

(19)



(11)

**EP 2 918 819 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.09.2015 Patentblatt 2015/38**

(51) Int Cl.:  
**F02M 65/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15153456.7**

(22) Anmeldetag: **02.02.2015**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

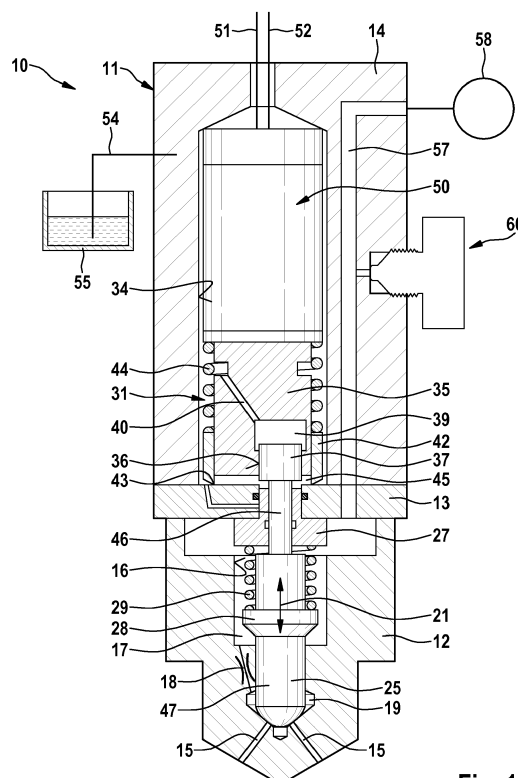
(72) Erfinder:  
• **Leukert, Torsten**  
**71732 Tamm (DE)**  
• **Berghaenel, Bernd**  
**75428 Illingen (DE)**

(30) Priorität: **13.03.2014 DE 102014204629**

**(54) Kraftstoffinjektor, insbesondere Common-Rail-Injektor**

(57) 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 einem Sensor (60) zur zumindest mittelbaren Erfassung eines Drucks in einer den Kraftstoff im Injektorgehäuse (11) führenden Bohrung, wobei der Sensor (60) an einem Bauteil angeordnet ist, in dem die Bohrung ausgebildet ist.

**Fig. 1****EP 2 918 819 A1**

## 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. Insbesondere umgibt der Sensor die Ablaufbohrung an einem hülsenförmigen Abschnitt eines Bauteils, in dem die Ablaufbohrung ausgebildet ist. In den Steuerraum des Kraftstoffinjektors ragt ein Endabschnitt eines als Düsenadel 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 (Düsenadel) geschlossen werden kann. Nachteilig bei der bekannten Anordnung ist es, dass der Sensor im Hochdruckbereich des Injektorgehäuses angeordnet ist und somit konstruktiv relativ aufwendig gestaltet sein muss. Darüber hinaus ist der zur Verfügung stehende Bauraum für einen derartigen Sensor im Injektorgehäuse eingeschränkt, so dass spezielle konstruktive Lösungen, die insbesondere auch mit Blick auf die Festigkeit des Injektorgehäuses kritisch sind, gewählt werden müssen.

### Offenbarung der Erfindung

**[0003]** Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Kraftstoffinjektor, insbesondere einen Common-Rail-In-

jektor, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, dass eine gegenüber dem Stand der Technik vereinfachte Konstruktion ermöglicht wird, die insbesondere innerhalb des Injektorgehäuses keine oder zumindest nur unwesentliche konstruktive Änderungen, verursacht durch den Sensor, mit den ansonsten auftretenden Nachteilen erforderlich machen.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass der Sensor ein mit dem Injektorgehäuse verbindbares Sensorgehäuse aufweist, dass das Sensorgehäuse in Wirkverbindung mit einem elastisch ausgebildeten Membranelement angeordnet ist, auf das auf einer Seite der Druck des Kraftstoffs wirkt, und dass auf der dem Kraftstoff abgewandten Seite des Membranelements ein Messelement zur Erfassung einer Deformation des Membranelements in Wirkverbindung mit dem Membranelement angeordnet ist. Eine derartige Anordnung bzw. Ausbildung des Sensors ermöglicht es insbesondere, den Sensor unabhängig von dem eigentlichen Kraftstoffinjektor zu fertigen und ggf. zu prüfen und anschließend mit dem Injektorgehäuse zu verbinden. Dadurch ist es insbesondere nicht erforderlich, innerhalb des Sensorgehäuses Bauteile bzw. Bestandteile des Sensors anzuordnen. Darüber hinaus ist es als besonders vorteilhaft anzusehen, dass durch das vorgesehene elastisch ausgebildete Membranelement Druckänderungen zu einer relativ großen Verformung des Membranelements und somit zu einem relativ leicht durch das insbesondere als Piezo-Element ausgebildeten Messelement auswertbaren Signal führen. Insbesondere können dadurch auch relativ geringe Druckschwankungen besonders einfach, sicher und zuverlässig ermittelt werden.

