



(11) **EP 1 970 556 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2009 Patentblatt 2009/53

(51) Int Cl.:
F02M 47/02 (2006.01) F02M 51/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07104188.3**

(22) Anmeldetag: **15.03.2007**

(54) **Injektor**

Injector

Injecteur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.09.2008 Patentblatt 2008/38

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(72) Erfinder:
• **van Bebber, David**
52072, Aachen (DE)
• **Reuter, Uwe**
52159, Roetgen (DE)

• **Hermann, Dietmar**
52159, Roetgen (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Ford-Werke Aktiengesellschaft
Patentabteilung NH/DRP
Henry-Ford-Strasse 1
50725 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 326 046 DE-A1-102004 002 299
DE-A1-102004 035 293 DE-B3- 10 333 427
DE-C1- 19 946 838

EP 1 970 556 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Injektor, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei der Injektor ein in einer mit einer Kopfseite und einer Fußseite ausgeführten Kammer angeordnetes Piezoelement aufweist, dem fußseitig ein Kolben zugeordnet ist, der die Kammer in eine fußseitige Kammer und in eine kopfseitige Kammer unterteilt, wobei eine Hochdruckmediumleitung über eine Verbindungsleitung in einem Einspritzelement mündet.

[0002] Die DE 103 26 046 A1 offenbart eine Einspritzdüse für eine Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Kraftfahrzeug. Die Einspritzdüse weist einen Düsenkörper, der mindestens ein Spritzloch hat, auf. In einer Nadelführung des Düsenkörpers ist eine Düsennadel geführt, mit welcher das Einspritzen von Kraftstoff durch das zumindest eine Spritzloch steuerbar ist. Es ist ein mit einem Aktor antriebsgekoppelter Steuerkolben vorgesehen, der eine erste Steuerfläche aufweist. Die Düsennadel weist eine erste Kompensatorfläche auf, oder ist mit einem eine erste Kompensatorfläche aufweisenden Kompensator Kolben antriebsgekoppelt. Die erste Kompensatorfläche ist über einen ersten Hydraulikpfad mit der ersten Steuerfläche hydraulisch gekoppelt. Die erste Steuerfläche ist über einen zweiten Hydraulikpfad mit einer Zuführungsleitung hydraulisch koppelbar, die dem zumindest einen Spritzloch unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuführt.

[0003] Die DE 102 54 466 A1 betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil. Ein Piezobetätigungsfeld eines Kraftstoffeinspritzventils treibt einen Betätigungskolben über einen Kolben mit einem großen Durchmesser und eine Pumpenkammer an, um einen Ventilkörper eines Steuerventils nach unten zu drücken, und um eine Niederdruckablauföffnung zu öffnen. Dadurch soll eine Düsennadel geöffnet und Kraftstoff eingespritzt werden. Ein abgeschrägtes Teil ist an einem oberen Ende der Ablauföffnung ausgebildet. Das abgeschrägte Teil ist so ausgebildet, daß eine Kanalfäche deutlich in einer nach obenweisenden Richtung zunimmt. Daher wird die Energie eines Kraftstoffstrahls, der in eine Überlaufkammer herausspritzt, drastisch verringert, und eine Kraft, die in einer Richtung zum Hemmen der Bewegung des Bewegungskolbens wirkt, wird verringert.

[0004] Die DE 102 60 289 A1 offenbart einen Injektor für die Kraftstoffeinspritzung in einen Verbrennungsmotor, mit einem Gehäuse, mit einer Aktuatereinheit, die bei axialer Betätigung des Aktuators an ihrem unteren Ende auf einen Hubzapfen drückt, und mit einer Vorrichtung zum Abdichten der Aktuatereinheit gegen einen mit Kraftstoff gefüllten Leckageraum, der sich unterhalb der Vorrichtung befindet. Die Vorrichtung weist einen flexiblen Kunststoffring auf, der so ausgebildet ist, den Hubzapfen in axialer Richtung zu zentrieren und dicht zu umschließen. Weiter ist ein Metallring vorgesehen, der den Kunststoffring abdichtend fest umschließt und abdichtend zum Gehäuse angeordnet und gegen ein axiales Verschieben

im Innern des Gehäuses sichert.

