hierbei wird sich die Erkenntnis zunutze gemacht, dass beim Öffnen der Düsennadel **25** durch den Abfluss des Kraftstoffs in den Brennraum

der Brennkraftmaschine eine Druckerniedrigung im Hochdruckraum **17** sowie der Versorgungsbohrung **57** erfolgt, und beim Schließen eine Druckerhöhung durch das Verschließen der Einspritzöffnungen **15**, wobei die jeweilige Druckänderung mittels des Sensors **60** erfasst wird.

**[0030]** In den **Fig. 3** und **Fig. 4** ist ein modifizierter Sensor **60a** dargestellt, der sich von dem Sensor **60** gemäß der **Fig. 2** dadurch unterscheidet, dass das Spannelement **67a** mit einem Isolationsring **78** zusammenwirkt. Der Isolationsring **78** weist auf der dem Grund **62** der Ausnehmung **61** zugewandten Seite einen radial nach innen ragenden, umlaufenden Haltebereich **79** auf, der das Piezoelement **65** parallel zum Grund **62** positioniert. Ferner weisen das Spannelement **67a** sowie der Isolationsring **78** in Wirkverbindung zueinander angeordnete, radial umlaufende und schräg angeordnete Führungsflächen **81**, **82** auf, um die radiale Vorspannung auf das Piezoelement **65** zu erzeugen.

**[0031]** Während die **Fig. 3** den Zustand zeigt, wie er sich während der Montage des Piezoelements **65** bzw. des Sensors **60a** einstellt, zeigt die **Fig. 4** die Endposition des Sensors **60a** in der Ausnehmung **61**. Insbesondere erkennt man hierbei, dass der beispielsweise aus Keramik oder Kunststoff bestehend Isolationsring **78** am Grund **62** der Ausnehmung **61** aufliegt. Das einteilig oder aber mehrteilig ausgebildete Spannelement **67a** wird im Einbauzustand, bei der auf das Piezoelement **65** die benötigte radiale Vorspannung generiert ist, beispielsweise mittels einer punktförmigen oder radial umlaufenden Laserschweißnaht **83** an der Innenwand der Ausnehmung **61** befestigt bzw. fixiert.

**[0032]** In der **Fig. 5** ist eine weitere Ausführungsform des Sensors **60b** dargestellt, bei dem eine schräg angeordnete Führungsfläche **84** des aus elektrisch nicht leitendem Material bestehenden Spannelements **67b** im Bereich des Grunds **62** der Ausnehmung **61** an einer schräg angeordneten Anlagefläche **85** der Ausnehmung **61** anliegt. Durch eine entsprechende Kraftbeaufschlagung des Spannelements **67b** durch eine Kraft  $F$  wird die gewünschte radiale Vorspannung in dem Piezoelement **65** erzeugt. In Analogie zum Spannelement **67a** wird auch das Spannelement **67b** in seinem Einbauzustand mittels einer Laserschweißnaht **83b** in der Ausnehmung **61** fixiert.

**[0033]** Das in der **Fig. 6** in Draufsicht dargestellte Spannelement **67c** unterscheidet sich von den Spannelementen **67**, **67a** und **67b** dadurch, dass das Spannelement **67c** in Form eines Spannrings **87** ausgebildet ist, der einen radial verlaufenden Schlitz **88** aufweist. Im Bereich des Schlitzes **88** ist ein Spannmittel, beispielsweise in Form einer Spannschraube **89** oder eines (nicht dargestellten) Spannstifts angeordnet, um die Öffnungsweite des Spannrings **87**,

und somit die radiale Vorspannung auf das innerhalb der Ausnehmung des Spannrings **87** angeordneten Piezoelements **65** einzustellen. Der in der **Fig. 6** dargestellte Sensor **60c** ermöglicht es, diesen außerhalb des Kraftstoffinjektors **10** zu montieren bzw. vorzuspinnen, so dass es genügt, diesen anschließend an die gewünschte Stellung in die Ausnehmung **61** des Injektorgehäuses **11** einzusetzen.