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

**[0006]** In bevorzugter Ausgestaltung des Messelements ist dieses als Piezo-Element ausgebildet. Ein derartiges Element hat den Vorteil einer relativ hohen Meßempfindlichkeit bei kompaktem Aufbau und geringen Herstellkosten.

**[0007]** Um den Kraftstoff innerhalb des Sensorgehäuses in Wirkverbindung mit dem Membranelement zu bringen, ist es in einer konstruktiv bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass das Sensorgehäuse einen Kanal für den Kraftstoff aufweist, der die den Kraftstoff im Injektorgehäuse führende Bohrung hydraulisch mit der Membranelement verbindet.

**[0008]** In Weiterbildung des zuletzt angeführten konstruktiven Vorschlags ist es vorgesehen, dass die Bohrung die Versorgungsbohrung ist, dass von der Versorgungsbohrung ein Abzweig in Richtung des Sensorgehäuses abgeht, und dass in dem Injektorgehäuse eine Aufnahme für das Sensorgehäuse ausgebildet ist. Eine derartige Ausgestaltung hat insbesondere den Vorteil, dass die Versorgungsbohrung, die zur Versorgung des Hochdruckraums mit dem unter Hochdruck stehendem Kraftstoff dient, üblicherweise in Bezug auf den Quer-

schnitt des Injektorgehäuses an einem Randbereich des Injektorgehäuses in dessen Längsrichtung verläuft, so dass eine relativ kurze Verbindung zwischen der Versorgungsbohrung und dem Sensor über den Abzweig ermöglicht wird. Insbesondere sind dadurch der Abzweig sowie die an der Außenwand des Injektorgehäuses ausgebildete Aufnahme für das Sensorgehäuse auch relativ einfach herstellbar.

**[0009]** Zur druckdichten Verbindung des Sensorgehäuses mit dem Injektorgehäuse ist es in vorteilhafter Art und Weise vorgesehen, dass das Sensorgehäuse mit der Aufnahme mittels einer Gewindeverbindung oder mittels einer Schweißverbindung verbunden ist. Mit Blick auf die in der Versorgungsbohrung herrschenden Drücke (beispielsweise mehr als 2000 bar) sowie die Möglichkeit, den Sensor stets in ein und derselben Winkellage in Bezug zur Aufnahme anordnen zu können, ist eine Schweißverbindung jedoch bevorzugt. Insbesondere kann eine derartige Schweißverbindung mittels eines Laserstrahls erzeugt werden. Dies hat den Vorteil, dass eine hohe Schweißqualität mit einfacher prozesstechnischer Überwachung des Schweißprozesses ermöglicht wird.

**[0010]** Eine relativ einfache Anpassung des Sensors an unterschiedlichste Anforderungen bzw. Systemdrücke wird erzielt, wenn das Membranelement aus Metall besteht und mit dem Sensorgehäuse mittels einer Schweißverbindung druckdicht verbunden ist. Dadurch wird es möglich, ein und dasselbe Sensorgehäuse mit unterschiedlichen Sensormembranen zu verbinden, wobei beispielsweise über eine entsprechende Ausgestaltung der Wanddicke des Membranelements an der mit dem Piezo-Element zusammenwirkenden Fläche des Membranelements die Empfindlichkeit des Sensors besonders einfach eingestellt bzw. beeinflusst werden kann.

**[0011]** Sowohl herstellungstechnisch als auch mit Blick auf eine möglichst hohe Empfindlichkeit des Membranelements ist es bevorzugt, wenn das Membranelement als tiefgezogenes Bauteil ausgebildet ist und im Bereich des Piezo-Elements eine reduzierte Wanddicke aufweist.

**[0012]** Eine weitere Möglichkeit, den Sensor den jeweiligen Erfordernissen besonders einfach anzupassen, selbst bei Verwendung ein und desselben Membranelements bei unterschiedlichsten Systemdrücken, besteht darin, an dem Sensorelement eine Spanneinrichtung zur Einstellung einer auf das Piezo-Element wirkenden Vorspannkraft zu befestigen. Besonders bevorzugt ist dabei eine Ausbildung der Spanneinrichtung, bei der die Spanneinrichtung Spannmittel zur Veränderung der Vorspannkraft aufweist. Im einfachsten Fall können die Spannmittel beispielsweise in Form von Spannschrauben ausgebildet sein. Darüber hinaus ermöglicht eine derartige Spanneinrichtung auch die Erzeugung einer relativ hohen Vorspannkraft, die deshalb erforderlich bzw. sinnvoll ist, um Ausdehnungen aufgrund von Temperatureinflüssen auszugleichen.