[0005] Die DE 103 33 688 B3 offenbart eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit einem Einspritzventil, einer dem Einspritzventil bei Betrieb Kraftstoff unter hohem Druck zuführenden Leitung, einem den Druck in einer mit der genannten Leitung verbundenen Steuerkammer des Einspritzventils steuernden Steuerventil, dessen bewegliches Ventiltteil von einem Aktuator über einen hydraulischen Koppler betätigbar ist, der zwei mit einem Koppelvolumen des Kopplers zusammenwirkende, linear hintereinander angeordnete Kolben aufweist. Eine Querschnittsfläche des beweglichen Ventiltteils wird bei geschlossenem Steuerventil von der Steuerkammer mit hohem Druck beaufschlagt. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung weist zudem Mittel zum Füllen des Koppelvolumens über Führungsspalte der Kolben mit unter Druck stehendem Kraftstoff auf. Ein zwischen den Kolben angeordneter Füllraum ist mit der genannten Leitung verbunden. Der dem Aktuator zugewandte Kolben, der eine Querschnittsfläche f_4 aufweist, ist mit dem Aktuator über eine Stange mit einer gegenüber f_4 kleineren Querschnittsfläche f_5 mechanisch gekoppelt, wobei der andere Kolben, der eine Querschnittsfläche f_2 aufweist, über eine weitere Stange mit einer gegenüber f_2 kleineren Querschnittsfläche f_1 das Steuerventil betätigt. Die beiden einander abgewandten Enden der Kolben greifen in zugeordnete Übersetzungsräume ein, die über einen Kanal verbunden sind. Die Querschnittsflächen sind so gewählt, daß $f_3 + f_2 - f_1 < f_2$ ist, derart, daß das Steuerventil mindestens teilweise Kraft ausgeglichen ist. Die Richtung der Öffnungsbewegung des beweglichen Ventiltteils stimmt mit der Richtung von aus der Steuerkammer ausströmenden Kraftstoff überein.

[0006] Die DE 198 23 937 B4 beschreibt ein Servoventil für ein Einspritzventil für die Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine mit einer Steuerkammer, die mit Kraftstoff unter Systemdruck von einem Hochdruckspeicher beaufschlagt werden kann und die über eine Ablaufdrossel mit einem drucklosen Rücklauf zu einem Kraftstofftank in Verbindung gebracht werden kann. Der in der Steuerkammer herrschende Druck wirkt auf einem beweglichen Düsenkörper, der mit einer Düsennadel versehen ist, die bei der Bewegung des Düsenkörpers Einspritzlöcher freigibt oder verschließt. Der Kraftstofffluß zu und von der Steuerkammer wird durch das Servoventil gesteuert, das einen beweglichen Ventilkörper aufweist und das selektiv eine Verbindung der Steuerkammer mit dem Hochdruckspeicher oder eine Verbindung der Steuerkammer mit dem drucklosen Rücklauf herstellt. Die Ablaufdrossel ist als beweglicher, plattenförmiger Kolben ausgeführt, der in einem Raum zwischen der Steuerkammer und dem Servoventil angeordnet ist und servoventilseitig eine Dichtfläche aufweist. Der plattenförmige Kolben ist mit einer Abflußöffnung versehen und wird hydraulisch von der Kraftstoffströmung zu und von der Steuerkammer so betätigt, daß bei einem Kraftstofffluß in die Steuerkammer eine Zulauföffnung geöffnet und bei einem Kraftstofffluß aus der Steu-

erkammer die Zulauföffnung geschlossen wird. Der plattenförmige Kolben ist frei beweglich in dem Raum zwischen der Steuerkammer und dem Servoventil angeordnet, wobei die Zulauföffnung in dem plattenförmigen Kolben im Bereich der Dichtfläche angeordnet ist.

[0007] Die DE 198 37 890 B4 offenbart ein Kraftstoffeinspritzventil mit einer Steuerkammer, wobei der Druck in der Steuerkammer in Wirkverbindung mit einer Düsen-nadel steht und der Druck in der Steuerkammer die Dü-sennadel steuert. Das Kraftstoffeinspritzventil weist zu-dem ein Servoventil auf, das einen Schließkörper und einen zugeordneten Ventilsitz aufweist, wobei das Ser-voventil zwischen der Steuerkammer und einem Rück-laufkanal angeordnet ist. Der Schließkörper verschließt in einer Schließposition einen Abfluß, wobei ein Aktuator vorgesehen ist, der den Schließkörper betätigt. Der Schließkörper weist einen teilkugelförmigen Schließkopf auf, der dem Ventilsitz zugeordnet ist. Der Schließkörper geht in einen Schließstiel über. Weiter ist eine Ventiltfeder vorgesehen, die den Schließstiel umfaßt und den Schließkopf gegen den Ventilsitz vorspannt. Es ist ein Zulaufkanal mit einer Zulaufdrossel zur Steuerkammer vorgesehen, wobei ein zwischen der Steuerkammer und dem Servoventil angeordneter Ablaufkanal vorgesehen ist, welcher eine Ablaufdrossel aufweist, die den Kraft-stoffabfluß aus der Steuerkammer begrenzt.