**[0034]** Der soweit beschriebene Kraftstoffinjektor **10** bzw. deren Sensoren **60**, **60a** bis **60c** können in vielfältiger Art und Weise abgewandelt bzw. modifiziert werden, ohne vom Erfindungsgedanken abzuweichen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1042603 B1 [0002]
- DE 102014204629 A1 [0003]

### Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (10), insbesondere Common-Rail-Injektor, mit einem Injektorgehäuse (11), in dem ein Hochdruckraum (17) ausgebildet ist, der über eine im Injektorgehäuse (11) ausgebildete Versorgungsbohrung (57) mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgbar ist, mit wenigstens einer zumindest mittelbar mit dem Hochdruckraum (17) verbundenen, im Injektorgehäuse (11) ausgebildeten Einspritzöffnung (15) zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem die wenigstens eine Einspritzöffnung (15) freigebenden oder verschließenden Einspritzglied (25), und mit einer ein Piezoelement (65) aufweisenden Sensoreinrichtung (60; 60a; 60b; 60c) zur zumindest mittelbaren Erfassung eines Kraftstoffdrucks im Injektorgehäuse (11), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoreinrichtung (60; 60a; 60b; 60c) ein Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) zur zumindest bereichsweisen radialen Aufnahme des Piezoelements (65) aufweist, wobei das Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) das Piezoelement (65) mit einer zumindest im Wesentlichen parallel zum Piezoelement (65) verlaufenden Richtung in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks in dem Injektorgehäuse (11) mit einer Druckspannung kraftbeaufschlagt.

2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoreinrichtung (60; 60a; 60b; 60c) im Bereich einer sacklochförmigen Ausnehmung (61) im Injektorgehäuse (11) angeordnet ist, und dass die Größe der Ausnehmung (61) in der Ebene des Spannelements (67; 67a; 67b; 67c) in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck veränderbar ist.

3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausnehmung (61) in Wirkverbindung mit der Versorgungsbohrung (57) angeordnet ist, wobei zwischen der Ausnehmung (61) und der Versorgungsbohrung (57) ein Wandabschnitt (64) ausgebildet ist.

4. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wanddicke des Injektorgehäuses (11) im Bereich des Wandabschnitts (64) Ausnehmung (61) reduziert ist.

5. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Piezoelement (65) und der Grund (62) der Ausnehmung (61) parallel zueinander angeordnet sind.

6. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Piezoelement (65) unter radialer Vorspannung in dem Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) aufgenommen ist.

7. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das

Spannelement (67; 67a; 67b; 67c) ringförmig bzw. in Form eines Spannrings (87) ausgebildet ist.

8. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spannelement (67a; 67b; 67c) Mittel (78, 89) zur Einstellung der radialen Vorspannkraft auf das Piezoelement (65) aufweist.

9. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Piezoelement (65) kreis- bzw. scheibenförmig ausgebildet ist.

10. Verwendung eines Kraftstoffinjektors (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen mit einem Systemdruck von mehr als 2000bar.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