**[0013]** Die Erfindung umfasst auch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen. Hierbei beträgt der in dem Kraftstoffeinspritzsystem herrschende Systemdruck bevorzugt mehr als 2000 bar.

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

**[0015]** Diese zeigt in:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor mit einem Sensor zur Erfassung von Druckschwankungen in einer unter Hochdruck stehenden Versorgungsleitung, wobei der Sensor lediglich stark vereinfacht dargestellt ist,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus dem Kraftstoffinjektor gemäß Fig. 1 im Bereich des Sensors,

Fig. 3 einen Teilbereich des Sensors gemäß Fig. 2 im Bereich eines Membranelements und

Fig. 4 Diagramme des Verlaufs über der Zeit bezüglich des Hubs eines Einspritzventils sowie des Drucks in einer Versorgungsleitung während des Öffnens bzw. Schließens des Einspritzventils.

**[0016]** Gleiche Elemente bzw. Elemente mit gleicher Funktion sind in den Figuren mit den gleichen Bezugsziffern versehen.

**[0017]** 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 2000 bar auf.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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

gen 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** Auf der dem Hochdruckraum 17 abgewandten Seite der Zwischenplatte 13 ist in dem Haltekörper 14 ein Niederdruckbereich 31 des Injektorgehäuses 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.

**[0022]** 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 Koplerraum 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 Koplerraum 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.

**[0023]** 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.

**[0024]** Der in der Fig. 2 im Detail näher dargestellte Sensor 60 weist ein Sensorgehäuse 61 mit einem Trägerstück 62 auf. Das aus Metall bestehende Trägerstück 62 ist dazu ausgebildet, an der Außenseite des Injektorgehäuses 11 des Kraftstoffinjektors 10 mit dem Injektorgehäuse 11 verbunden zu werden. Hierzu weist das Injektorgehäuse 11, vorzugsweise in einem von der wenigstens einen Einspritzöffnung 15 axial relativ weit beabstandeten Bereich, eine sacklochförmige Aufnahme 63 auf. Zwischen der Aufnahme 63 und der Versorgungsbohrung 57 ist eine hydraulische Verbindung ausgebildet, die in Form eines Abzweigs 64 in etwa rechtwinklig von der Versorgungsbohrung 57 ausgeht und mittig im Grund 65 der Aufnahme 63 mündet. Das Trägerstück 62 weist an einem der Aufnahme 63 zugeordneten Bereich ein Außengewinde 66 auf, das mit einem in der Wand der Aufnahme 63 ausgebildeten Innengewinde 67 zusammenwirkt. Anstelle einer Gewindeverbindung zwischen dem Sensor 60 und dem Injektorgehäuse 11 kann es jedoch auch vorgesehen sein, dass an dem Trägerstück 62 im Übergangsbereich zum Injektorgehäuse 11 eine radial umlaufende Schweißnaht 69 ausgebildet ist, die vorzugsweise durch einen Laserstrahl erzeugt ist, wie dies in einem Teilbereich der Fig. 2 zur Erläuterung dargestellt ist.

**[0025]** Das im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen zylindrisch ausgebildete Trägerstück 62 weist in seiner Längsachse einen Kanal in Form einer Durchgangsbohrung 71 auf, die mit dem Abzweig 64 fluchtet, und die sich beispielhaft, und nicht einschränkend, auf der dem Abzweig 64 abgewandten Seite im Durchmesser erweitert. Insbesondere sitzt der dem Grund 65 der Aufnahme 63 zugewandte Endbereich 72 des Trägerstücks 62 am Grund 65 der Aufnahme 63 auf, so dass der in dem Abzweig 64 befindliche Kraftstoff unmittelbar aus dem Abzweig 64 in den Bereich der Durchgangsbohrung 71 gelangt. Auf der dem Endbereich 72 gegenüberliegenden Seite des Trägerstücks 62 weist dieses eine ringförmig ausgebildete Stirnfläche 73 auf, über die das Trägerstück 62 mit einem Membranelement 75 verbunden ist, vorzugsweise durch eine radial umlaufende Schweißnaht 76 (Fig. 3), die ebenfalls bevorzugt als Laserstrahlschweißnaht ausgebildet ist.