[0008] Die EP 1167 746 B1 offenbart eine Kraftstoffei-nspritzventileinrichtung für eine interne Verbrennungs-kraftmaschine, umfassend ein Gehäuse mit einer darin ausgebildeten Einspritzöffnung, ein Nadelventil zum Öff-nen und Schließen der Einspritzöffnung, eine in dem Ge-häuse ausgebildete Steuerkammer zum Aufbringen ei-nes Kraftstoffdrucks auf das Nadelventil in einer Öff-nungsrichtung des Nadelventils, eine Feder zum Aufbrin-gen einer Vorspannkraft auf das Nadelventil in einer Schließrichtung des Nadelventils, eine piezoelektrische Betätigungseinrichtung zum Steigern und Vermindern ei-nes Kraftstoffdrucks in der Steuerkammer, einen Kolben, der mit dem Nadelventil gleitet und der mit dem Kraft-stoffdruck der Steuerkammer beaufschlagt wird, und ei-ne in dem Gehäuse ausgebildete Druckspeicherkammer zum Speichern eines der Einspritzöffnung zuzuführen-den Kraftstoffs. In dem Gehäuse ist eine weitere Steu-erkammer ausgebildet, die mit einer Kraftstoffzuführlei-tung in Verbindung steht, um einen Kraftstoffdruck auf eine obere Endfläche des Kolbens in Schließrichtung des Nadelventils aufzubringen. Der Kolben wird an seiner un-teren Endfläche in der Steuerkammer mit einem Kraft-stoffdruck in Öffnungsrichtung des Nadelventils beauf-schlagt, wobei die weitere Steuerkammer über eine Ver-bindungseinrichtung mit der Druckspeicherkammer in Verbindung steht.

[0009] Die EP 1 000 240 B1 offenbart wie die DE 198 37 890 B4 ein Kraftstoffeinspritzventil mit einer Steuer-kammer, die mit einem Zulaufkanal verbunden ist, wobei der Druck in der Steuerkammer in Wirkverbindung mit einer Düsen-nadel steht, und der Druck in der Steuerkam-mer die Düsen-nadel steuert, mit einem Servoventil, das

einen Schließkörper und einen zugeordneten ersten Ventilsitz aufweist, wobei das Servoventil zwischen der Steuerkammer und einem Rücklaufkanal angeordnet ist und der Schließkörper in einer Schließposition einen Ab-fluß verschließt, mit einem Aktuator, der den Schließkör-per betätigt, wobei der Schließkörper einen teilkugelför-migen Schließkopf aufweist, der dem ersten Ventilsitz zugeordnet ist. Der Schließkopf geht in einen Schließstiel über. Eine Ventiltfeder ist vorgesehen, die den Schließstiel umfaßt und den Schließkopf gegen den er-sten Ventilsitz vorspannt. Der Schließkörper weist eine mittige Kopfabflachung auf, die dem ersten Ventilsitz zu-geordnet ist. Der Aktuator steht mit einem Stößel in Wirk-verbindung, der durch den ersten Ventilsitz geführt ist und auf der Kopfabflachung anliegt.

[0010] Die EP 614 893 A1 betrifft einen Kraftstoffinjek-tor zum Einspritzen von Kraftstoff aus einer common rail durch einen Hochdruckkanal umfassend:

eine Steuerkammer, um einen Druck in einer Ven-tilschließrichtung auf eine Ventalnadel auszuüben;

ein Steuerventil in einer Dreiregelventilstruktur, um zwischen einer Kommunikation und einer Unterbre-chung der Steuerkammer mit dem genannten Hoch-druckkanal und einem Niederdruckkanal zu wech-seln, um den Druck in der Steuerkammer anzuheben oder zu senken; und

eine Antriebseinheit, um ein Ventilelement des Steu-erelementes anzutreiben, um das Ventilelement se-lektiv auf einem niederdruckseitigen Sitz in Kommu-nikation mit dem Niederdruckkanal oder einem hochdruckseitigen Sitz in Kommunikation mit dem Hochdruckkanal zu setzen, indem

die Antriebseinheit einen Aktuator für eine Längen-änderung aufweist, wenn dieser elektrisch betrieben ist und einem Gleitpin, der in einem Gleitloch gleitet, um eine Antriebskraft in Übereinstimmung mit der Längenänderung des Aktuators zu übertragen, wo-bei der Gleitpin einen pinähnlichen Fortsatz auf-weist, der in Kontakt mit dem Ventilelement des Steuerventils steht, welches in einer Ventilkammer aufgenommen ist,

ein Raum um den pinähnlichen Fortsatz zwischen einem Gleitabschnitt des Gleitpins und dem nieder-druckseitigen Sitz angeordnet ist, der mit dem Hoch-druckkanal durch einen Verengungsabschnitt ver-bunden ist, wobei ein Durchmesser des niederdruck-seitigen Sitzes geringer oder gleich einem Durch-messer des hochdruckseitigen Sitzes ist, und

der Druck in der Steuerkammer in Kommunikation mit der Ventilkammer als eine Hilfskraft wirkt, so daß eine hochdruckseitige Sitzschließkraft geringer oder gleich einer niederdruckseitigen Öffnungskraft wird.

[0011] Die WO 02/061265 offenbart ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten, mit einem in einem Ventilkörper axial bewegbaren Ventiltglied, welches mit einem Ventilschließglied zum Öffnen und Schließen des Ventils zusammenwirkt, und mit einer als hydraulische Übersetzung arbeitenden Hydraulikkammer, welche zum Ausgleich von Leckageverlusten mit Flüssigkeit befüllbar ist, wobei die Hydraulikkammer direkt mit wenigstens einem zu einem Hochdruckbereich führenden Befüllkanal verbunden ist, welcher zumindest ein Drosselement zum Einstellen einer Befüllmenge der Hydraulikkammer aufweist.

