

(19)



(11)

**EP 3 040 550 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.07.2016 Patentblatt 2016/27**

(51) Int Cl.:  
**F02M 47/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15003476.7**

(22) Anmeldetag: **07.12.2015**

(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**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(71) Anmelder: **GE Jenbacher GmbH & Co OG**  
**6200 Jenbach (AT)**

(72) Erfinder:  
 • **Imhof, Dino**  
**5400 Baden (CH)**  
 • **Tinschmann, Georg**  
**6130 Schwaz (AT)**

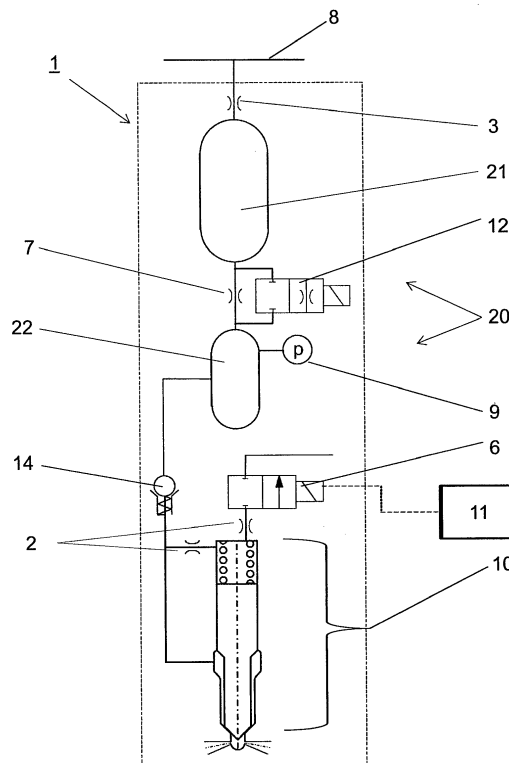
(30) Priorität: **02.01.2015 AT 52015**

(74) Vertreter: **Torggler & Hofinger Patentanwälte**  
**Postfach 85**  
**6010 Innsbruck (AT)**

(54) **KRAFTSTOFFINJEKTOR**

(57) Kraftstoffinjektor (1) mit einem Speichervolumen (20), wobei das Speichervolumen (20) im Betrieb durch ein Steuersignal veränderbar ist.

Fig. 3



**EP 3 040 550 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1, eine Brennkraftmaschine mit einem solchen Kraftstoffinjektor sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine.

**[0002]** Kraftstoffinjektoren moderner Brennkraftmaschinen arbeiten mit hohen Kraftstoffdrücken. Um keine Druckpulsationen resultierend aus den schnell hintereinander folgenden Schaltvorgängen des Kraftstoffinjektors auf die Kraftstoffversorgung zu übertragen, ist im Injektor selbst ein Speichervolumen vorgesehen, aus welchem der Kraftstoff zur Einspritzung entnommen wird und in welches Kraftstoff aus der Kraftstoffversorgungsleitung über eine Drossel (Blende) nachströmen kann. So gelingt eine Schwingungsentkopplung des Injektors von der Kraftstoffversorgung. Ein Kraftstoffinjektor mit einem solchen Speichervolumen ist beispielsweise aus der DE 10 2006 051 583 A1 bekannt.

**[0003]** Für eine wirksame Dämpfung von Druckschwingungen muss das genannte Speichervolumen in einem bestimmten Verhältnis zu der in einem Schaltvorgang entnommenen, also vom Kraftstoffinjektor in den Brennraum eingespritzten Kraftstoffmenge stehen. Bei einem zu kleinen Speichervolumen bricht der Druck im Speichervolumen bei der Einspritzung zu stark ein, größere Volumina sind aus Platzgründen schwerer zu realisieren. Nachdem die Dämpfungswirkung aus dem Zusammenwirken von Speichervolumen und Drossel bestimmt wird, ist der Strömungsquerschnitt, d. h. die hydraulische Dämpfungswirkung der Drossel an die Größe des Speichervolumens angepasst.

**[0004]** Es sind bereits Kraftstoffinjektoren bekannt, bei welchen die Einspritzmengen variierbar sind. Es wäre wünschenswert, die Einspritzmengen eines Kraftstoffinjektors in einem größeren Ausmaß variierbar zu gestalten. In anderen Worten ausgedrückt, soll ein Kraftstoffinjektor ein hohes *turndown ratio* aufweisen. Das *turndown ratio* eines Kraftstoffinjektors ist das Verhältnis aus der maximalen und der minimalen Kraftstoffmenge, die ein Kraftstoffinjektor kontrolliert einspritzen kann. Kann ein Kraftstoffinjektor eine Kraftstoffmenge von 0,5 % bis 100 % darstellen, so weist dieser Kraftstoffinjektor ein *turndown ratio* von 200 auf. Dies ist insbesondere für Dual-Fuel Motoren relevant, die in Betriebsmodi von 100% Diesel bis hin zu einem Gasbetrieb mit geringer Diesel-Pilot-Einspritzung betrieben werden sollen. Von besonderer Bedeutung ist, dass das *turndown ratio* in kontrollierter und reproduzierbarer Weise über die gesamte Lebensdauer des Kraftstoffinjektors diese Werte aufweisen soll.

**[0005]** Da ein reproduzierbares *turndown ratio* von 200 mit einem einzigen Kraftstoffinjektor für die gesamte Lebenszeit im Stand der Technik nicht realisierbar ist, sieht eine Lösung für Dual-Fuel-Motoren vor, zwei separate Kraftstoffinjektoren vorzusehen, wobei ein Kraftstoffinjektor die großen Kraftstoffmengen für den Dieselbetrieb,

und der zweite die kleinen Kraftstoffmengen für die Pilot-Einspritzung übernimmt.

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es daher einen Kraftstoffinjektor anzugeben, der über weite Bereiche der Einspritzmenge verwendbar ist, ohne die Nachteile des Standes der Technik aufzuweisen. Auch sollen eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betreiben derselben angegeben werden.

**[0007]** Gelöst werden diese Aufgaben durch einen Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen von Anspruch 1, eine Brennkraftmaschine nach Anspruch 10 bzw. ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 12. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0008]** Dadurch dass das Speichervolumen im Betrieb durch ein Steuersignal veränderbar ist, kann die Größe des Speichervolumens somit an die jeweilige Einspritzmenge angepasst werden.

**[0009]** Denn wie eingangs ausgeführt, können sich die Einspritzmengen in Abhängigkeit des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine unterscheiden.

**[0010]** Die Veränderbarkeit im Betrieb bringt wesentliche Vorteile mit sich.

**[0011]** Durch die Veränderbarkeit des Speichervolumens kann beispielsweise auf eine doppelte Ausführung von Kraftstoffinjektoren verzichtet werden, bei welcher für verschiedene Betriebszustände eigene Kraftstoffinjektoren vorgesehen sind. Betriebszustände sind zum Beispiel der Diesel-Betrieb, bei dem der gesamte Kraftstoff als Diesel zugeführt wird und der Dual-Fuel-Betrieb, bei dem Diesel nur zur Zündung (sog. Pilot-Einspritzung) und in geringen Mengen zugeführt wird.

**[0012]** Die Veränderbarkeit des Speichervolumens im Betrieb bedeutet, dass die Brennkraftmaschine zur Veränderung des Speichervolumens nicht abgestellt werden muss.

**[0013]** Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass das Speichervolumen etwa 30 bis 80 mal der eingespritzten Menge entspricht.

**[0014]** Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass Speichervolumen aus wenigstens zwei Teil-Volumina besteht, die über ein Schaltelement so verbindbar sind, dass sie als Gesamtvolumen innerhalb des Injektors wirken, wobei das Gesamtvolumen auf die größere Einspritzmenge abgestimmt ist. Das bedeutet, dass das Speichervolumen nicht durch eine einzige Kavität gebildet wird, sondern von wenigstens zwei Teil-Volumina, welche miteinander verschaltbar sind. So kann im Falle größerer Einspritzmengen das wenigstens zweite Teilvolumen mit dem ersten Teilvolumen in Fluidverbindung gebracht werden, wodurch zur Entnahme von Kraftstoff bei der Einspritzung ein größerer Rauminhalt des Speichervolumens zur Verfügung steht.

**[0015]** Werden nur kleine Einspritzmengen abgerufen, so wird nur eines der Teilvolumina betrieben. In diesem Fall ist also nur ein Teilvolumen in Fluidverbindung zwischen der Hochdruckkraftstoffleitung und der eigentlichen Düsenbaugruppe. Sinnvollerweise ist das Teilvo-

lumen für geringe Einspritzmengen kleiner bemessen als jenes für den Betriebszustand mit größeren Einspritzmengen.