**[0026]** Das Membranelement 75 besteht aus Metall

und ist vorzugsweise als Tiefziehteil ausgebildet. Es weist einen napfförmigen Querschnitt auf, wobei die Dicke  $S$  des Membranelements 75 im Bereich der Stirnfläche 73 größer ist als die Dicke  $s$  des Membranelements 75 in Axialrichtung der Durchgangsbohrung 71. Insbesondere wird dadurch bei einer Druckbeaufschlagung des Membranelements 75 entsprechend der Darstellung der Fig. 3 eine deutliche elastische Verformung der die Wanddicke  $s$  aufweisenden Stirnseite 77 des Membranelements 75 bewirkt. In Abhängigkeit der Höhe des Drucks  $P$  in der Durchgangsbohrung 71 bzw. dem Abzweig 64 und somit auch in der Versorgungsbohrung 57 findet eine entsprechende Ausdehnung bzw. Wölbung der Stirnseite 77 des Membranelements 75 statt, die sich auf der dem Kraftstoff abgewandten Seite des Membranelements 75 in einer entsprechenden Zugspannung und Durchbiegung des Materials des Membranelements 75 äußert. Zur Erfassung der Formveränderung bzw. Zugspannung und somit indirekt zur Erfassung des Drucks  $P$  in der Versorgungsbohrung 57 ist auf der dem Kraftstoff abgewandten Seite der Stirnseite 77 des Membranelements 75 ein Messelement in Form eines Piezo-Elements 80 mit der Stirnseite 77 verbunden, beispielsweise durch eine Klebeverbindung. Entsprechend der Darstellung der Fig. 2 ist die dem Membranelement 75 abgewandte Seite des Piezo-Elements 80 in Wirkverbindung mit einer Spanneinrichtung 81 angeordnet.

[0027] Die Spanneinrichtung 81 dient der Erzeugung einer Vorspannung auf das Piezo-Element 80. Hierzu ist die Spanneinrichtung 81 in Form einer Vorspannplatte 82 ausgebildet, die mittels wenigstens zweier Spannschrauben 83, 84 mit Armen des Trägerstücks 62 verbunden ist. Über eine entsprechende Einschraubtiefe der Spannschrauben 83, 84 in Gewindebohrungen des Trägerstücks 62 kann die auf das Piezo-Element 80 wirkende Vorspannkraft stufenlos eingestellt werden. Zur Übertragung der Vorspannkraft befinden sich zwischen dem Piezo-Element 80 und der Vorspannplatte 82 noch eine Kontaktierungsschicht 85 und eine Isolatorschicht 86. Über die Kontaktierungsschicht 85 ist das Piezo-Element 80 insbesondere mit einer nicht dargestellten Auswerteschaltung verbunden, die das von dem Piezo-Element 80 aufgrund des Drucks  $P$  des Kraftstoffs generierte Spannungssignal auswertet, um daraus auf den Druck  $P$  bzw. eine Druckveränderung in dem Hochdruckraum 17 zu schließen.

[0028] Bei einem Freigeben der Einspritzöffnungen 15 bzw. bei einem Abheben der Düsennadel 25 aus der in der Fig. 1 dargestellten Schließstellung strömt Kraftstoff aus dem Hochdruckraum 17 über die Zuströmbohrung 18 und die Einspritzöffnungen 15 aus dem Injektorgehäuse 11 ab. Der damit einhergehende Druckabfall des Kraftstoffs in dem Hochdruckraum 17 bewirkt einen Druckabfall in der Versorgungsbohrung 57. Der reduzierte (hydraulische) Druck in der Versorgungsbohrung 57 bewirkt eine geringere, auf das Piezo-Element 80 wirkende Kraft und somit ein geringeres Spannungssignal. Das von dem Piezo-Element 80 erzeugte Spannungssi-

gnal ist damit ein Indikator bzw. ein Indiz für die Stellung der Düsennadel 25. Insbesondere lässt sich dadurch das Öffnen bzw. Schließen der Düsennadel 25 erkennen.

[0029] Diese Zusammenhänge sind anhand der Fig. 4 erkennbar. Insbesondere ist dabei in dem oberen Diagramm der Fig. 4 der Hub  $H$  der Düsennadel 25 über der Zeit  $t$  während des Öffnens sowie während des sich daran zeitlich folgenden Schließens der Düsennadel 25 erkennbar. In der unteren Darstellung der Fig. 4 ist demgegenüber der zeitliche Druckverlauf des hydraulischen Drucks  $P$  in der Versorgungsbohrung 57 erkennbar. Insbesondere erkennt man, dass der hydraulische Druck  $P$  zum Zeitpunkt  $t_1$  beim Beginn des Öffnens der Düsennadel 25 abfällt. Zum Zeitpunkt  $t_2$  beginnt die Düsennadel 25 wieder zu schließen, woraufhin ein zunächst langsam steigender Druck  $P$  in der Versorgungsbohrung 57 einstellt, der sich nach dem Ende des Schließens der Düsennadel 25 zum Zeitpunkt  $t_3$  stark erhöht.