[0012] Die JP 2002322957 A offenbart eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, um eine Nacheinspritzung in der Nähe einer Haupteinspritzung auszuführen.

[0013] Die JP 2003293893 A betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil umfassend:

einen Steuerventilraum, der mit einer Kraftstoffzuführleitung verbunden ist, um Hochdruckkraftstoff einzuführen;

eine Kraftstoffleckagekammer, die mit einer Kraftstoffrückführung verbunden ist;

eine Verbindungsleitung zur Verbindung der Steuerventilkammer und der Kraftstoffleckagekammer;

und einem Steuerventil, das in der Steuerventilkammer montiert ist, wobei das Steuerventil die Verbindungsleitung konstant schließt. Das Kraftstoffeinspritzventil weist weiter ein Anhebeelement und einen piezoelektrisch gesteuerten Aktuator auf, der das Steuerventil öffnet, wobei die Kraftstoffeinspritzung durch Öffnen des Steuerventils mittels des Anhebeelementes durchgeführt wird.

[0014] Verbrennungsmotoren, insbesondere neuartige Dieselmotoren verwenden Injektoren zum Einspritzen von Kraftstoff, beziehungsweise Diesel in eine Brennkammer des Verbrennungsmotors. Jeder Brennkammer ist dabei bevorzugt zumindest ein Injektor zugeordnet.

[0015] In Figur 1 ist eine erste Generation von Injektoren dargestellt. In einem geschlossenen Zustand ist das Ventil 106 bzw. 107 geschlossen. In den Kammern 110 und 109 herrscht Systemdruck. Beide Kammern 110 und 109 werden durch die Zuführleitung 108 versorgt. Die Kammer 111 ist mit mindestens einer Drossel 112 mit der Brennkammer verbunden und dadurch mit dem Druck der Brennkammer beaufschlagt. Die Kräftebilanz auf die Nadel 101 ist nach unten gerichtet und drückt die Nadel in den Sitz 114. Somit fließt keine Flüssigkeit von der Kammer 109 über den Sitz 114 in die Kammer 111. Bei der Darstellung gemäß Figur 1 sowie den folgenden Figuren zum Stand der Technik ist die Nadel nicht durchgehend gezeichnet. Möglich ist, daß eine einstückige Nadel oder auch eine mehrteilige Nadel verwendet wird. Bekannt ist, Kombinationen aus Nadel und Kolbenstan-

ge mit eventuell zusätzlichen Adapterstücken, wie beispielsweise der EP 1 167 746 entnehmbar ist, vorzusehen. Von daher wird die Nadel aufgrund der möglichen einteiligen oder mehrteiligen Ausgestaltung im Folgenden als Nadeleinheit bezeichnet.

[0016] Zum Öffnen des Injektors wird das Ventil bzw. die Drossel 106 bzw. 107 geöffnet. Dadurch fließt Flüssigkeit bzw. Kraftstoff aus der Kammer 110 über die Drossel 106 bzw. 107 in das Rücklaufsystem. Als Folge fällt der Druck in der Kammer 110 ab. Der Druck, der sich hier einstellt, ist abhängig von der Durchflußcharakteristik der Drossel 105, durch welche Flüssigkeit in die Kammer 110 fließt und dem abfließenden Volumenstrom aus der Drossel 106 bzw. 107 und dem Leckagestrom entlang der Nadeleinheit bzw. des Kolbens 101.

[0017] Wenn der Druck in der Kammer 110 weit genug abgefallen ist, überwiegen die öffnenden Kräfte auf die Nadeleinheit (unterer Bereich [Kammer 109 und 111]) und die Nadeleinheit bewegt sich nach oben. Dadurch öffnet sich der Sitz 114 und Flüssigkeit fließt aus der Zuführleitung 108 über Kammer 109 in die Kammer 111. Von dort fließt die Flüssigkeit über mindestens eine Drossel 112 in den Brennraum. Zum Schließen des Ventils wird die Drossel 106 bzw. 107 geschlossen, so daß der Druck in der Kammer 110 ansteigt und das Kräfteverhältnis an der Nadeleinheit 101 sich so verändert, daß diese sich in schließende Richtung bewegt. Nach dem Schließen stellt sich in allen Kammern wieder Systemdruck ein.

[0018] Als Nachteil dieses bekannten Injektors nach Figur 1 ist anzusehen, daß eine externe Leckage für die Ansteuerung des Ventils zwingend notwendig ist, wobei nur eine indirekte Steuerung des Ventils durch einen Leckagestrom an den Drosseln möglich ist. Die Hubgeschwindigkeit der Nadeleinheit wird dabei nachteiligerweise durch die vorgegebenen Drosseln bestimmt. Zudem wird in vielen ausgeführten Injektoren zusätzlich eine weitere externe Leckage an der Führung der Nadeleinheit beobachtet (von Kammer 109 bzw. 110 über Lagerspalte zum Rücklaufsystem). Durch die indirekte Steuerung der Nadeleinheit wird ein sehr langsames System zur Verfügung gestellt, wobei die Nadelgeschwindigkeit nur durch eine Variation der Drosseln (Ablaßdrosseln 106, 107 oder 105 und Leckagestrom entlang Nadel bzw. Kolben 101) möglich ist.