**[0016]** Es kann vorgesehen sein, dass die Anordnung der wenigstens zwei Teilvolumina strömungstechnisch parallel ist. In diesem Fall hängen beide bzw. alle der wenigstens zwei Teilvolumina an der Hochdruckkraftstoffleitung. Das Schaltelement ist dann stromabwärts des einen Teilvolumens angeordnet und so betätigbar, dass es dieses eine Teilvolumen absperrt. Dann ist nur noch das zweite Teilvolumen in Verbindung mit der Düsenbaugruppe. Beim Einspritzvorgang wird also nur aus diesem weiteren Teilvolumen Kraftstoff entnommen.

**[0017]** Hier für zwei Teilvolumina formuliert, kann die Anordnung auch mehr als zwei Teilvolumina umfassen. Diese können dann durch weitere Schaltelemente verschlossen bzw. geöffnet werden. In der Praxis wird dies allein aus Platzgründen kaum realisiert werden.

**[0018]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Anordnung der wenigstens zwei Teilvolumina strömungstechnisch seriell ist. In diesem Fall besteht also nur eine Verbindung der Teilvolumina zur Hochdruckkraftstoffleitung. Das Schaltelement ist dann beispielsweise strömungstechnisch zwischen den Teilvolumina angeordnet. Bei geschlossenem Schaltelement wird beim Einspritzvorgang also nur aus jenem Teilvolumen Kraftstoff entnommen, welches zwischen Schaltelement und Düsenbaugruppe liegt. Im Falle der seriellen Anordnung ist das Schaltelement so ausgelegt, dass ein Nachströmen von Kraftstoff in das stromabwärts gelegene Teilvolumen gewährleistet ist. Dies kann beispielsweise durch eine stets verbleibende Öffnung in der Schließstellung realisiert sein, durch die dann Kraftstoff gleich einer Drossel nachströmen kann.

**[0019]** Alternativ zum Vorsehen von Teilvolumina kann vorgesehen sein, dass das Speichervolumen als eine Kavität veränderbaren Rauminhaltes ausgeführt ist. In dieser Variante wird also die Anpassung des Rauminhaltes des Speichervolumens auf das aktuelle Erfordernis, etwa die Einspritzmenge, dadurch realisiert, dass die Größe der Kavität selbst veränderbar ist. Dies kann beispielsweise durch einen Verdrängungskörper dargestellt werden, durch den der freie, also von Kraftstoff einnehmbare Rauminhalt des Speichervolumens variierbar ist. Der Verdrängungskörper kann etwa als Kolben oder als Gasblase ausgeführt sein.

**[0020]** Der Kraftstoff kann zum Beispiel Benzin, Diesel oder Schweröl sein.

**[0021]** Schutz wird auch begehrt für eine Brennkraftmaschine mit einem erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor und ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Indem der Rauminhalt des Speichervolumens des Kraftstoffinjektors in Abhängigkeit eines Betriebszustandes der Brennkraftmaschine verändert wird, lässt sich also die Einspritzcharakteristik auf verschiedene Betriebszustände der Brennkraftmaschine anpassen.

**[0022]** Im Folgenden soll die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert werden. Dabei zeigt:

- Fig. 1 Kraftstoffinjektor nach Stand der Technik,
- Fig. 2 Druckverlauf im Speichervolumen nach Stand der Technik
- Fig. 3 Kraftstoffinjektor nach einem ersten Ausführungsbeispiel
- Fig. 4 Kraftstoffinjektor nach einem weiteren Ausführungsbeispiel
- Fig. 5 Kraftstoffinjektor nach einem weiteren Ausführungsbeispiel
- Fig. 6 Kraftstoffinjektor nach einem weiteren Ausführungsbeispiel
- Fig. 7 Kraftstoffinjektor nach einem weiteren Ausführungsbeispiel
- Fig. 8 Kraftstoffinjektor nach einem weiteren Ausführungsbeispiel
- Fig. 9 Druckverläufe im Speichervolumen im Vergleich

**[0023]** Figur 1 zeigt einen Kraftstoffinjektor 1 mit Speichervolumen 20 nach dem Stand der Technik. Ein punktierter Rahmen visualisiert die Systemgrenzen des Kraftstoffinjektors 1.

**[0024]** Eine Hochdruckkraftstoffleitung 8 versorgt den Kraftstoffinjektor 1 mit Kraftstoff über eine Blende 3. Stromabwärts der Blende 3 ist ein in den Kraftstoffinjektor 1 integriertes Speichervolumen 20 angeordnet. Die Blende 3 reduziert Druckschwingungen und mildert Abweichungen von Zylinder zu Zylinder.

**[0025]** Der gezeigte Kraftstoffinjektor 1 verfügt über einen Drucksensor 9 am Speichervolumen 20.

**[0026]** Vom Speichervolumen 20 führt eine Leitung zu einer Düsenbaugruppe 10. Die Düsenbaugruppe 10 kann durch ein Steuerventil 6 betätigt werden. Zwischen Steuerventil 6 und Düsenbaugruppe 10 sind Zu- und Ablaufdrosseln 2 angeordnet. Die Düsenbaugruppe weist eine hydraulisch aktuierbare Nadel auf, über welche Kraftstoff freigegeben wird. Die Nadel wird vom Steuerventil 6 zusammen mit den Zu- und Ablaufdrosseln 2 gesteuert. In Regel ist ein Durchflussbegrenzer 14 als Sicherheitsorgan in der Zuleitung zur Düsenbaugruppe 10 vorgesehen, jedoch nicht zwingend erforderlich.

**[0027]** Fig. 2 zeigt den Druckverlauf im Speichervolumen 20 während eines Einspritzvorgangs, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

**[0028]** Zur Erfassung des Druckverlaufes wird am Speichervolumen 20 dazu ein Drucksensor 9 angeordnet, mit dem die Druckänderungen während des Einspritzvorgangs erfassbar sind. In dem Diagramm aufgetragen ist der Druck im Speichervolumen 20 in bar über dem Kurbelwinkel in Grad. Die zeitliche Einordnung der dargestellten Ereignisse wird in Grad Kurbelwinkel ausgedrückt. Der Druck im Speichervolumen 20 entspricht vor dem Beginn der Einspritzung dem Druck in der Hochdruckkraftstoffleitung 8 (*high pressure rail*).

**[0029]** Zum Zeitpunkt SOC (engl. *start of current*) wird der Kraftstoffinjektor 1 bestromt, sodass nach einer Totzeit  $T_t$  die Einspritzung beginnt.

**[0030]** Nach Beginn der Einspritzung zum Zeitpunkt

SOI (engl. *start of injection*, SOI) sinkt der Druck im Speichervolumen 20 bis zu dem Wert, der zum Einspritzende (engl. *end of injection*, EOI) erreicht ist.

**[0031]** Die Einspritzdauer (engl. *injection duration*) ist mit Bezugszeichen ID bezeichnet.

**[0032]** Der beobachtete Druckabfall im Speichervolumen 20 ist im Diagramm mit  $\Delta p$  gekennzeichnet.

**[0033]** Aus dem Druckverlauf kann durch Kenntnis der Größen Druck in der Hochdruckleitung 8, Einspritzdauer, effektiver Strömungsquerschnitt der Blende 3 zwischen Speichervolumen und Hochdruckkraftstoffleitung 8, Strömungseigenschaften des Kraftstoffes usw. die eingespritzte Kraftstoffmenge bzw. -masse berechnet werden. In anderen Worten, ist die eingespritzte Kraftstoffmenge eine Funktion dieser Größen.

**[0034]** Es ist leicht erkennbar, dass die Datenqualität und damit die Genauigkeit der Berechnung der eingespritzten Kraftstoffmenge von der Auflösung der Druckmessung am Speichervolumen 20 abhängig sind. Das Drucksignal wiederum hängt stark von dem effektiven Strömungsquerschnitt der Blende 3 und dem Rauminhalt des Speichervolumens 20 ab. Je größer der freie Blendenquerschnitt und je größer das Speichervolumen 20 desto kleiner ist der Druckabfall  $\Delta p$  während der Einspritzung. Daher wird die Berechnung der Kraftstoffmenge, speziell bei geringen Einspritzmengen, schwierig und die Genauigkeit unbefriedigend.

**[0035]** Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor 1 nach einem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0036]** Dabei sind zwei Teilvolumina 21, 22 seriell angeordnet. Die Teilvolumina 21, 22 ergeben zusammen das Speichervolumen 20.

