

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 104/2012  
(22) Anmeldetag: 26.01.2012  
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2013

(51) Int. Cl. : **F02M 47/02** (2006.01)  
**F02M 55/00** (2006.01)  
**F02M 63/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2004005704 A1  
AT 509877 A4  
WO 2007143768 A1

(73) Patentinhaber:  
ROBERT BOSCH GMBH  
70469 STUTTGART-FEUERBACH (DE)

(54) **VORRICHTUNG ZUM EINSPRITZEN VON KRAFTSTOFF IN DEN BRENNRAUM EINER  
BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Bei einer Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine ist wenigstens ein Injektor (1) vorgesehen, der einen im Injektorkörper integrierten Hochdruckspeicher (6), eine Einspritzdüse (2), die eine axial verschieblich geführte Düsennadel (15) umfasst, die von einem Düsenraum (19) umgeben ist, eine den Hochdruckspeicher (6) mit der Einspritzdüse (2) verbindende Hochdruckbohrung (8) und eine parallel zur Hochdruckbohrung (8) geschaltene Resonatorbohrung (20) umfasst, die mit der Einspritzdüse (2) in Verbindung steht und über eine Resonatorbohrung (20) in den Hochdruckspeicher (6) mündet. Die Hochdruckbohrung (8) umfasst einen ersten (8'), an den Hochdruckspeicher (6) anschließenden Abschnitt und einen zweiten (8''), in die Einspritzdüse (2) mündenden Abschnitt, wobei der erste Abschnitt (8') einen größeren Durchflussquerschnitt aufweist als der zweite Abschnitt (8'').

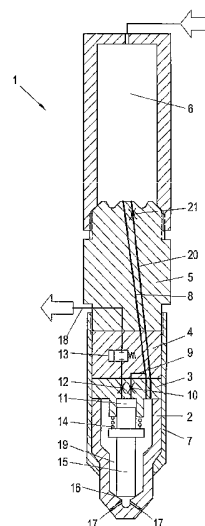


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Injektor, der einen im Injektorkörper integrierten Hochdruckspeicher, eine Einspritzdüse, die eine axial verschieblich geführte Düsennadel umfasst, die von einem Düsenraum umgeben ist, eine den Hochdruckspeicher mit der Einspritzdüse verbindende Hochdruckbohrung und eine parallel zur Hochdruckbohrung geschaltene Resonatorbohrung umfasst, die mit der Einspritzdüse in Verbindung steht und über eine Resonatordrossel in den Hochdruckspeicher mündet.

**[0002]** Einspritzinjektoren dieser Art werden in modularen Common-Rail-Systemen verwendet, die dadurch gekennzeichnet sind, dass ein Teil des im System vorhandenen Speichervolumens im Injektor selbst vorhanden ist. Modulare Common-Rail-Systeme kommen bei besonders großen Motoren zum Einsatz, bei welchen die einzelnen Injektoren unter Umständen in erheblichem Abstand voneinander angebracht sind. Die alleinige Verwendung eines gemeinsamen Rails für alle Injektoren ist bei solchen Motoren nicht sinnvoll, da es aufgrund der langen Leitungen während der Einspritzung zu einem massiven Einbruch im Einspritzdruck kommen würde, sodass bei längerer Spritzdauer die Einspritzrate merklich einbrechen würde. Bei solchen Motoren ist es daher vorgesehen, einen Hochdruckspeicher im Inneren eines jeden Injektors anzuordnen. Eine solche Bauweise wird als modularer Aufbau bezeichnet, da jeder einzelne Injektor über seinen eigenen Hochdruckspeicher verfügt und somit als eigenständiges Modul eingesetzt werden kann. Unter einem Hochdruckspeicher ist hierbei nicht eine gewöhnliche Leitung zu verstehen, sondern es handelt sich bei einem Hochdruckspeicher um ein druckfestes Gefäß mit einer Zu- bzw. Ableitung, dessen Durchmesser im Vergleich zu den Hochdruckleitungen deutlich vergrößert ist, damit aus dem Hochdruckspeicher eine gewisse Einspritzmenge abgegeben werden kann, ohne dass es zu einem sofortigen Druckabfall kommt.