[0019] Da für neuartige Verbrennungsmotoren, insbesondere für neue Dieselmotoren eine schnellere (direkte) Steuerung der Nadeleinheit vorteilhaft ist, wurden zur Steigerung der Performance verschiedene Piezo-direkt-aktuierte Injektoren vorgeschlagen. In Figur 2 ist in vereinfachter Form eine solche Piezo-aktuierte Version dargestellt, wie diese z.B. aus der EP 1 167 746 bekannt ist. In dieser direkt aktuierten Version befindet sich ein Piezoelement 207 in einer Kammer mit Flüssigkeit (Kraftstoff), welche aus einer Leitung 206 zugeführt wird. Über eine interne Leckage an einem Zylinderkolben 214 fließt die Flüssigkeit ebenfalls in die Kammer 208. Diese Kammer ist weiterhin über eine Verbindung mit der Kammer

211 verbunden. Im geschlossenen Zustand des Injektors ist das Piezoelement 207 angesteuert bzw. aufgeladen. Die Kräftebilanz an der Nadeleinheit 201 hält diese wie bereits zu dem Ausführungsbeispiel des bekannten Injektors nach Figur 1 beschrieben im geschlossenen Zustand.

[0020] Zum Öffnen des Injektors wird das Piezoelement 207 entladen. Dadurch verkürzt es sich und der Druck in der Kammer 208 sinkt ab. Über die Leitung 209 fällt der Druck in der Kammer 211 ebenfalls. Dadurch wird die Kräftebilanz an der Nadeleinheit 201 so weit verschoben, daß der Injektor öffnet. Durch geringe interne Leckagen am Kolben 214 fließt Flüssigkeit von der Kammer 215 in Kammer 208 und über die Verbindung 209 in die Kammer 211. Weiterhin fließt Flüssigkeit über den Spalt zwischen der Nadeleinheit 201 und dem Gehäuse 210 von der Kammer 203 in die Kammer 211. Dadurch steigt der Druck in den Kammern 208 und 211 wieder an und die Nadeleinheit schließt langsam. Dieses Verhalten ist für den Systemstart (Füllen des Systems) und bei Fehlfunktionen zum Beispiel bei einem Klemmen des Piezoelementes (Notschließung) notwendig.

[0021] Zum Schließen wird das Piezoelement 207 aufgeladen. Dadurch bewegt sich der Kolben 214 nach unten und erhöht den Druck in der Kammer 208 und 211, so daß die Nadeleinheit 201 in die geschlossene Position verfahren wird.

[0022] Während des Betriebs eines Verbrennungsmotors insbesondere eines Dieselmotors ist der zuvor beschriebene Injektor normalerweise ca. 90 bis 95 % der Betriebszeit des Verbrennungsmotors geschlossen. Nachteiligerweise muß das Piezoelement in dieser Zeit im aufgeladenen Zustand gehalten werden. Dies bedeutet eine hohe elektrische und mechanische Belastung des Piezoelementes.

[0023] Um diesen Nachteil zu verhindern bzw. um einen robusten und energiesparenden Injektor mit einer langen Lebensdauer zu erreichen, ist daher in einer möglichen Variante vorgesehen, die im betätigten Zustand den Injektor öffnet und im nicht betätigten Zustand den Injektor geschlossen hält, wobei eine direkte Proportionalität zwischen Aktorbewegung und Nadeleinheit besteht. Eine eventuelle in Erwägung zu ziehende mechanische Bewegungsumkehr ist mit erhöhtem Fertigungsaufwand, gestiegener Teilevielfalt und erhöhter Ausfallwahrscheinlichkeit verbunden.

[0024] Eine weitere Variante eines Kraftstoffinjektors bzw. Injektors beispielsweise gemäß der WO2005/075811 ist in vereinfachter Form in Figur 4 dargestellt. Hierbei ist das Piezoelement 410 ebenfalls im geschlossenen Zustand entladen. Ein Öffnen der Nadeleinheit 401 wird durch das Laden und damit das verbundene Längen des Piezoelementes 410 erreicht. Dadurch wird der Druck in der Kammer 408 und 405 erhöht. In einigen Variationen dieser Bauform ist die Kammer 408 direkt in die Kammer 405 integriert. Durch den Druckanstieg in der Kammer 405 entsteht eine zusätzliche Kraft auf die Nadeleinheit 401, wodurch diese sich in öffnende

Position bewegt.

[0025] Zum Schließen des Ventils muß das Piezoelement 410 wieder entladen werden. Dadurch fällt der Druck in der Kammer 408 und 405 ab, so daß eine schließende resultierende Kraft auf die Nadeleinheit 401 wirkt.