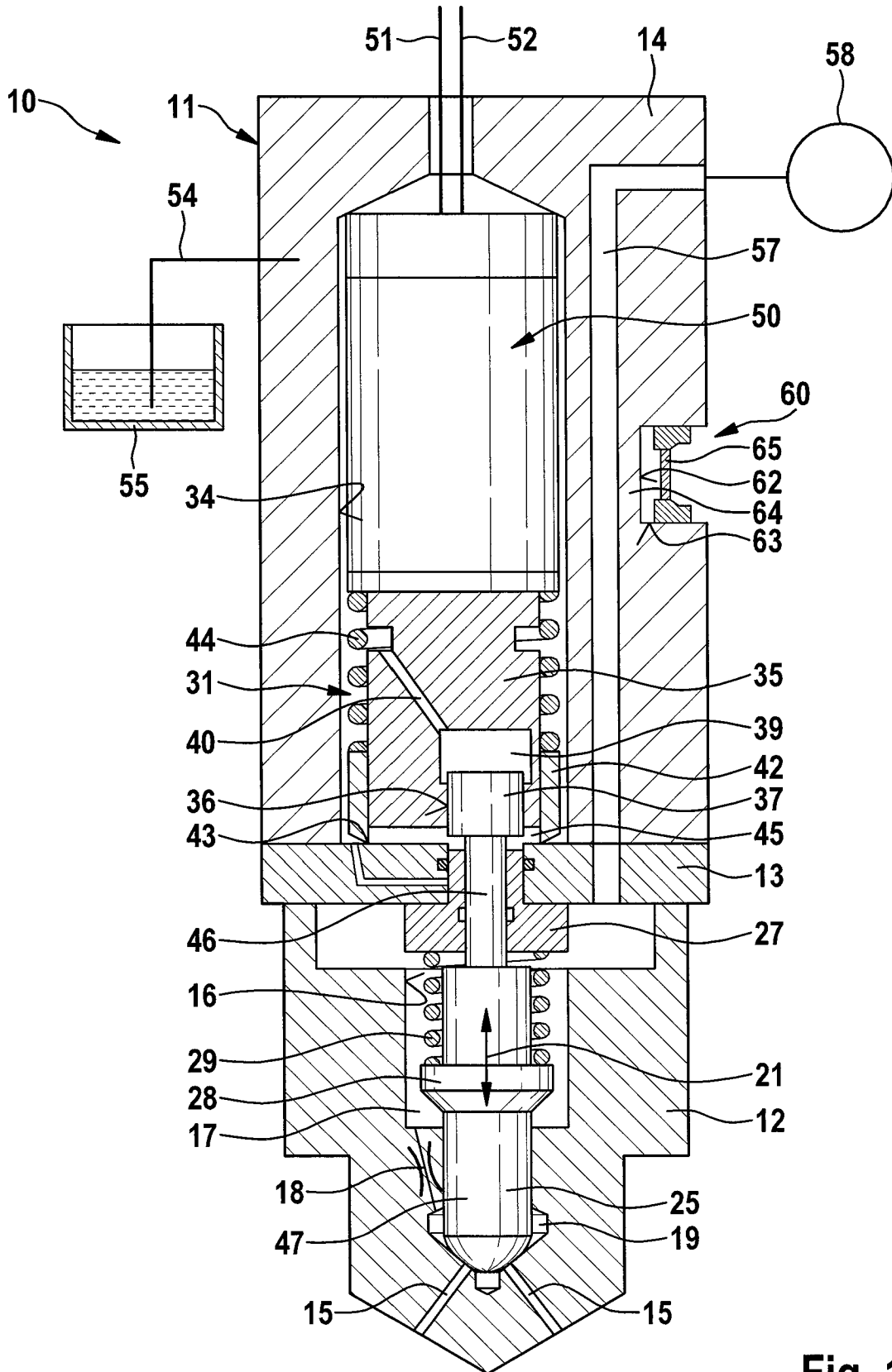
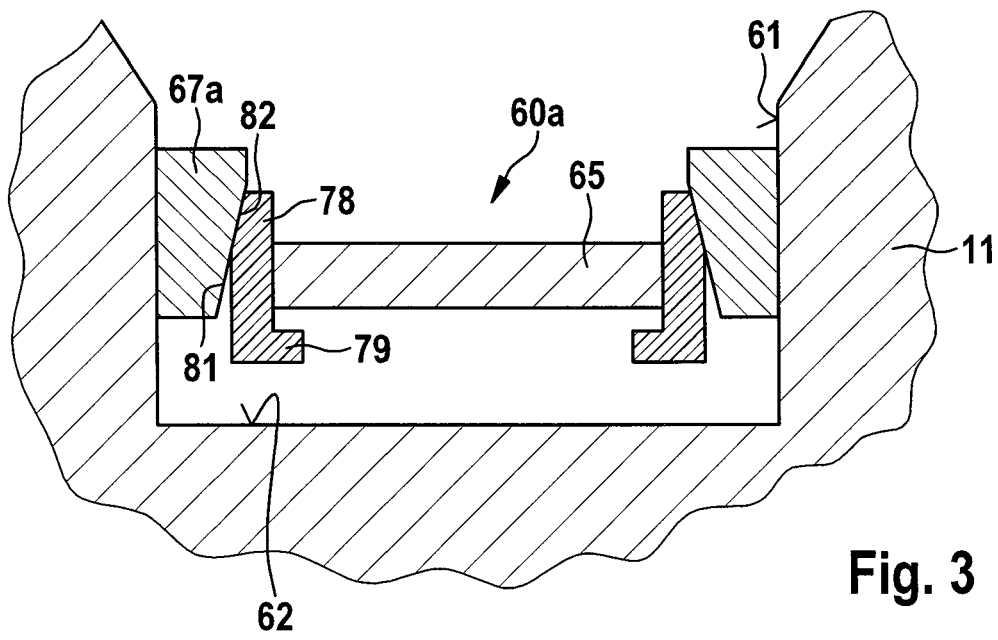