**[0037]** Zwischen dem ersten Teilvolumen 21 und der Hochdruckkraftstoffleitung 8 ist eine erste Blende 3 vorgesehen. Zwischen den Speichervolumina 21 und 22 ist eine weitere Blende 7 angeordnet. Die Blende 7 ist durch ein Schaltelement 12 in Form eines Bypasses umgehbar. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Schaltelement 12 in Form eines elektrisch betätigbaren Schaltventils ausgeführt. Andere Ausbildungen des Schaltelements 12 sind denkbar, zum Beispiel pneumatisch oder hydraulisch betätigbare Ventile.

**[0038]** Werden nur kleine Kraftstoffmengen eingespritzt, wie etwa im Dual-Fuel-Modus gefordert, ist das Schaltelement 12 geschlossen. Dies bedeutet, dass die Strömungsverbindung zwischen den Teilvolumina 21, 22 von der weiteren Blende 7 bestimmt ist. Die weitere Blende 7 ist so ausgelegt, dass Fluid vom Teilvolumen 21 nur stark verzögert ins das Teilvolumen 22 nachströmen kann. In anderen Worten steht nur ein kleiner freier Blendenquerschnitt zwischen den Teilvolumina 21 und 22 zur Verfügung, sodass die Entnahmecharakteristik weitgehend vom Teilvolumen 22 bestimmt ist.

**[0039]** Werden größere Einspritzmengen gefordert, so wird das Schaltelement 12 so geschaltet, dass es einen größeren freien totalen Strömungsquerschnitt freigibt. Damit kommunizieren die Speichervolumina 21 und 22 weitgehend ungedrosselt miteinander, sodass die Ent-

nahmecharakteristik dem gemeinsamen Volumen 20, also der Summe der Teilvolumina 21, 22 entspricht.

**[0040]** Natürlich sind auch alle Zwischenstadien vorstellbar, d. h. dass das Schaltelement 12 zwischen den Teilvolumina 21 und 22 stufenlos oder in Stufen zwischen einer Minimal- und einer Maximalstellung verändert wird. Eine binäre Lösung mit lediglich zwei Schaltstellungen des Schaltelements 12 ist jedoch kostengünstiger zu realisieren und daher bevorzugt. Eine Maximalstellung bedeutet, dass das Schaltelement 12 vollständig geöffnet ist und somit keine hydraulische Dämpfung zwischen den Volumina 21 und 22 besteht.

**[0041]** In der Praxis ist die Anordnung der Teilvolumina 21 und 22 so ausgebildet, dass das Teilvolumen 22 den für den Dual-Fuel-Modus passenden Rauminhalt aufweist. Dies heißt, wie eingangs erläutert, dass der Rauminhalt des Teilvolumens 22 etwa 30 bis 80 mal der Einspritzmenge im Dual-Fuel-Modus entspricht.

**[0042]** Das Teilvolumen 21 wird hingegen so dimensioniert, dass in Verschaltung mit dem Teilvolumen 22 sich ein Summenvolumen 20 der Teilvolumina 21 und 22 einstellt, welches 30 bis 80mal der Menge der Einspritzmenge des Dieselbetriebs entspricht.

**[0043]** Dazu ein numerisches Beispiel: die Einspritzmenge des Dieselbetrieb sei 100% mit einem einzuspritzenden Volumen von 1000 mm<sup>3</sup> pro Arbeitsspiel.

**[0044]** Daraus ergibt sich für den Rauminhalt des Summenvolumens der Teilvolumina 21 und 22 ein akzeptables Summenvolumen in einem Bereich von 30.000 bis 80.000 mm<sup>3</sup> (dreißigtausend bis achtzigtausend).

**[0045]** Bei einem turndown ratio von 200 (100) ergibt sich die Größe des Teilvolumens 22 für den Dual-Fuel-Betrieb als 1/200 (1/100) des Summenvolumens der Teilvolumina 21 und 22, liegt also in einem Bereich von 150 bis 400 (300 bis 800) mm<sup>3</sup>. Die Werte in Klammern beziehen sich auf ein turndown ratio von 100.

**[0046]** Am Speichervolumen 22 kann ein Drucksensor 9 eingerichtet sein. Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Teilvolumina stehen das jeweils zum Einsatz kommende Volumen und die Einspritzmenge in einem angepassten Verhältnis, was eine genauere Messung des Druckverlaufes während der Einspritzung ermöglicht. Dies wiederum erlaubt eine genauere Berechnung der Einspritzmenge.

**[0047]** Weiters gezeigt, aber nicht näher erläutert, ist die dem Stand der Technik entsprechende Düsenbaugruppe 10. Diese besteht in diesem Beispiel aus einer mittels Steuerventil 6 hydraulisch betätigbaren Einspritznadel, die über eine Steuereinrichtung 11 Schaltimpulse erhält. Die Einspritznadel kann natürlich auch als Piezo-Injektor realisiert sein. In diesem Fall entfallen natürlich die für eine hydraulische Betätigung erforderlichen Komponenten der Düsenbaugruppe 10.

**[0048]** In Regel ist ein Durchflussbegrenzer 14 als Sicherheitsorgan in der Zuleitung zur Düsenbaugruppe 10 vorgesehen, jedoch nicht zwingend erforderlich.

**[0049]** Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer parallelen Anordnung der Teilvolumina 21 und 22. Es

sind also die Teilvolumina 21 und 22 des Speichervolumens 20 strömungstechnisch parallel angeordnet.

**[0050]** Das Teilvolumen 21 wird über die Blende 3 aus der Kraftstoffhochdruckleitung 8 gespeist. Das Speichervolumen 21 ist über ein elektrisch betätigbares Schaltelement 12 ein- und abschaltbar.

**[0051]** Werden nur kleine Kraftstoffmengen eingespritzt, wie etwa im Dual-Fuel-Modus gefordert, ist das Schaltelement 12 geschlossen. Bei geschlossenem Schaltelement 12 ist die Fluidverbindung zwischen Teilvolumen 21 und Düsenbaugruppe 10 unterbrochen. Die Einspritzcharakteristik wird in diesem Fall vom - kleiner ausgeführten - Teilvolumen 22 bestimmt. Das Teilvolumen 22 wird über eine weitere Blende 15 aus der Kraftstoffhochdruckleitung 8 gespeist.

**[0052]** Sollen, wie im Diesel-Betrieb, größere Kraftstoffmengen eingespritzt werden, wird das Schaltelement 12 geöffnet. Somit stehen beide Teilvolumina 21, 22 zur Entnahme zur Verfügung.

**[0053]** In dem strichlierten Oval hervorgehoben ist eine alternative Ausführungsform des Schaltelements 12 mit dem Bezugszeichen 12'. Das Schaltelement 12' ist ein direkt vom Druck im Teilvolumen 21 geschaltetes Ventil.

**[0054]** Anders als dargestellt, muss der Kraftstoffinjektor 1 nicht mit zwei Eingängen für die Kraftstoffhochdruckleitung 8 versehen sein. Es genügt auch ein Eingang, der sich vor den Teilvolumina 21, 22 in geeigneter Weise verzweigt. Diese Variante ist in der Figur 4 strichliert mit Blende 16 dargestellt: in diesem Fall ersetzt die Blende 16 die Blende 15. Der Leitungsabschnitt zur Kraftstoffhochdruckleitung 8, in dem sich die Blende 15 befindet, entfällt. Die Verbindung mit der Kraftstoffhochdruckleitung 8 erfolgt dann also über die Blende 3.

**[0055]** Am Speichervolumen 22 kann wieder ein Drucksensor 9 eingerichtet sein.

**[0056]** Der restliche Aufbau des Kraftstoffinjektors 1 entspricht jenem der Figur 3. Die Vorteile sind dieselben wie zum Ausführungsbeispiel der Figur 3 beschrieben. Als numerisches Beispiel können die Werte zur Figur 3 herangezogen werden.

**[0057]** Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit veränderbaren Teilvolumina 21, 22. Dazu ist ein verschiebbarer Kolben 18 vorgesehen, der die Teilvolumina 21, 22 voneinander trennt. Durch die Drossel 26 kommuniziert der Inhalt des Teilvolumens 21 mit dem Federraum 24.

**[0058]** In der gezeigten Position steht das (kleinere) Teilvolumen 22 in Fluidkommunikation mit der Düsenbaugruppe 10, d.h. die Entnahme der Einspritzmenge erfolgt aus dem Teilvolumen 22, wie es etwa im Dual-Fuel-Modus gefordert ist. Die Drosselung gegenüber der Hochdruckkraftstoffleitung erfolgt in diesem Betriebszustand über die Blende 4.

**[0059]** Bei Betätigung des Steuerventils 23 wird der Federraum 24, in dem sich das Federpaket 19 befindet, druckentlastet. Daraufhin bewegt sich in dieser Darstellung der Kolben 18 nach unten.