[0026] Bei dieser bekannten Variante ist es Nachteiligerweise zwingend notwendig, eine Druckerhöhung oberhalb des vorhandenen Systemdrucks aus der Zuleitung 413 zu erzeugen. Dadurch entsteht eine erhöhte Belastung des Materials, so daß die Lebensdauer reduziert wird und die Baugröße des Injektors vergrößert werden muß.

[0027] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Injektor der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln dahingehend zu verbessern, daß die oben genannten Nachteile aufgehoben sind.

[0028] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen Injektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei ein Hochdruckverbindungskanal mit der Hochdruckmediumleitung in Verbindung steht und in der fußseitigen Kammer mündet, so daß in der kopfseitigen Kammer ein Unterdruck entsteht, wenn das Piezoelement betätigt wird.

[0029] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß bislang bei direkt aktuierten Injektoren immer die Stirnfläche des verwendeten Piezoelementes und das daran angeschlossene Volumen zur Steuerung der Injektornadel bzw. der Nadeleinheit verwendet wurden. Dadurch ist es immer notwendig zumindest einen der oben aufgeführten Nachteile in Kauf zu nehmen. Mit der Erfindung dagegen wird nicht die Stirnfläche, sondern die innenliegende Fläche des Kolbens verwendet. Hierdurch wird vorteilhafterweise eine äußerst einfache Konstruktion eines Injektors zur Verfügung gestellt, der keinen der genannten Nachteile aufweist. Insbesondere weist der vorteilhafte Injektor Ausgestaltungen auf, die keine Steuerleckage und keine konstante, externe Leckage im geschlossenen/offenen Zustand aufweisen. Als externe, unerwünschte Leckage im Sinne der Erfindung ist eine Leckage gemeint, bei welcher die Flüssigkeit den Injektor verläßt, also in ein Rücklauf-Niederdrucksystem, beispielsweise in einen Kraftstofftank gelangt. Als interne, erwünschte Leckage im Sinne der Erfindung ist eine Leckage gemeint, bei welcher Flüssigkeit durch Verbindungen, Spalte oder Kanäle innerhalb des Injektors von einer Kammer zu anderen Kammer gelangt. Zudem sind vorteilhafterweise keine weiteren mechanischen Bauteile zur Bewegungsumkehr notwendig, wobei auch auf eine Druckerhöhung zum Öffnen des Injektors verzichtet werden kann. Besonders vorteilhaft ist, daß das Piezoelement während des geschlossenen Zustands entladen ist. Der vorteilhafte Injektor weist eine geringe Anzahl an Bauteilen und eine geringe Belastung des Piezoelementes auf, wobei eine zusätzliche Druckerhöhung während der Einspritzung beispielsweise von Kraftstoff, insbesondere Diesel in einem Brennraum möglich ist, wobei die Druckerhöhung vorübergehend bzw. zeitlich begrenzt sein kann.

[0030] Zweckmäßigerweise ist vorgesehen, daß im Längsschnitt gesehen zwischen Stirnseiten des Kolbens und einer Kammerinnenwand ein Spalt angeordnet ist, so daß die kopfseitige Kammer über interne Leckageströme aus der fußseitigen Kammer füllbar ist bzw. daß die beiden Kammern miteinander in Verbindung stehen. Günstigerweise ist vorgesehen, daß die kopfseitige Kammer über eine Verbindungsleitung mit einem Einspritzelement verbunden ist, das eine in einem Gehäuse angeordnete Nadel bzw. Nadeleinheit aufweist, die kopfseitig zu einem Gehäusekopf beabstandet ist, so daß ein Freiraum gebildet ist, in dem die Verbindungsleitung mündet, und wobei die Nadel bzw. die Nadeleinheit fußseitig einem Sitz zugeordnet ist, um so die Kraftstoffzuführung von einem Spalt über die Hochdruckmediumleitung zu einem Brennraum über eine Einspritzkammer und mindestens einer Drossel abwechselnd zu öffnen oder zu schließen, und wobei der Spalt zwischen dem Nadelkörper und der Gehäuseinnenwand angeordnet ist. Das Spaltmaß kann in bevorzugter Ausgestaltung in axialer Richtung gesehen einen sich ändernden Betrag aufweisen, was bedeutet, daß der Spalt bzw. dessen Spaltmaß vor dem Sitz größer sein kann als vor dem Freiraum.

[0031] Zweckmäßig im Sinne der Erfindung ist, wenn in dem Freiraum eine Feder angeordnet ist, die sowohl an dem Gehäusekopf als auch an dem Nadelkopf anliegt. Möglich im Sinne der Erfindung ist, daß in der Hochdruckmediumleitung ein Rückschlagventil angeordnet sein kann.

[0032] Im nicht betätigten Zustand sind alle Kammern mit Systemdruck beaufschlagt. Lediglich in der Einspritzkammer herrscht der Brennkammerdruck, der normalerweise kleiner ist als der Druck aus der Hochdruckmediumleitung. Durch diese Druckdifferenz und die zusätzliche Federkraft der Feder wird die Nadel bzw. die Nadeleinheit in den Sitz gedrückt. Dadurch ist der Injektor geschlossen, es tritt keine externe Leckage auf und das Piezoelement ist nicht aufgeladen.