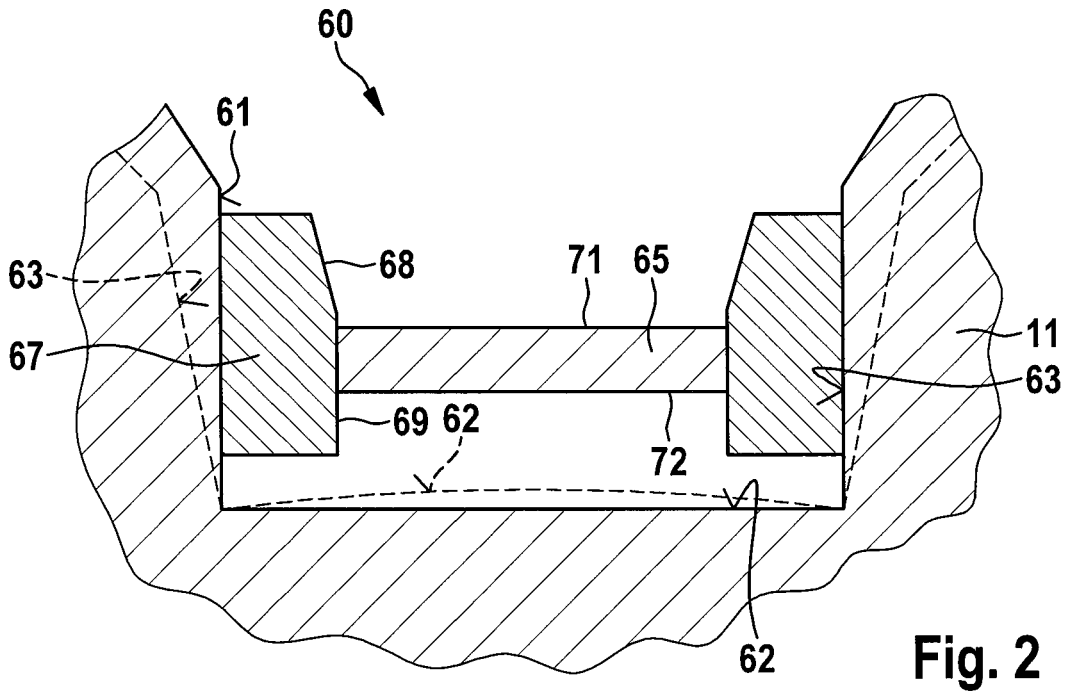
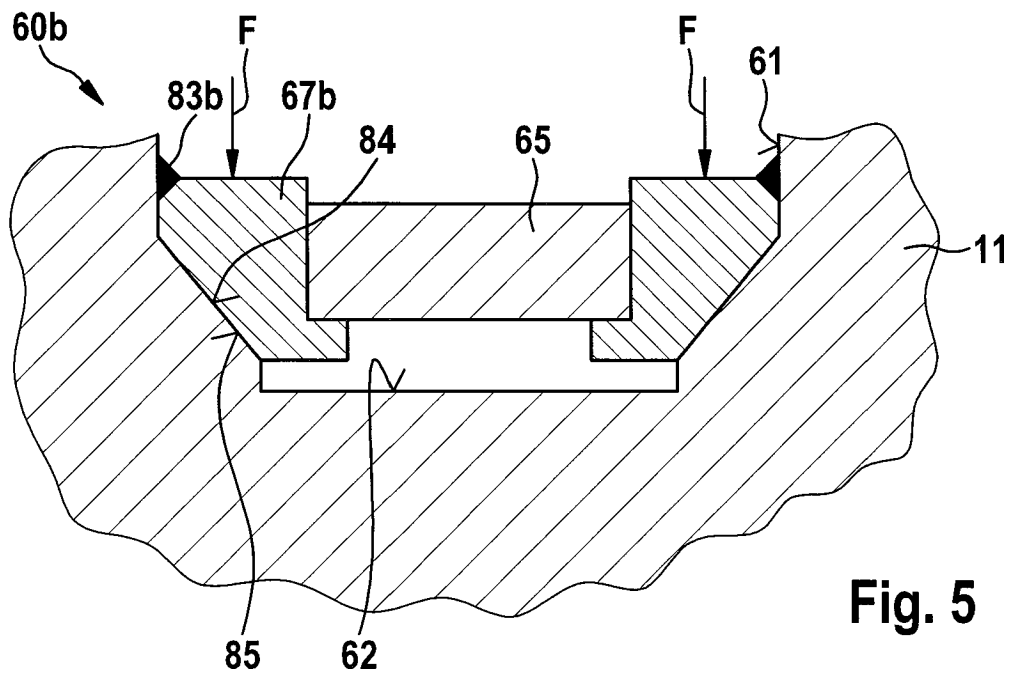