**[0003]** In einem Common-Rail-System werden elektronisch gesteuerte Einspritzinjektoren zum Einspritzen des Kraftstoffs in den Motorbrennraum verwendet. Die in diesen Injektoren verwendeten Servoventile bewirken ein sehr schnelles Schließen der Einspritzdüse. Beim Schließen der Einspritzdüse läuft der Kraftstoff gegen ein geschlossenes Leitungsende, wobei auf Grund der Trägheit des Kraftstoffes der Druck vor der Einspritzdüse deutlich ansteigt. Diese Druckspitze läuft in der Folge in der Hochdruckbohrung zwischen Einspritzdüse und dem Hochdruckspeicher hin und her, wobei am Düsensitz starke Druckpulsationen entstehen, die hier zu starkem Verschleiß führen. Die dabei auftretenden Druckspitzen liegen in ungünstigen Fällen um bis zu 500 bar über dem Raildruck.

**[0004]** Diese Druckschwingungen führen bei schnell aufeinander folgenden Einspritzvorgängen überdies zu starken Schwankungen der Einspritzrate. Wird zum Beispiel durch eine Voreinspritzung eine Druckschwingung am Düsensitz induziert, so ist bei konstanter Öffnungszeit der Düsennadel für die zweite, nachfolgende Einspritzung die eingespritzte Menge davon abhängig, ob die zweite Einspritzung eher in einem Maximum oder in einem Minimum der Druckschwingung erfolgt ist. Eine möglichst geringe Druckschwingung an der Einspritzdüse in allen Betriebszuständen des hydraulischen Systems ist daher erstrebenswert.

**[0005]** Eine Möglichkeit der Reduktion von Druckpulsationen ist der WO 2007/143768 A1 zu entnehmen, wobei eine parallel zur Hochdruckleitung zwischen Einspritzdüse und Hochdruckspeicher geschaltene Resonatorleitung vorgesehen ist, die hochdruckspeicherseitig eine Resonatordrossel aufweist. Bevorzugt ist die Resonatordrossel am Eintritt der Resonatorleitung in den Hochdruckspeicher angeordnet.

**[0006]** Die aus der WO 2007/143768 A1 bekannte Ausbildung sieht somit vor, dass die Hochdruckleitung in zwei voneinander unabhängige Bereiche geteilt wird, von denen einer mit einer Drossel ausgestattet ist, sodass die Druckschwingungen, die am Düsensitz entstehen, in beiden Bereichen unterschiedlich reflektiert werden und sich die reflektierten Schwingungen aufgrund ihres Phasenversatzes nahezu auslöschen.

**[0007]** Das genannte Resonatorsystem ist zwar in der Lage, das Abklingen der Druckschwin-

gungen zu beschleunigen, die erste, unmittelbar beim Schließen der Einspritzdüse auftretende Druckspitze kann dadurch aber nicht abgesenkt werden.

**[0008]** Das Dokument AT 509 877 A4 beschreibt eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0009]** Das Dokument WO 2004/005704 A1 beschreibt ein Einspritzventil umfassend eine Kraftstoffzuleitung, die in einem ersten Abschnitt einen größeren Durchflussquerschnitt aufweist als in einem zweiten Abschnitt.

**[0010]** Die Erfindung zielt daher darauf ab, auch die erste, unmittelbar beim Schließen der Einspritzdüse auftretende Druckspitze möglichst wirksam abzusenken.

**[0011]** Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung ausgehend von einer Vorrichtung der eingangs genannten Art im Wesentlichen vor, dass die Hochdruckbohrung einen ersten, an den Hochdruckspeicher anschließenden Abschnitt und einen zweiten, in die Einspritzdüse mündenden Abschnitt umfasst, wobei der erste Abschnitt einen größeren Durchflussquerschnitt aufweist als der zweite Abschnitt. Durch diese einfache Maßnahme wird erreicht, dass die gegen die geschlossene Einspritzdüse auflaufende Flüssigkeitssäule reduziert und damit die entsprechende Druckspitze abgesenkt wird.