**[0060]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Teil-

volumen 21 mit einer Überströmleitung 17 mit der Zuleitung zum Teilvolumen 22 verbunden: sobald der Kolben 18 eine vorgebbare Position überschreitet, wird die zuvor vom Kolben 18 verschlossene Überströmleitung 17 freigegeben. Der Kolben 18 wirkt also als Schieber gegenüber der Überströmleitung 17. Dadurch werden die bisher getrennten Teilvolumina 21, 22 miteinander verbunden. Die Entnahme erfolgt dann aus dem von den Teilvolumina 21, 22 gebildeten Summenvolumen. Diese Betätigungsstellung wird für den Dieselbetrieb gewählt, in dem größere Einspritzmengen abgerufen werden.

**[0061]** Eine alternatives Ausführungsbeispiel mit veränderbaren Teilvolumina 21, 22 ist in Figur 6 gezeigt. Hier verschließt der Kolben 18 das Teilvolumen 21 gegenüber dem Teilvolumen 22 solange das Steuerventil 23 geschlossen bleibt. Die Entnahme erfolgt in diesem Zustand aus dem (kleineren) Teilvolumen 22, wie es etwa im Dual-Fuel-Modus gefordert ist.

**[0062]** Die Öffnung des Steuerventils 23 führt zur Entlastung des Federraums 24, in welchem sich das Federpaket 19 befindet. Dadurch wandert der Kolben 18 nun durch den Druck im Teilvolumen 22 gegen das Federpaket 19 (in der Figur nach oben). Da die Wirkflächen des Kolbens 18 gegenüber dem hydraulischen Druck im Teilvolumen 21 nahezu ausgeglichen sind, bewirkt eine Entlastung des Federraums 24 die beschriebene Bewegung.

**[0063]** Der Teller (im der Figur nicht gezeigt) des Kolbens 18 gibt dadurch das Teilvolumen 22 gegenüber dem Teilvolumen 21 frei. Dadurch werden die bisher getrennten Teilvolumina 21, 22 miteinander verbunden. Die Entnahme erfolgt dann aus dem von den Teilvolumina 21, 22 gebildeten Summenvolumen, wie es etwa im Dieselbetrieb vorteilhaft ist. Durch die Überströmleitung 17 wird die Verbindung der Teilvolumina 21, 22 hergestellt.

**[0064]** Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einem veränderbaren Speichervolumen 20. Hier wird das Speichervolumen 20 nicht in zwei diskrete Teilvolumina 21, 22 aufgeteilt, sondern das gesamte Speichervolumen 20 ist in seinem mit der Düsenbaugruppe 10 verbundenen Volumen veränderbar ausgebildet.

**[0065]** Dazu ist ein verschiebbarer Kolben 18 vorgesehen, durch dessen Bewegung das mit der Düsenbaugruppe 10 kommunizierende Speichervolumen 20 verändert wird.

**[0066]** Der Kolben 18 ist durch das Federpaket 19 gegen das Volumen 20 verspannt. Das Federpaket 19 ist hier beispielhaft als Kegelfeder realisiert. In der Figur dargestellt ist der Kolben 18 in seiner Endlage mit geringstem Speichervolumen 20. Dies würde der Position im Dual-Fuel-Modus entsprechen. Vorteilhafterweise weist in dieser Lage das Speichervolumen 20 ein Volumen auf, welches dem des (kleineren) Teilvolumens 22 entspricht. Das Federpaket 19 ist dabei entspannt.

**[0067]** Bei Schalten des Federraums 24 über das Steuerventil 23 auf einen druckreduzierten Zustand bewegt sich der Kolben 18 gegen das Federpaket 19 (in der Figur nach oben), denn am Speichervolumen 20 liegt der

Druck der Hochdruckkraftstoffleitung 8 an.

[0068] Dadurch vergrößert sich das zur Entnahme von Kraftstoff zur Verfügung stehende Speichervolumen 20 und gleichzeitig wird die Überströmleitung 17 freigegeben. Die Anordnung ist so ausgelegt, dass bei auf den zweiten Anschlagpunkt zurückgefahrenem Kolben 18 (also bei gespanntem Federpaket 19) das sich ergebende Speichervolumen 20 für den Dieselbetrieb dimensioniert ist.

[0069] Figur 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit veränderbarem Speichervolumen 20. Um eine Umschaltung zwischen den Betriebsmodi Dual-Fuel und Diesel-Betrieb zu realisieren, ist die Federkraft des als passives Ventil ausgebildeten Ventils 25 so bemessen, dass bei den im Dieselbetrieb üblicherweise höheren Drücken (als im Dual-Fuel-Modus) in der Hochdruckkraftstoffleitung 8 der Kolben 18 in Richtung eines größeren Speichervolumens 20 gedrückt wird und gleichzeitig die Überströmleitung 17 freigegeben wird. In der Figur entspricht das einer Bewegung nach oben. Bezüglich der Vorteile und der Dimensionierung gilt das für Figur 7 gesagte.

[0070] Figur 9 zeigt den Druckverlauf im Speichervolumen, dargestellt über dem Kurbelwinkel in Grad für den Fall der Entnahme der geringen Kraftstoffmenge beim Einspritzvorgang im Dual-Fuel-Betrieb.

[0071] Im Falle eines Kraftstoffinjektors 1 nach dem Stand der Technik (wie in Fig. 1 gezeigt - hier Speichervolumen 20, da ja im Stand der Technik nur ein unveränderliches Volumen existiert) ergibt sich ein kaum messbarer Einbruch des Druckverlaufes.

[0072] Die durchgezogene (oberste) Linie zeigt diesen Druckverlauf am Speichervolumen 20, der in einer anderen Skalierung auch in Figur 2 gezeigt ist.

[0073] Die strichlierte Linie zeigt den Druckverlauf für einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor 1 am Teilvolumen 22. Es ergibt sich ein deutlicher, gut messbarer Druckverlauf.

[0074] Der Raildruck (Druck in der Hochdruckkraftstoffleitung 8) liegt je nach Betriebszustand typischerweise in einem Bereich von 1000 bar bis 2500 bar. Der beim Einspritzvorgang beobachtete Druckeinbruch nach Stand der Technik liegt in der Größenordnung von wenigen bar im Dual-Fuel Betrieb bzw. von ca. 100 bar im Diesel-Betrieb.

[0075] Der beim Einspritzvorgang beobachtete Druckeinbruch nach der Erfindung liegt in der Größenordnung von z.B. 50 bis 100 bar im Dual-Fuel Betrieb bzw. von ca. 100 bar im Diesel-Betrieb.

[0076] Solchermaßen kann die Auflösung einer Messung verbessert werden.

Liste der verwendeten Bezugszeichen:

[0077]

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 | Injektor              |
| 2 | Zu- und Ablaufdrossel |

- |         |                            |
|---------|----------------------------|
| 3       | Blende                     |
| 4       | Blende                     |
| 6       | Steuerventil               |
| 7       | Blende                     |
| 5 8     | Hochdruckkraftstoffleitung |
| 9       | Drucksensor                |
| 10      | Düsenbaugruppe             |
| 11      | Steuereinrichtung          |
| 12, 12' | Schaltelement              |
| 10 13   | Verdrängungskörper         |
| 14      | Durchflussbegrenzer        |
| 15      | Blende                     |
| 16      | Blende                     |
| 17      | Überströmleitung           |
| 15 18   | Kolben                     |
| 19      | Federpaket                 |
| 20      | Speichervolumen            |
| 21, 22  | Teilvolumina               |
| 23      | Steuerventil               |
| 20 24   | Federraum                  |
| 25      | Passives Ventil            |
| 26      | Blende an Kolben           |

## 25 Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (1) mit einem Speichervolumen (20), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speichervolumen (20) im Betrieb durch ein Steuersignal veränderbar ist.
2. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speichervolumen (20) aus wenigstens zwei Teilvolumina (21, 22) besteht, die über ein Schaltelement (12) so verbindbar sind, dass sie als Gesamtvolumen wirken.
3. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung der wenigstens zwei Teilvolumina (21, 22) strömungstechnisch parallel ist.
4. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung der wenigstens zwei Teilvolumina (21, 22) strömungstechnisch seriell ist.
5. Kraftstoffinjektor (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den wenigstens zwei Teilvolumina (21, 22) ein Schaltelement (12) zur Veränderung der Fluidverbindung zwischen den Teilvolumina (21, 22) vorgesehen ist.
6. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schaltelement (12) ein elektrisch oder hydraulisch betätigbares Schaltventil ist.

7. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speichervolumen (20) als eine Kavität veränderbaren Rauminhaltes ausgeführt ist. 5
8. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rauminhalt des Speichervolumens (20) über einen Kolben (18) veränderbar ist. 10
9. Kraftstoffinjektor (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (18) innerhalb des Speichervolumens (20) bewegbar ist.
10. Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffinjektor (1) nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche. 15
11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10, wobei eine Steuereinheit vorgesehen ist, durch deren Signale der Rauminhalt des Speichervolumens (20) des Kraftstoffinjektors (1) veränderbar ist. 20
12. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffinjektor (1) nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rauminhalt des Speichervolumens (20) des Kraftstoffinjektors (1) in Abhängigkeit eines Betriebszustandes der Brennkraftmaschine verändert wird. 25  
30

35

40

45

50

55

Fig. 1

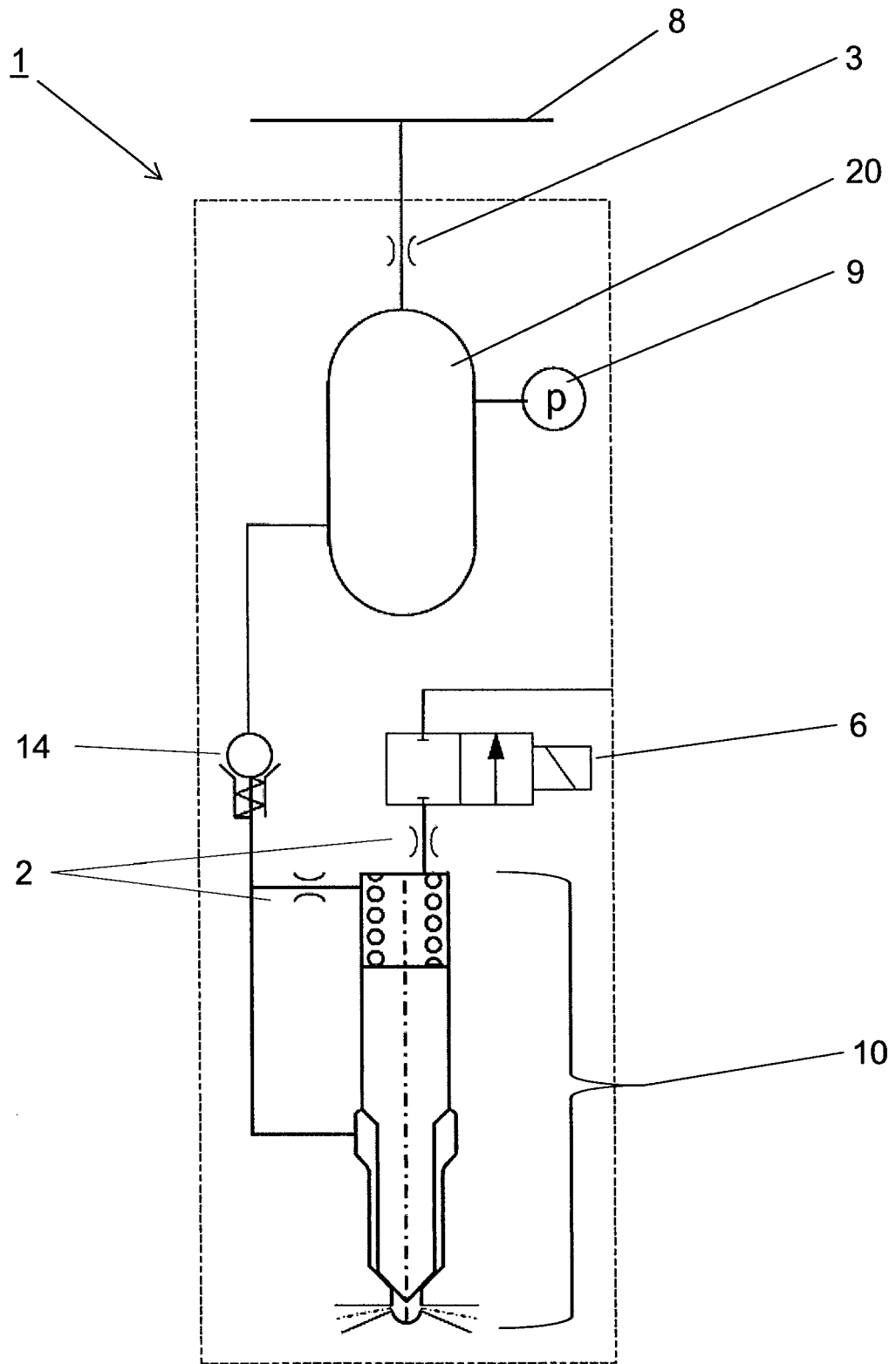




Fig. 2

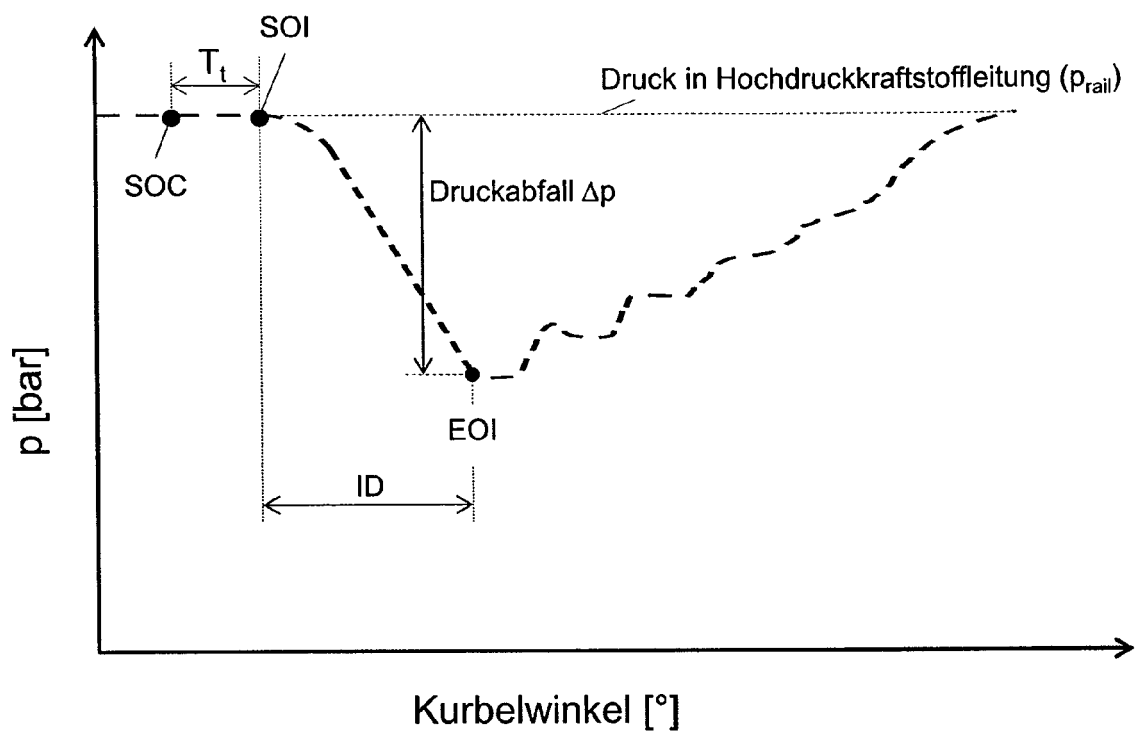


Fig. 3

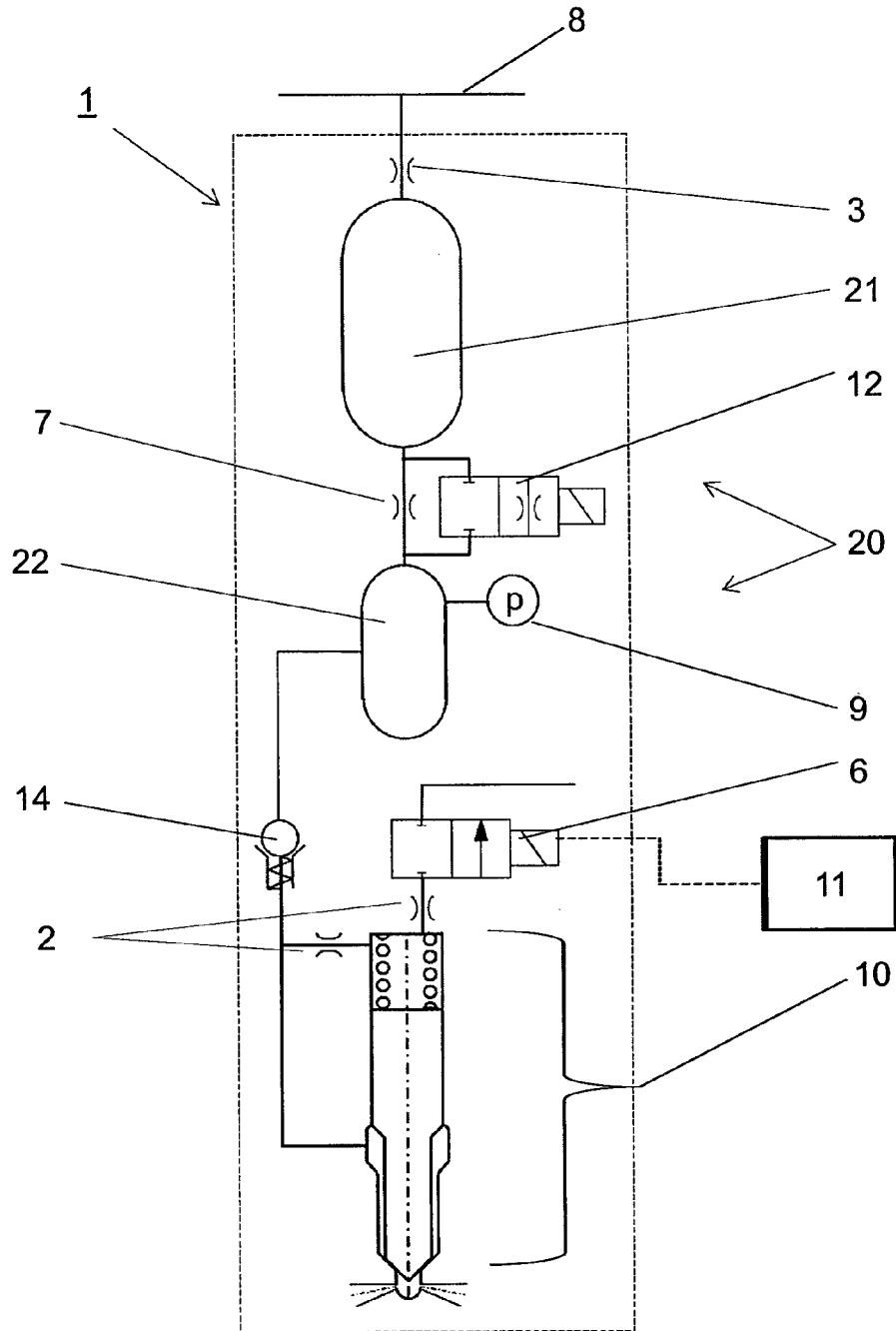


Fig. 4

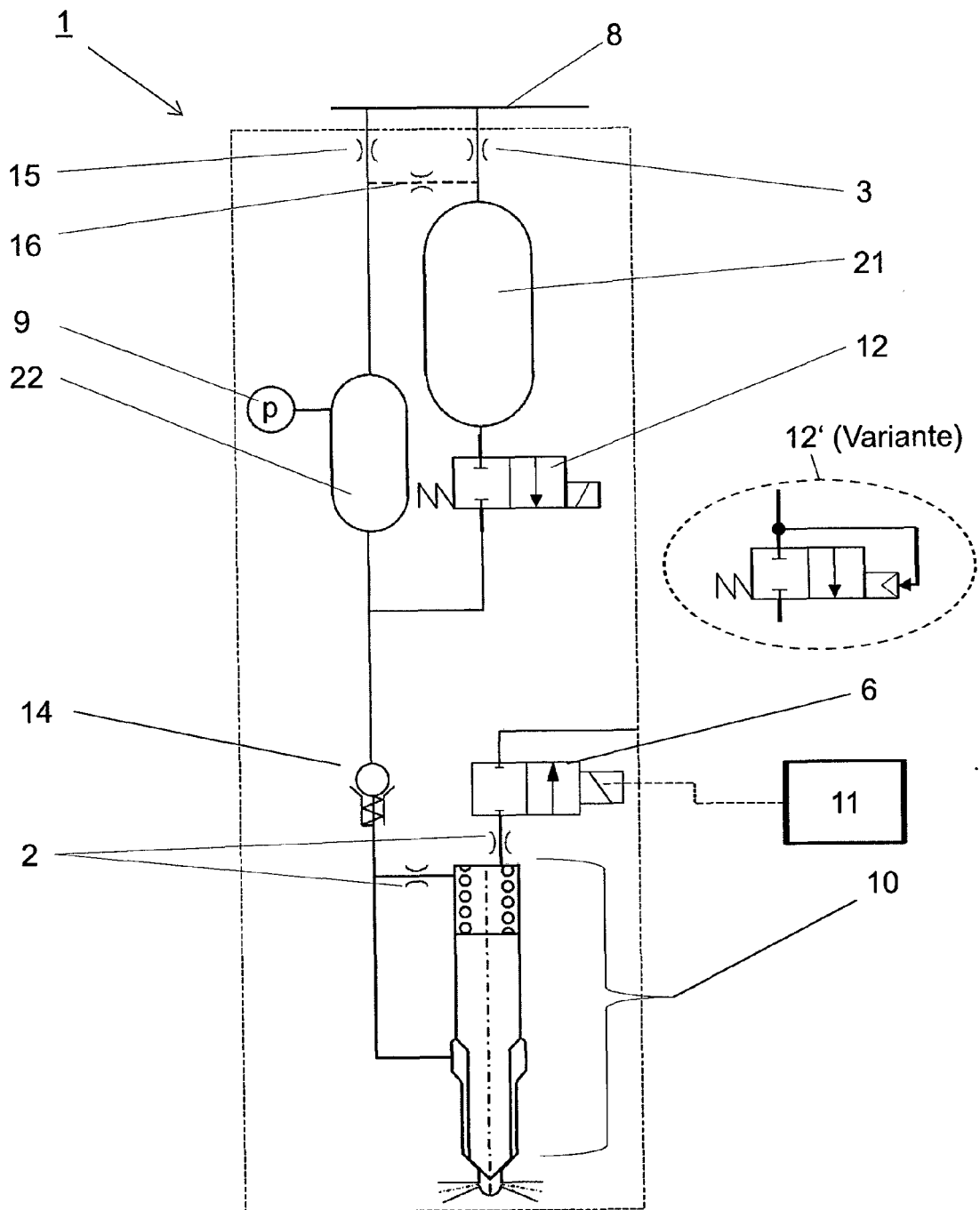


Fig. 5

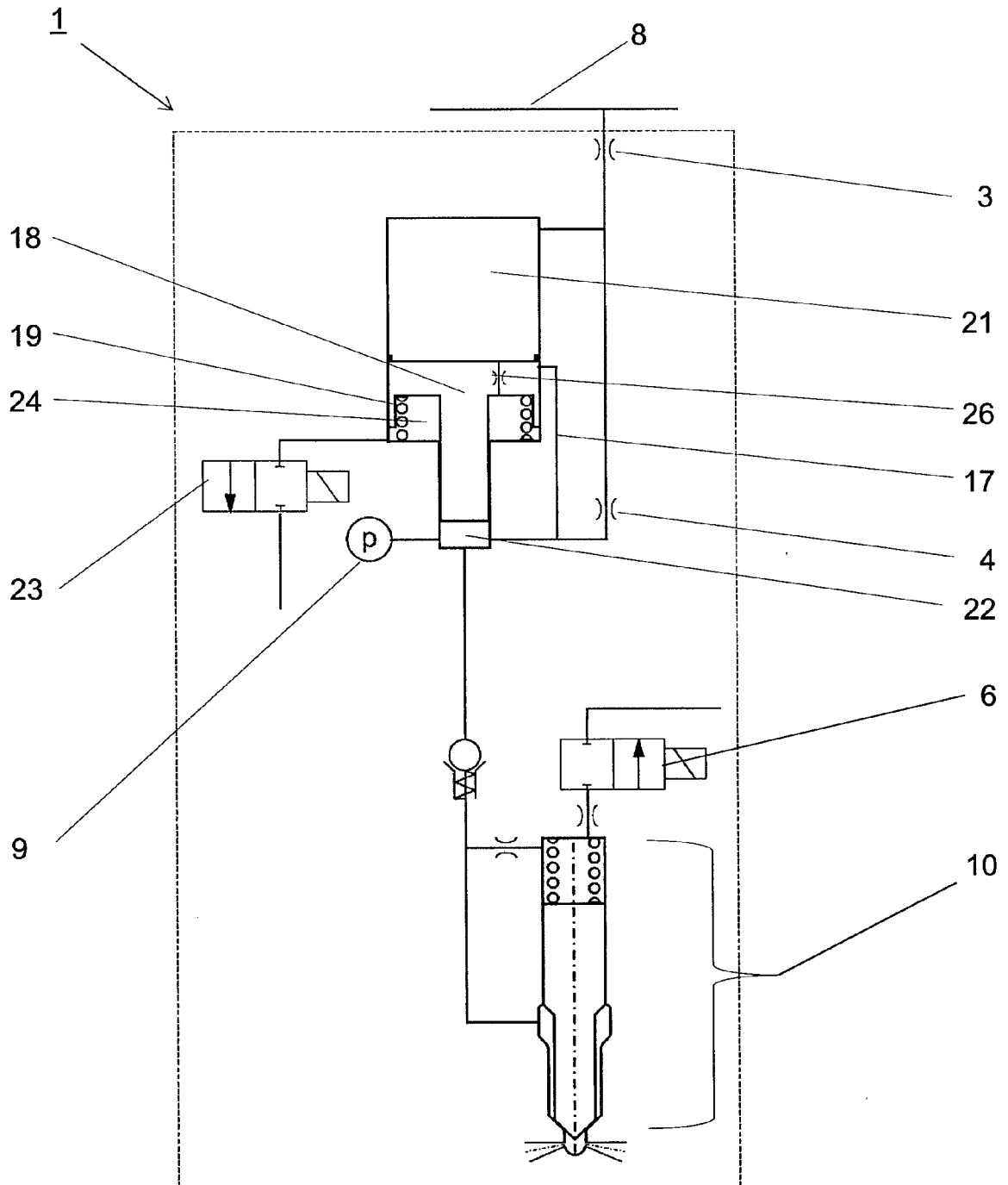


Fig. 6

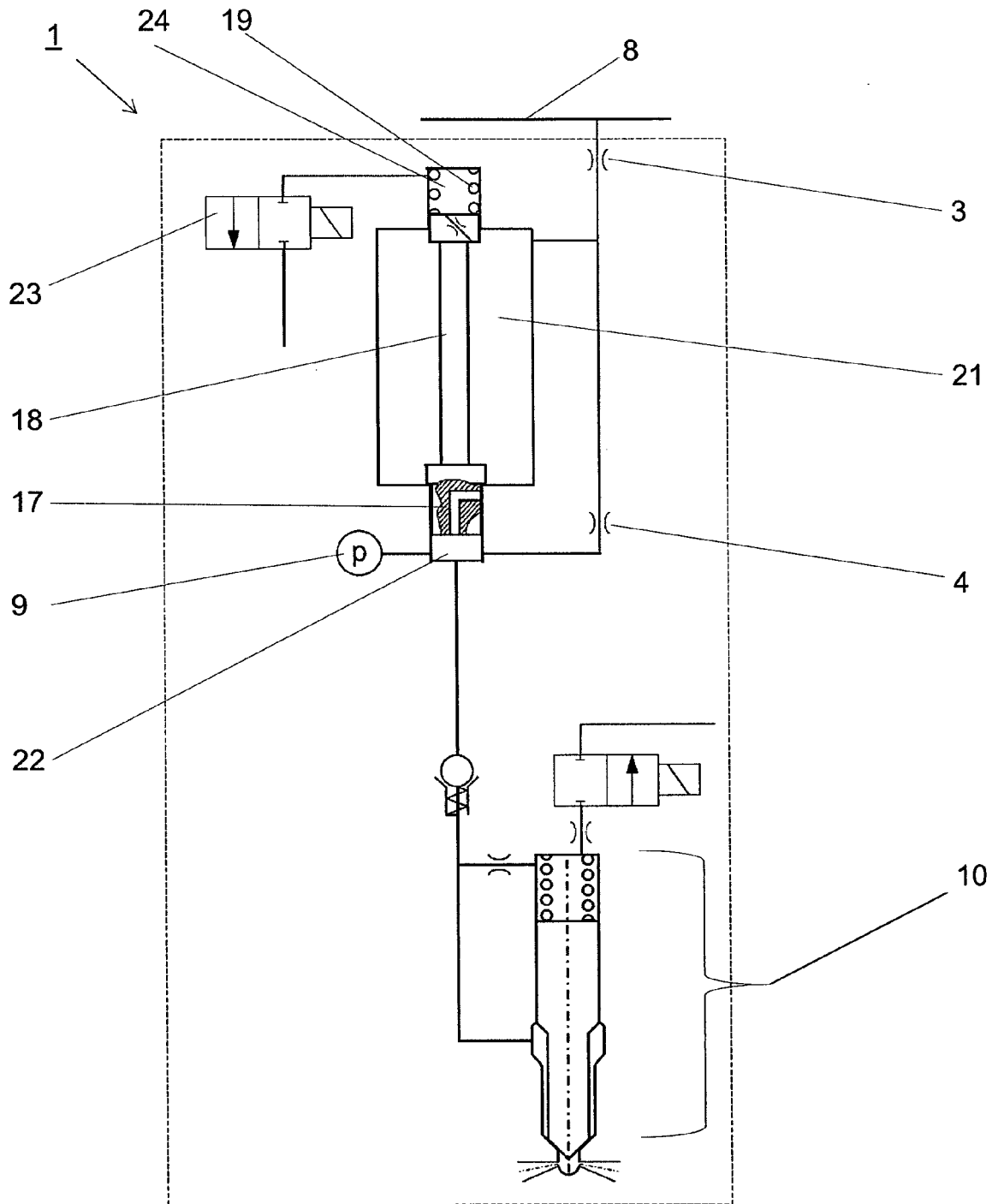


Fig. 7

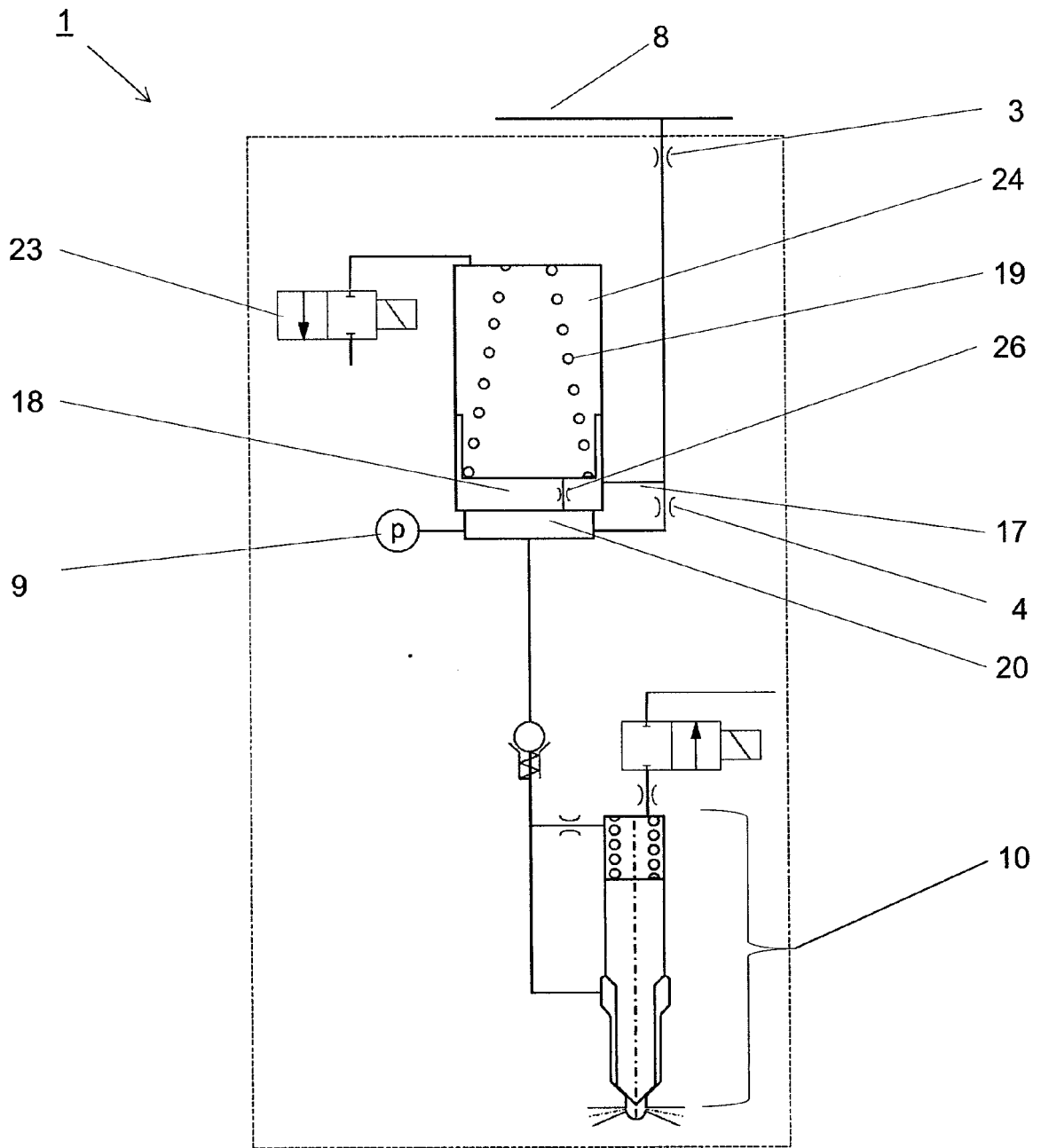


Fig. 8

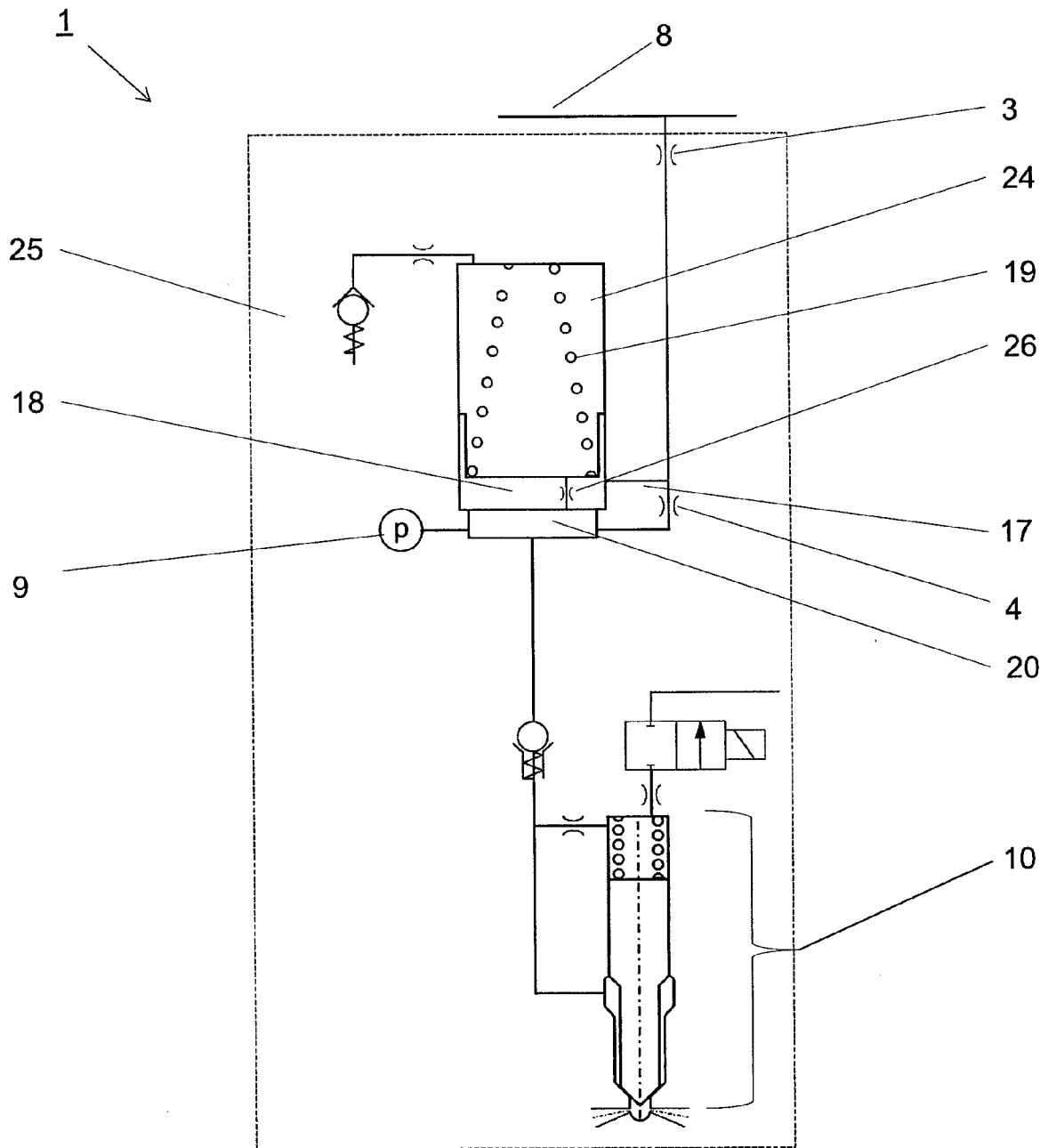
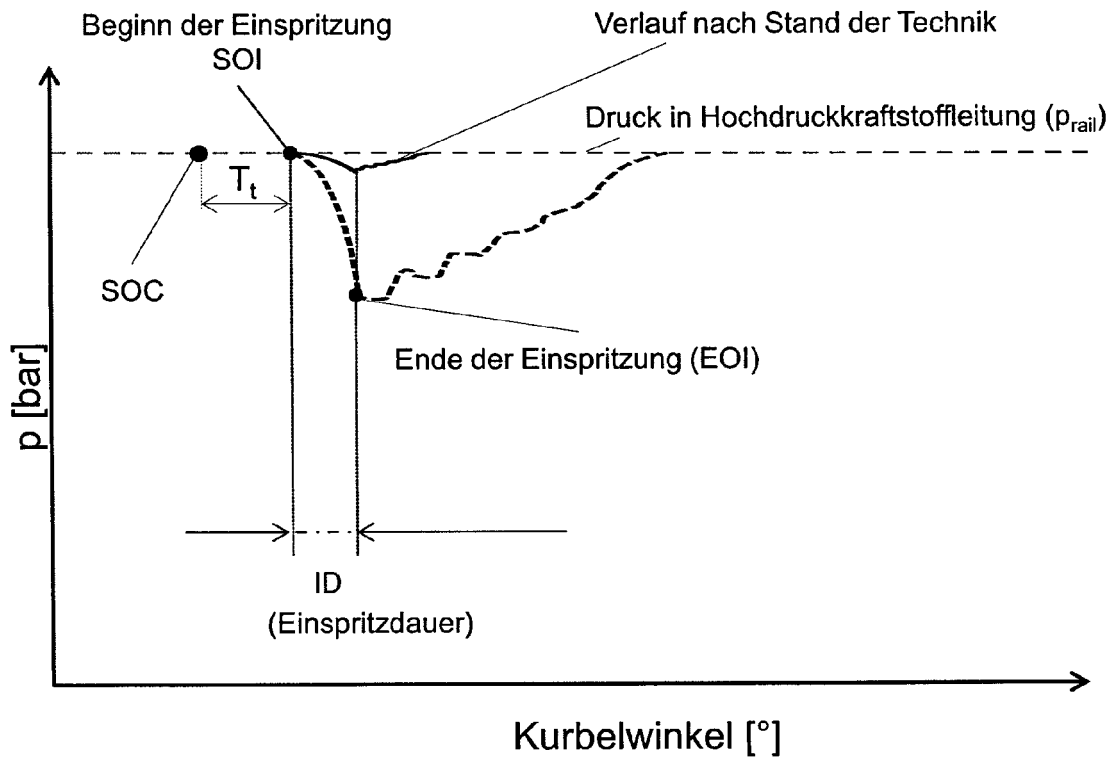