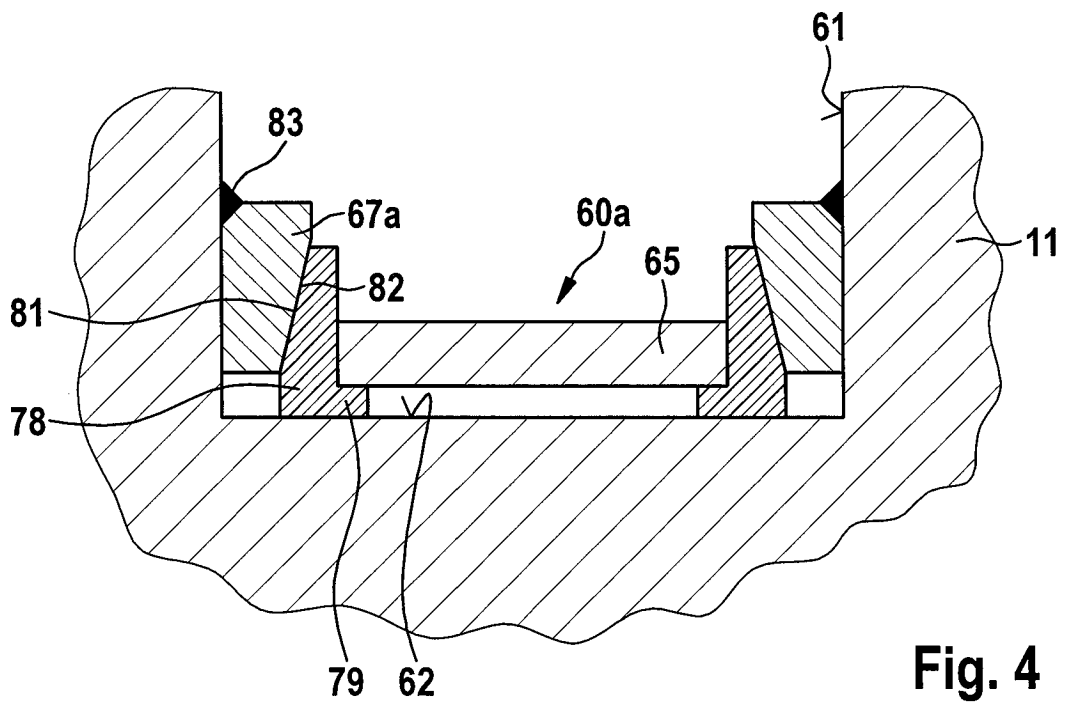
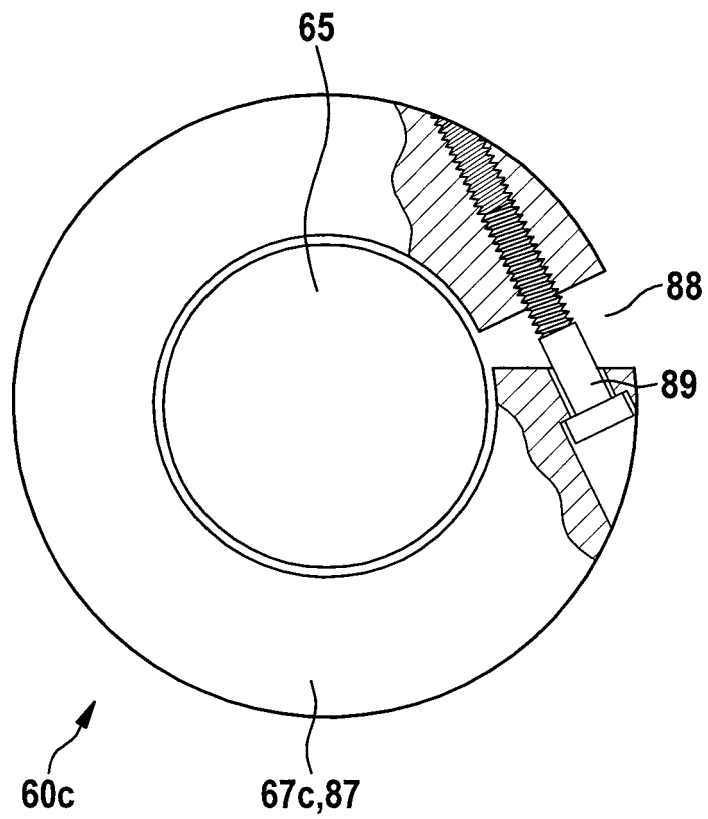


Fig. 1







**Fig. 6**