**[0012]** Bevorzugt schließen der erste und der zweite Abschnitt unmittelbar aneinander an. Der Übergang vom größeren Durchflussquerschnitt des ersten Abschnitts auf den kleineren Durchflussquerschnitt des zweiten Abschnitts kann hierbei kontinuierlich oder stufenartig erfolgen. Bei einem stufenartigen Übergang ist die am Übergang ausgebildete Kante bevorzugt abgerundet. Bevorzugt weist sowohl der erste als auch der zweite Abschnitt einen kreisrunden Durchflussquerschnitt auf.

**[0013]** Zur Maximierung des durch die erfindungsgemäße Ausbildung erreichten Effekts wird der erste, mit größerem Durchflussquerschnitt ausgebildete Abschnitt der Hochdruckbohrung möglichst lange ausgebildet und damit möglichst nahe an die Einspritzdüse herangeführt. Eine bevorzugte Weiterbildung sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die Länge des ersten Abschnitts wenigstens dem Doppelten, bevorzugt wenigstens dem Dreifachen der Länge des zweiten Abschnitts entspricht.

**[0014]** Eine Optimierung des durch die erfindungsgemäße Ausbildung erreichten Effekts kann auch dadurch erreicht werden, dass der Durchflussquerschnitt des ersten Abschnitts im Verhältnis zum Durchflussquerschnitt des zweiten Abschnitts möglichst groß gewählt wird. Eine bevorzugte Ausbildung sieht hierbei vor, dass der Durchflussquerschnitt des ersten Abschnitts mindestens dem 1,5-fachen, bevorzugt mindestens dem 2-fachen, bevorzugt mindestens dem 3-fachen, besonders bevorzugt mindestens dem 4-fachen des Durchflussquerschnitts des zweiten Abschnitts entspricht.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Ausbildung kommt besonders vorteilhaft bei Injektoren zum Tragen, bei denen die Düsennadel zur Steuerung ihrer Öffnungs- und Schließbewegung von dem in einem mit Kraftstoff unter Druck speisbaren Stellerraum herrschenden Druck in axialer Richtung beaufschlagbar ist, wobei der Stellerraum mit einem eine Zulaufdrossel aufweisenden Zulaufkanal und einem eine Ablaufdrossel aufweisenden Ablaufkanal in Verbindung steht und wenigstens ein den Zu- oder Ablaufkanal öffnendes oder schließendes Stellerventil vorgesehen ist, mit dem der Druck im Stellerraum gesteuert wird, dass die Zulaufdrossel und die Ablaufdrossel in einer Drosselplatte ausgebildet sind, dass das Stellerventil in einer Ventilplatte ausgebildet ist und dass die Hochdruckbohrung und die Resonatorbohrung die Ventilplatte und die Drosselplatte durchsetzen. Der Injektor ist hierbei meist so ausgebildet, dass ein den Hochdruckspeicher beherbergender Injektor- und/oder Haltekörper, die Ventilplatte, die Drosselplatte und die Einspritzdüse von einer Düsenspannmutter zusammengehalten werden. Die Hochdruckbohrung und die Resonatorbohrung erstrecken sich dabei durch den Haltekörper, die Ventilplatte und die Drosselplatte und verbinden dadurch den Hochdruckspeicher mit der Einspritzdüse.

**[0016]** Bei einem Injektor der oben genannten Art ist es im Rahmen der Erfindung besonders

vorteilhaft, wenn der die Drosselplatte und die Ventilplatte durchsetzende Abschnitt der Hochdruckbohrung den zweiten Abschnitt derselben oder einen Teil des zweiten Abschnitts ausbildet. In diesem Abschnitt ist der Durchflussquerschnitt konstruktionsbedingt begrenzt, da die Resonatorbohrung und die Hochdruckbohrung an der Ventilanordnung bzw. der Ablauf- und ggf. Zulaufdrossel vorbeigeführt werden müssen. Der erste Abschnitt der Hochdruckbohrung hingegen ist bevorzugt in einem Haltekörper ausgebildet, der zwischen dem Hochdruckspeicher und der Ventilplatte angeordnet ist.