[0030] Der soweit beschriebene Kraftstoffinjektor 10 kann in vielfältiger Art und Weise abgewandelt bzw. modifiziert werden, ohne vom Erfindungsgedanken abzuweichen.

## 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 einem Sensor (60) zur zumindest mittelbaren Erfassung eines Drucks in einer den Kraftstoff im Injektorgehäuse (11) führenden Bohrung, wobei der Sensor (60) an einem Bauteil angeordnet ist, in dem die Bohrung ausgebildet ist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Sensor (60) ein mit dem Injektorgehäuse (11) verbindbares Sensorgehäuse (61) aufweist, dass das Sensorgehäuse (61) in Wirkverbindung mit einem elastisch ausgebildeten Membranelement (75) angeordnet ist, auf das auf einer Seite der Druck des Kraftstoffs wirkt, und dass auf der dem Kraftstoff abgewandten Seite des Membranelements (75) ein Messelement zur Erfassung einer Deformation des Membranelements (75) in Wirkverbindung mit dem Membranelement (75) angeordnet ist.
2. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Messelement als Piezo-Element (80) aus-

gebildet ist.

3. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Sensorgehäuse (61) einen Kanal (71) für  
den Kraftstoff aufweist, der die den Kraftstoff im In-  
jektorgehäuse (11) führende Bohrung hydraulisch  
mit dem Membranelement (75) verbindet. 5
  
4. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 3, 10  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Bohrung die Versorgungsbohrung (57) ist,  
dass von der Versorgungsbohrung (57) ein Abzweig  
(64) in Richtung des Sensorgehäuses (61) abgeht,  
und dass in dem Injektorgehäuse (11) eine Aufnahme 15  
(63) für das Sensorgehäuse (61) ausgebildet ist.
  
5. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Sensorgehäuse (61) mit der Aufnahme 20  
(63) mittels einer Gewindeverbindung (66, 67) oder  
mittels einer Schweißverbindung (69) mit dem Injek-  
torgehäuse (11) verbunden ist.
  
6. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 25  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Membranelement (75) aus Metall besteht  
und mit dem Sensorgehäuse (61) mittels einer  
Schweißverbindung druckdicht verbunden ist. 30
  
7. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Membranelement (75) als tiefgezogenes  
Bauteil ausgebildet ist und im Bereich des Piezo-  
Elements (80) eine reduzierte Wanddicke (s) auf- 35  
weist.
  
8. Kraftstoffinjektor nach einem der Ansprüche 2 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** an dem Sensorgehäuse (61) eine Spannein- 40  
richtung (81) zur Einstellung einer auf das Piezo-  
Element (80) wirkenden Vorspannkraft befestigt ist.
  
9. Kraftstoffinjektor nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet,** 45  
**dass** die Spanneinrichtung (81) Spannmittel (83, 84)  
zur Veränderung der Vorspannkraft auf das Piezo-  
Element (80) aufweist.
  
10. Verwendung eines Kraftstoffinjektors (10) nach ei- 50  
nem der Ansprüche 1 bis 9 bei selbstzündenden  
Brennkraftmaschinen mit einem Systemdruck von  
mehr als 2000 bar.