Fig. 9







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 00 3476

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	WO 02/092998 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MAGEL CHRISTOPH [DE]; KERN VOLKMAR [DE]) 21. November 2002 (2002-11-21) * Seite 3, Zeile 25 - Seite 6, Zeile 13; Abbildung 1 *	1,7-12	INV. F02M47/02
X,P	WO 2015/090494 A1 (ORANGE GMBH [DE]) 25. Juni 2015 (2015-06-25) * Seite 10 - Seite 11; Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1-3,5,6	
A	EP 1 614 894 A1 (RENAULT SA [FR]) 11. Januar 2006 (2006-01-11) * das ganze Dokument *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. April 2016	Prüfer Hermens, Sjoerd
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 Patentdokument, 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 15 00 3476

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

19-04-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	WO 02092998	A1	21-11-2002	DE	10123911 A1	28-11-2002
				EP	1392966 A1	03-03-2004
				JP	4125964 B2	30-07-2008
				JP	2004525304 A	19-08-2004
				KR	20040002960 A	07-01-2004
				US	2004149265 A1	05-08-2004
				WO	02092998 A1	21-11-2002
20	WO 2015090494	A1	25-06-2015	DE	102013021810 A1	25-06-2015
				WO	2015090494 A1	25-06-2015
25	EP 1614894	A1	11-01-2006	AT	443207 T	15-10-2009
				EP	1614894 A1	11-01-2006
				FR	2872865 A1	13-01-2006
30	-----					
35						
40						
45						
50						
55						

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**

- DE 102006051583 A1 [0002]