**[0017]** Der Übergang vom ersten Abschnitt in den zweiten Abschnitt der Hochdruckbohrung kann beispielsweise am Übergang des Haltekörpers zur Ventilplatte angeordnet sein. Dies würde allerdings dazu führen, dass an dieser Stelle, an der die Ventilplatte und der Haltekörper dichtend aneinander gepresst sind, ein größerer Querschnitt der Hochdruckbohrung, nämlich der Querschnitt des ersten Abschnitts, abgedichtet werden muss. Um dies zu vermeiden, sieht eine bevorzugte Weiterbildung vor, dass der Übergang vom ersten Abschnitt in den zweiten Abschnitt der Hochdruckbohrung im Haltekörper angeordnet ist. Am Übergang vom Haltekörper in die Ventilplatte ist in diesem Fall nur mehr der kleinere Querschnitt des zweiten Abschnitts abzudichten.

**[0018]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Resonatordrossel am Eintritt der Resonatorbohrung in den Hochdruckspeicher angeordnet ist.

**[0019]** Bevorzugt ist die Länge der Resonatorbohrung auf die Länge der Hochdruckbohrung abgestimmt, sodass sich die vom Injektor induzierten Druckschwingungen gegenseitig abschwächen oder auslöschen.

**[0020]** Bevorzugt ist die Länge der Resonatorbohrung zwischen der Einspritzdüse und der Resonatordrossel sowie die Länge der Hochdruckleitung zwischen der Einspritzdüse und dem Eintritt der Hochdruckbohrung in den Druckspeicher jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge der von der Einspritzdüse induzierten Druckschwingung.

**[0021]** Bevorzugt entspricht die Länge der Resonatorbohrung zwischen dem Düsenvorraum und der Resonatordrossel im Wesentlichen der Länge der Hochdruckleitung zwischen dem Düsenvorraum und dem Eintritt der Hochdruckbohrung in den Druckspeicher.

**[0022]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 schematisch einen Querschnitt eines mit einem Hochdruckspeicher ausgestatteten Injektors gemäß Stand der Technik und Fig. 2 eine schematische Darstellung des Verlaufs des Durchflussquerschnitts der Hochdruckleitung zwischen Hochdruckspeicher und Einspritzdüse.

**[0023]** In Fig. 1 ist ein Injektor 1 dargestellt, der eine Einspritzdüse 2, eine Drosselplatte 3, eine Ventilplatte 4, einen Haltekörper 5 und einen Hochdruckspeicher 6 aufweist, wobei eine mit dem Haltekörper 5 verschraubte Düsenspannmutter 7 die Einspritzdüse 2, die Drosselplatte 3 und die Ventilplatte 4 zusammenhält. Im Ruhezustand ist das Magnetventil 13 geschlossen, sodass Hochdruckkraftstoff aus dem Hochdruckspeicher 6 über die Hochdruckleitung 8, die Querverbindung 9 und die Zulaufdrossel 10 in den Steuerraum 11 der Einspritzdüse 2 strömt, der Abfluss aus dem Steuerraum 11 über die Ablaufdrossel 12 aber am Ventilsitz des Magnetventils 13 blockiert ist. Der im Steuerraum 11 anliegende Systemdruck drückt gemeinsam mit der Kraft der Düsenfeder 14 die Düsennadel 15 in den Düsennadelsitz 16, sodass die Spritzlöcher 17 verschlossen sind. Wird das Magnetventil 13 betätigt, gibt es den Durchfluss über den Magnetventilsitz frei, und Kraftstoff strömt aus dem Steuerraum 11 durch die Ablaufdrossel 12, den Magnetventilankerraum und die Niederdruckbohrung 18 zurück in den nicht dargestellten Kraftstofftank. Es stellt sich ein durch die Strömungsquerschnitte von Zulaufdrossel 10 und Ablaufdrossel 12 definierter Gleichgewichtsdruck im Steuerraum 11 ein, der so gering ist, dass der im Düsenraum 19 anliegende Systemdruck die im Düsenkörper längs verschieblich geführte Düsennadel 15 zu öffnen vermag, sodass die Spritzlöcher 17 freigegeben werden und eine Einspritzung erfolgt.