[0033] Beim erfindungsgemäßen Injektor ist vorgesehen, daß der Kolben einer fußseitig an dem Piezoelement angeordneten Kolbenstange zugeordnet ist, die einen in der Kammer angeordneten Quersteg durchgreift, wobei der Quersteg die Kammer in eine Piezokammer und in eine Kolbenkammer unterteilt, wobei die Kolbenkammer mittels des Kolbens in die kopfseitige Kammer und in die fußseitige Kammer unterteilt wird, wobei der Hochdruckverbindungskanal in der fußseitigen Kammer mündet, so daß in der kopfseitigen Kammer ein Unterdruck entsteht, wenn das Piezoelement betätigt wird.

[0034] Um zu erreichen, daß auch die Piezokammer unter Systemdruck gehalten wird, mündet gemäß der Erfindung eine Verbindung von der Hochdruckmediumleitung direkt in der Piezokammer.

[0035] Um eine Kommunikation zwischen der kopfseitigen Kammer und der Piezokammer herzustellen, kann vorgesehen sein, daß die Kolbenstange im Längsschnitt gesehen zu Stirnseiten des Quersteiges beabstandet ist,

wobei aber auch zweckmäßigerweise vorgesehen werden kann, daß in dem Kolben und/oder in dem Quersteg Durchgangsöffnungen angeordnet sind. Zudem kann das Überströmverhalten zwischen den Kammern durch zusätzliche Drosseln und/oder Rückschlagventile beeinflusst werden.

[0036] Als nicht erfindungsgemäße Variante ist vorgesehen, daß die Piezokammer über eine Verbindungsleitung mit einem Kraftstofftank verbunden ist, so daß das Piezoelement nicht unter Hochdruck steht. Hierbei ist die Piezokammer nicht mehr mit der Hochdruckmediumleitung verbunden, so daß die Piezokammer nur mit dem Tankdruck beaufschlagt wird. Hierdurch wird erreicht, daß eine Abdichtung des Piezoelementes einfacher wird, wobei aber eine geringe (externe) Leckage akzeptiert werden muß, da Flüssigkeit zwischen dem zwischen der Kolbenstange und den Stirnseiten des Quersteiges angeordneten Spalt fließen und in den Tank gelangen kann. Vorteilhafterweise ist daher vorgesehen, daß die Spalthöhe hierbei so gering wie möglich sein sollte.

[0037] In erfindungsgemäßer Ausgestaltung ist vorgesehen, daß der Piezokammer ein Dichtungselement so zugeordnet ist, daß zwischen dem Quersteg und dem Dichtungselement eine Zwischenkammer angeordnet ist, wobei diese mit einem Rücklauf-Niederdrucksystem bzw. dem Kraftstofftank verbunden sein kann. Mittels dieser vorteilhaften Ausgestaltung kann das Piezoelement komplett trocken gehalten werden, wobei in der entstehenden Zwischenkammer nur ein geringerer Druck nämlich der Tankdruck vorliegt, so daß hier vorteilhafterweise eine einfache Dichtung eingesetzt werden kann.

[0038] Wenn aber keine externe Leckage akzeptiert wird, ist in einer weiteren nicht erfindungsgemäßen Ausgestaltung zweckmäßigerweise vorgesehen, die Verbindung des Zwischenraums zum Tank zu entfernen, wodurch der Druck in der Zwischenkammer auf Systemdruck ansteigt. Das Dichtungselement muß dann allerdings gegen Hochdruck abdichten. Dadurch wird zwar eine etwas kompliziertere Hochdruckabdichtung notwendig, wodurch jedoch ein extern-leckagefreier Injektor ermöglicht wird. Zusätzlich kann dann die entstandene Zwischenkammer mit der Hochdruckmediumleitung verbunden werden, um einen schnellen Druckausgleich in der Zwischenkammer zu erreichen.

[0039] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der folgenden Figurenbeschreibung offenbart. Es zeigen:

Fig. 3 prinzipielle Darstellungen von möglichen Trennebenen einer Nadeleinheit, und

Fig. 5 einen Injektor mit einem in einer Kammer angeordneten Piezoelement in einer ersten Ausgestaltung,

Fig. 6 den Injektor aus Figur 5 mit im Vergleich zu Figur 5 umgekehrt angeordneten Kammer, in der das Piezoelement angeordnet ist,

- Fig. 7 einen Injektor in einer zweiten Ausgestaltung mit der Kammer, in der das Piezoelement angeordnet ist,
- Fig. 8 eine Vergrößerung aus Figur 7,
- Fig. 9 den Injektor aus Figur 7 mit im Vergleich zur Figur 7 umgekehrt angeordneter Kammer, in der das Piezoelement angeordnet ist,
- Fig. 10 einen Injektor mit einem in einer Kammer angeordneten Piezoelement in erfindungsge-
mäßiger Ausgestaltung, und
- Fig. 11 den Injektor aus Figur 10 mit einer im Ver-
gleich zu Figur 10 umgekehrt angeordneten
Kammer, in der das Piezoelement angeordnet
ist.