55

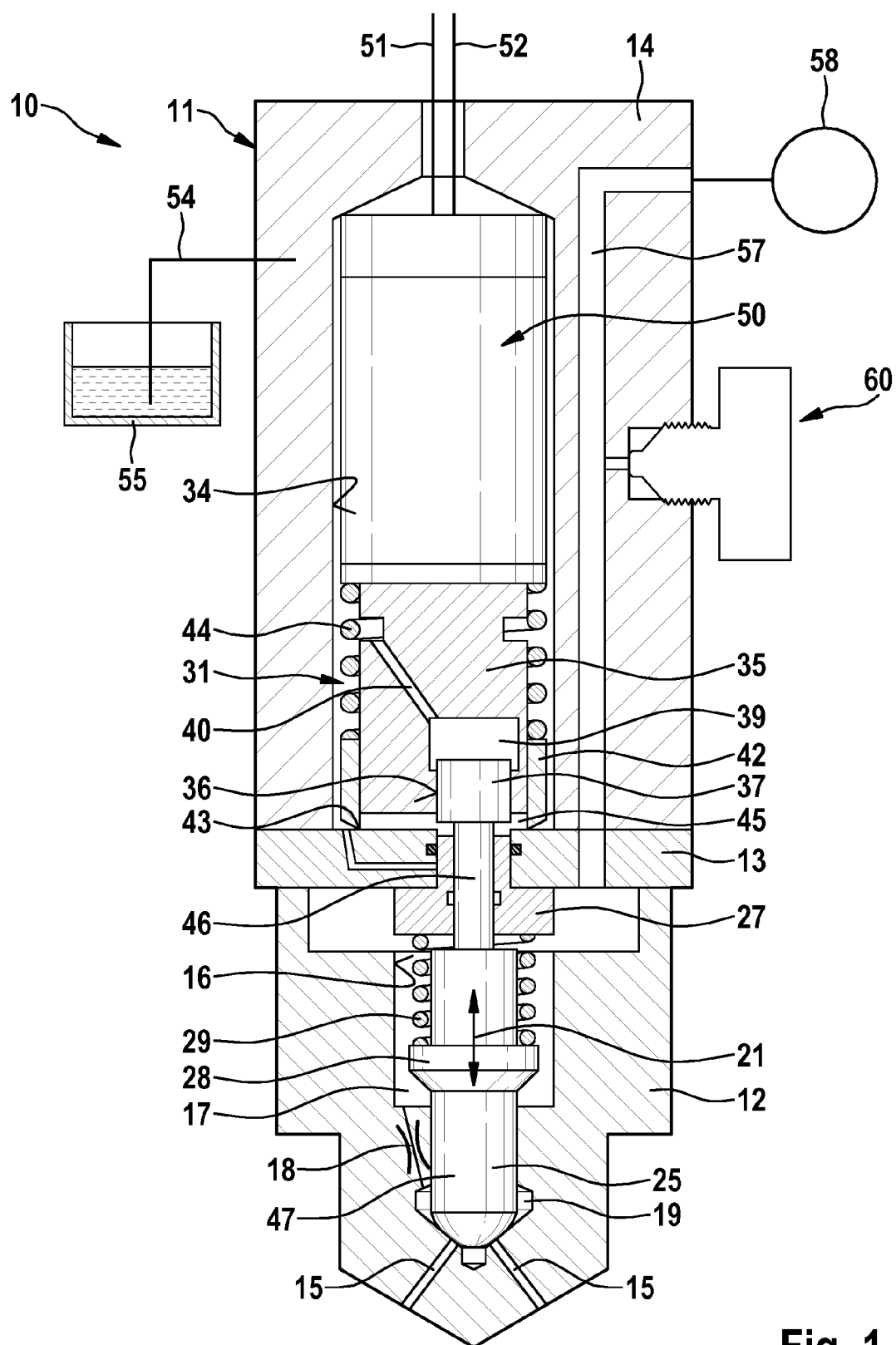