**[0024]** Aufgrund der Massenträgheit des Kraftstoffs in Speicher 6, Hochdruckleitung 8 und

Düsenraum 19 kommt es direkt nach dem Schließen der Düsennadel 15 zu starken Druckschwingungen am Düsensitz 16, da der fließende Kraftstoff in sehr kurzer Zeit abgebremst werden muss. Zur Reduktion der Druckschwingungen kommt ein Resonator zum Einsatz. Dieser besteht aus einer Resonatorleitung 20, welche die gleiche Länge und den gleichen Durchmesser wie die Hochdruckleitung 8 aufweist, sowie einer Resonatordrossel 21, die am speicherseitigen Ende der Resonatorleitung 20 angebracht ist und diese mit dem Speicher 6 verbindet. Beim Schließen des Magnetventils 13 pflanzt sich der am Düsensitz 16 entstehende Druckpuls über den Düsenraum 19 in die Hochdruckleitung 8 und die Resonatorleitung 20 fort. Am Ende der Hochdruckleitung 8 erfolgt eine Reflexion des Druckpulses am offenen Ende am Übergang in den Speicher 6. Gleichzeitig wird der in der Resonatorleitung 20 laufende Druckpuls am geschlossenen Ende an der Resonatordrossel 21 reflektiert. Die beiden reflektierten Druckpulse sind aufgrund der unterschiedlichen Reflexionsart (offenes bzw. geschlossenes Ende) um  $180^\circ$  phasenverschoben, sodass sie sich beim Aufeinandertreffen im Düsenraum 19 auslöschen. Dadurch kommt es zu keinen weiteren Druckpulsen am Düsensitz 16, sodass hier deutlich weniger Verschleiß auftritt.

**[0025]** Allerdings ist die beschriebene Anordnung nicht in der Lage, auch die erste, unmittelbar beim Schließen der Einspritzdüse auftretende Druckspitze abzusenken. In der Detaildarstellung gemäß Fig. 2 ist die erfindungsgemäße Ausbildung der Hochdruckbohrung dargestellt, mit der auch die genannte erste Druckspitze abgesenkt werden kann. Die Fig. 2 zeigt eine stark schematisierte Darstellung des Injektors 1, wobei die in Fig. 1 näher beschriebenen Funktionskomponenten, nämlich der Speicher 6, der Haltekörper 5, die Ventilplatte 4, die Drosselplatte 3 und die Einspritzdüse 2 nur umrissen sind, ohne deren einzelne Bauteile, wie sie anhand der Fig. 1 beschrieben wurden, einzeln darzustellen. Fig. 2 zeigt, dass die Hochdruckbohrung 8, welche den Hochdruckspeicher 6 mit der Einspritzdüse 2 verbindet, in einem ersten Abschnitt 8' einen gegenüber dem Stand der Technik vergrößerten Durchmesser aufweist, und zwar einen deutlich größeren Durchmesser als in einem zweiten Abschnitt 8". Der erste Abschnitt 8' ist dabei relativ weit nach vorne zur Einspritzdüse gezogen. Der Übergang zwischen dem ersten Abschnitt 8' und dem zweiten Abschnitt 8" ist mit 22 bezeichnet und ist im Haltekörper 5 angeordnet. Im an den Übergang 22 anschließenden Abschnitt des Haltekörpers 5 sowie in dem die Ventilplatte 4 und die Drosselplatte 3 durchsetzenden Abschnitt 8" weist die Hochdruckbohrung einen gegenüber dem Stand der Technik unveränderten Querschnitt auf, und insbesondere denselben Durchmesser wie die Resonatorbohrung 20.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Injektor, der einen im Injektorkörper integrierten Hochdruckspeicher, eine Einspritzdüse, die eine axial verschieblich geführte Düsennadel umfasst, die von einem Düsenraum umgeben ist, eine den Hochdruckspeicher mit der Einspritzdüse verbindende Hochdruckbohrung und eine parallel zur Hochdruckbohrung geschaltene Resonatorbohrung umfasst, die mit der Einspritzdüse in Verbindung steht und über eine Resonator-drossel in den Hochdruckspeicher mündet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hochdruckbohrung (8) einen ersten (8'), an den Hochdruckspeicher (6) anschließenden Abschnitt und einen zweiten (8''), in die Einspritzdüse (2) mündenden Abschnitt umfasst, wobei der erste Abschnitt (8') einen größeren Durchflussquerschnitt aufweist als der zweite Abschnitt (8'').
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste (8') und der zweite Abschnitt (8'') unmittelbar aneinander anschließen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge des ersten Abschnitts (8') wenigstens dem Doppelten, bevorzugt wenigstens dem Dreifachen der Länge des zweiten Abschnitts (8'') entspricht.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchflussquerschnitt des ersten Abschnitts (8') mindestens dem 1,5-fachen, bevorzugt mindestens dem 2-fachen, bevorzugt mindestens dem 3-fachen, besonders bevorzugt mindestens dem 4-fachen des Durchflussquerschnitts des zweiten Abschnitts (8'') entspricht.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düsennadel (15) zur Steuerung ihrer Öffnungs- und Schließbewegung von dem in einem mit Kraftstoff unter Druck speisbaren Steuerraum (11) herrschenden Druck in axialer Richtung beaufschlagbar ist, wobei der Steuerraum (11) mit einem eine Zulaufdrossel (10) aufweisenden Zulaufkanal (9) und einem eine Ablaufdrossel aufweisenden Ablaufkanal in Verbindung steht und wenigstens ein den Zu- oder Ablaufkanal öffnendes oder schließendes Steuerventil (13) vorgesehen ist, mit dem der Druck im Steuerraum (11) gesteuert wird, dass die Zulaufdrossel (10) und die Ablaufdrossel (12) in einer Drosselplatte (3) ausgebildet sind, dass das Steuerventil in einer Ventilplatte (4) ausgebildet ist und dass die Hochdruckbohrung (8) und die Resonatorbohrung (20) die Ventilplatte (4) und die Drosselplatte (3) durchsetzen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Drosselplatte (3) und die Ventilplatte (4) durchsetzende Abschnitt der Hochdruckbohrung (8) den zweiten Abschnitt (8'') derselben oder einen Teil des zweiten Abschnitts (8'') ausbildet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Abschnitt (8') der Hochdruckbohrung in einem Haltekörper (5) ausgebildet ist, der zwischen dem Hochdruckspeicher (6) und der Ventilplatte (4) angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang (22) vom ersten Abschnitt (8') in den zweiten Abschnitt (8'') der Hochdruckbohrung im Haltekörper (5) angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die am Übergang (22) ausgebildete Kante abgerundet ist.

## Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

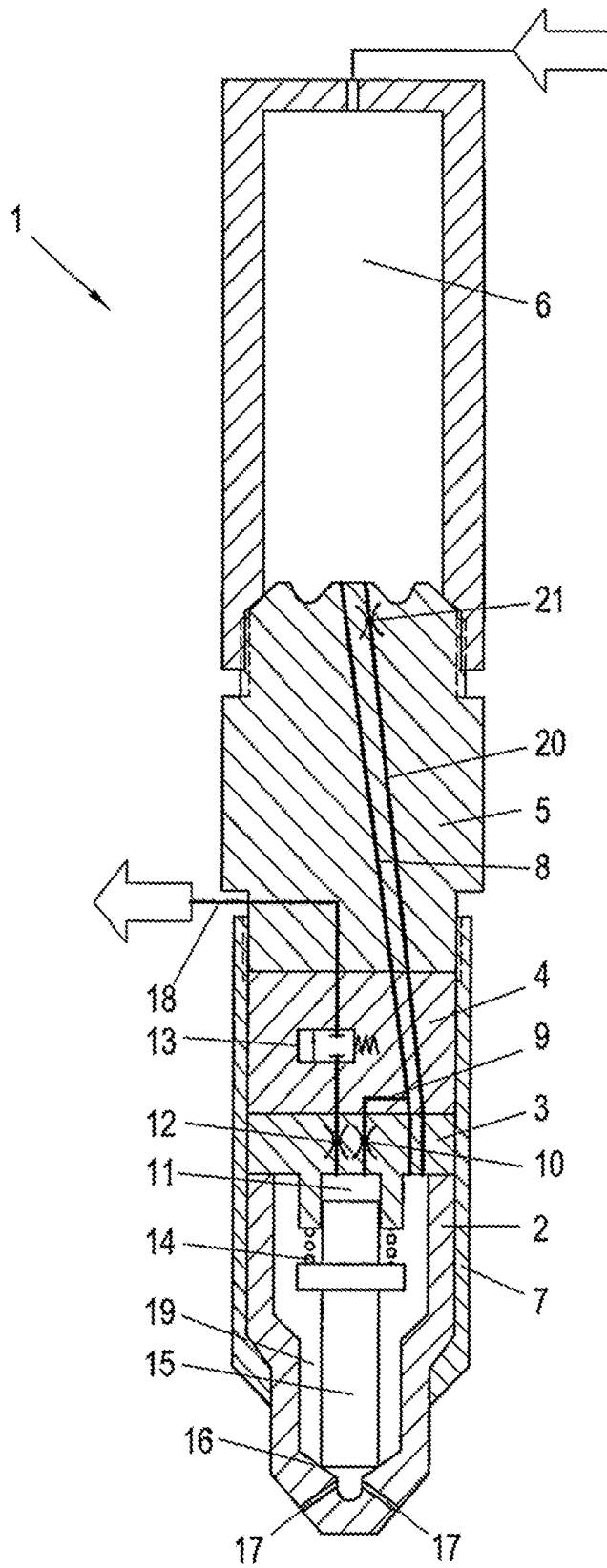


Fig. 1

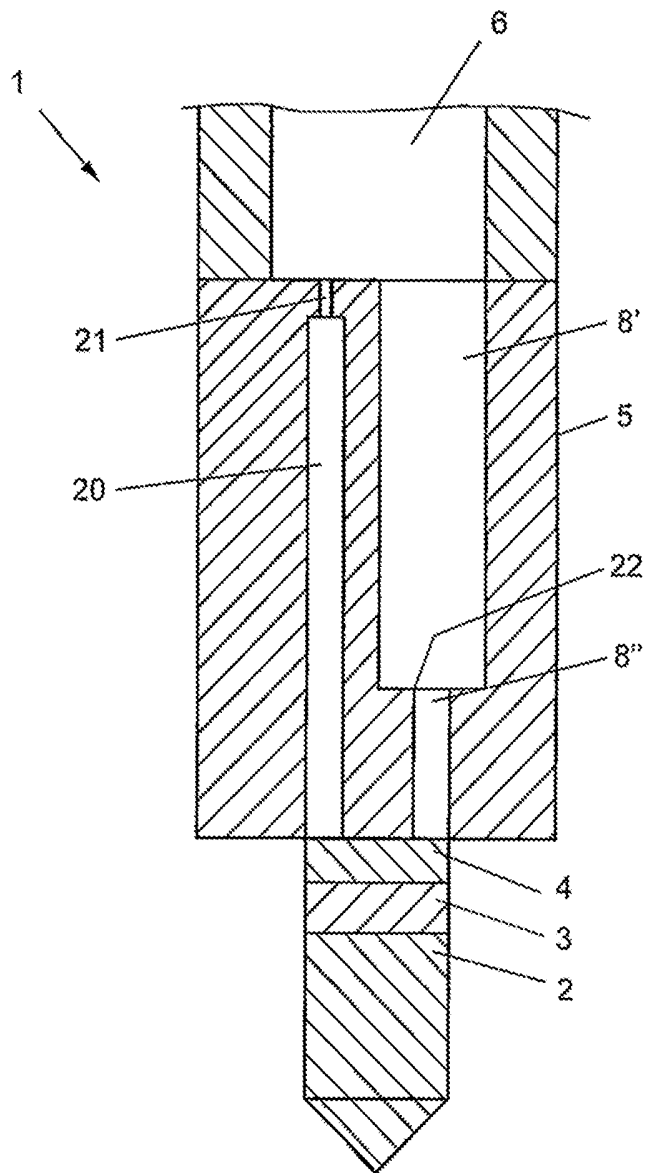


Fig. 2