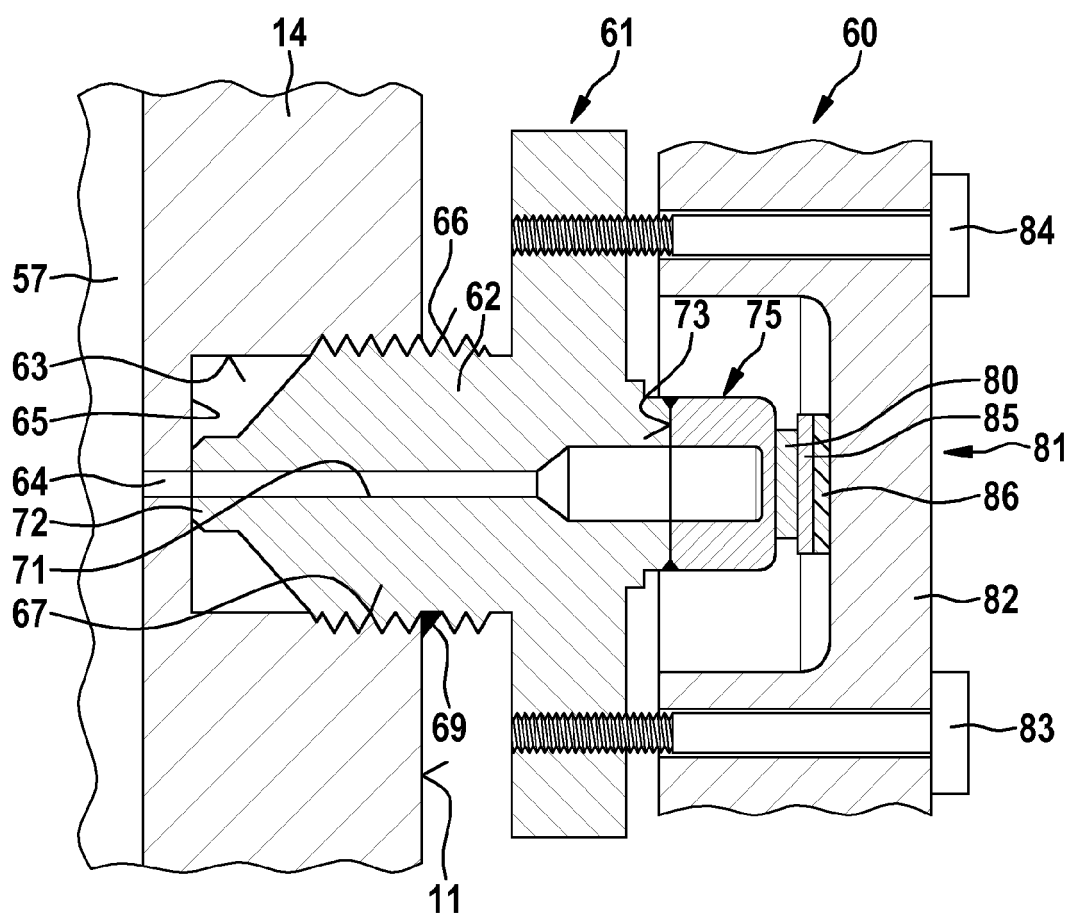
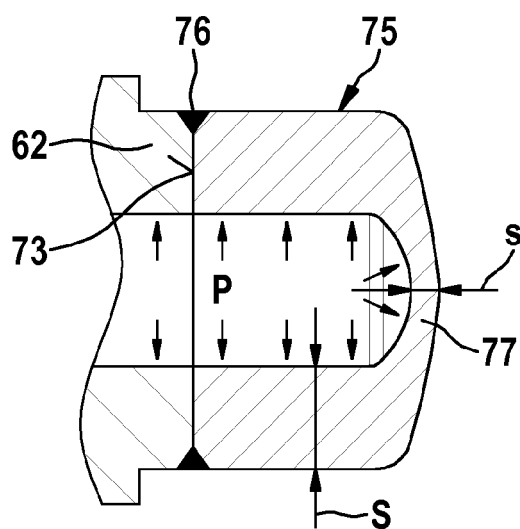


Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**



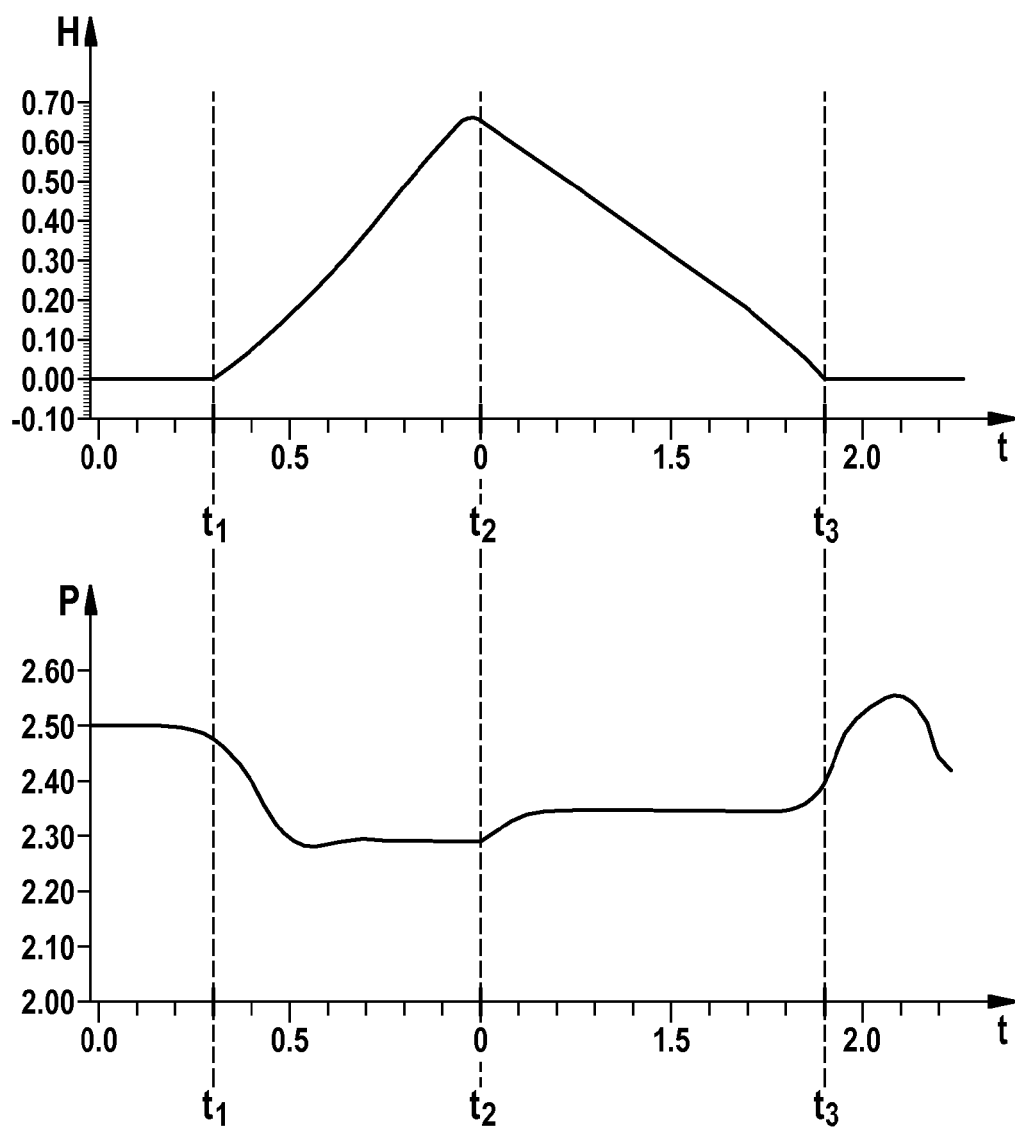


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 15 15 3456

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2010/251998 A1 (KONDO JUN [JP] ET AL) 7. Oktober 2010 (2010-10-07)	1-5,7	INV. F02M65/00
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,6 * * Absatz [0003] * * Absatz [0012] * * Absatz [0102] * * Absatz [0043] * * Absatz [0044] * * Absatz [0042] * * Absatz [0069] - Absatz [0070] * * Absatz [0096] * * Ansprüche 1,2,3,7,8 * * Absatz [0025] * * Absatz [0029] * * Absatz [0032] * * Absatz [0039] * * Absatz [0035] *	8,9	
X	EP 2 105 602 A2 (DENSO CORP [JP]) 30. September 2009 (2009-09-30) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,7,18,20,29 * * Ansprüche 1,2,5,10,15,18,19,20 * * Absatz [0002] * * Absatz [0022] * * Absatz [0190] * * Absatz [0099] - Absatz [0100] * * Absatz [0072] - Absatz [0074] * * Absatz [0065] - Absatz [0066] * * Absatz [0183] * * Absatz [0176] * * Absatz [0177] *	1-5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 7. Juli 2015	Prüfer Barunovic, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 15 15 3456

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2010/263629 A1 (KONDO JUN [JP] ET AL) 21. Oktober 2010 (2010-10-21) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,4 * * Absatz [0043] * * Absatz [0040] - Absatz [0042] * * Absatz [0084] * * Absatz [0080] - Absatz [0081] *	1-4,6,7,10	
X	US 2009/038589 A1 (DINGLE PHILIP J G [US]) 12. Februar 2009 (2009-02-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,4,6 * * Absatz [0009] * * Absatz [0030] - Absatz [0032] * * Absatz [0098] - Absatz [0099] * * Absatz [0105] * * Absatz [0110] * * Ansprüche 1,2,3,4,16,17,18 *	1,2,8,9	
Y	GB 2 100 002 A (BOSCH GMBH ROBERT) 15. Dezember 1982 (1982-12-15) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Spalte 1, Zeile 15 - Zeile 18 * * Seite 1, Zeile 38 - Zeile 62 * * Seite 1, Zeile 103 - Zeile 112 * * Ansprüche 1,2,4 *	8,9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		7. Juli 2015	
Prüfer		Barunovic, Robert	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 15 3456

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-07-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010251998 A1	07-10-2010	CN 101858287 A	13-10-2010
		DE 102010016278 A1	28-10-2010
		JP 5265439 B2	14-08-2013
		JP 2010242575 A	28-11-2010
		US 2010251998 A1	07-10-2010
-----			
EP 2105602 A2	30-09-2009	CN 101550898 A	07-10-2009
		EP 2105602 A2	30-09-2009
		JP 5383132 B2	08-01-2014
		JP 2009275692 A	26-11-2009
		US 2009241650 A1	01-10-2009
-----			
US 2010263629 A1	21-10-2010	CN 101865060 A	20-10-2010
		DE 102010016419 A1	18-11-2010
		JP 2010249061 A	04-11-2010
		US 2010263629 A1	21-10-2010
-----			
US 2009038589 A1	12-02-2009	CN 101815858 A	25-08-2010
		EP 2188517 A2	26-05-2010
		EP 2436911 A1	04-04-2012
		ES 2533718 T3	14-04-2015
		JP 2010535977 A	25-11-2010
		JP 2012167676 A	06-09-2012
		US 2009038589 A1	12-02-2009
		US 2009223487 A1	10-09-2009
		WO 2009019663 A2	12-02-2009
-----			
GB 2100002 A	15-12-1982	DE 3122375 A1	23-12-1982
		GB 2100002 A	15-12-1982
		JP S58730 A	05-01-1983
		US 4430899 A	14-02-1984
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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 1042603 B1 [0002]