[0040] In den unterschiedlichen Figuren sind gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, so daß diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

[0041] Figur 5 zeigt einen Injektor 1, der ein in einer mit einer Kopfseite 2 und einer Fußseite 3 ausgeführten Kammer 4 angeordnetes Piezoelement 6 aufweist. Dem Piezoelement 6 ist fußseitig ein Kolben 7 zugeordnet. Der Kolben 7 trennt die Kammer 4 in eine fußseitige Kammer 8 und in eine kopfseitige Kammer 9. Die fußseitige Kammer 8 steht über einen Hochdruckverbindungskanal 11 direkt mit einer Hochdruckmediumleitung 12 in Verbindung, so daß in der kopfseitigen Kammer 9 ein Unterdruck entsteht, wenn das Piezoelement 6 betätigt wird und sich längt, wobei die Hochdruckmediumleitung 12 über eine Verbindungsleitung 13 in einem Einspritzelement 1,4 mündet.

[0042] Das Einspritzelement 14 weist eine in einem Gehäuse 16 angeordnete Nadel 17 auf, die kopfseitig (Nadelkopf) zu einem Gehäusekopf 18 beabstandet ist, so daß ein Freiraum 19 gebildet ist. Die Nadel 17 ist fußseitig einem Sitz 21 zugeordnet, um so die Kraftstoffzuführung zu einem nicht dargestellten Brennraum abwechselnd zu öffnen oder zu schließen. Bei der Darstellung gemäß Figur 5 sowie den folgenden Figuren ist die Nadel nicht durchgehend gezeichnet. Möglich ist, daß eine einstückige Nadel oder auch eine mehrteilige Nadel verwendet wird. Beispiele für eine mögliche Trennebene sind in Figur 3 dargestellt. Von daher wird die Nadel aufgrund der möglichen einteiligen oder mehrteiligen Ausgestaltung im Folgenden als Nadeleinheit bezeichnet. Die Nadel 17 ragt fußseitig in eine Einspritzkammer 22. In dem Bereich der Einspritzkammer 22 ist fußseitig in dem Gehäuse 16 zumindest eine Drossel 23 angeordnet, damit Flüssigkeit aus der Einspritzkammer 22 in den Brennraum fließen bzw. eingespritzt werden kann. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind im Längsschnitt gesehen zwei Drosseln 23 vorgesehen. Zwischen dem Nadelkörper und einer Gehäuseinnenwand 24 ist

ein Spalt 26 angeordnet. Das Spaltmaß des Spaltes 26 kann in bevorzugter Ausgestaltung in axialer Richtung gesehen einen sich ändernden Betrag aufweisen, was bedeutet, daß der Spalt bzw. dessen Spaltmaß vor dem Sitz 21 größer sein kann als vor dem Freiraum 19. Die Einspritzkammer 22 ist mit dem Brennraum über die Drossel(n) 23 verbunden. Der Spalt 26 bzw. die Hochdruckmediumleitung 12 ist von der Einspritzkammer 22 und somit der Brennraumkammer getrennt.

[0043] Bei dem in Figur 5 dargestellten Längsschnitt ist zwischen Stirnseiten 27 des Kolbens 7 und einer Kammerinnenwand 28 der Kammer 4 ein Spalt 29 ausgebildet bzw. angeordnet.

[0044] Die kopfseitige Kammer 9 ist über eine Verbindungsleitung 31 mit dem Einspritzelement 14 verbunden, wobei die Verbindungsleitung 31 in den Freiraum 19 mündet.

[0045] In dem Freiraum 19 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Feder 32 angeordnet, die sowohl an dem Gehäusekopf 18 als auch an dem Nadelkopf 33 anliegt.

[0046] In der Hochdruckmediumleitung 12 kann ein Rückschlagventil 34 angeordnet sein, wobei diese Option mittels Strichpunktierung dargestellt ist.

[0047] Das Piezoelement 6 ist kopfseitig mit der Kopfseite 2 der Kammer 4 verbunden. In dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Fußseite 3 der Kammer 4 in Richtung zum Gehäusekopf 18 des Einspritzelementes 14 orientiert. Im Unterschied dazu ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 die Fußseite 3 der Kammer 4 von dem Gehäusekopf 18 des Einspritzelementes 14 wegorientiert, wobei die Kopfseite 2 der Kammer 4 in Richtung zum Gehäusekopf 18 des Einspritzelementes 14 orientiert ist. Bis auf die Umkehrung der Kammer 4 (die Kammer 4 steht quasi auf dem Kopf) entspricht das Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5.

[0048] Auf die Wirkungsweise des Injektors 1 gemäß den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 5 und 6 wird weiter unten näher eingegangen.

[0049] Bei dem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiel des Injektors 1 ist der Kolben 7 einer fußseitig an dem Piezoelement 6 angeordneten Kolbenstange 36 zugeordnet. Die Kolbenstange 36 durchgreift einen in der Kammer 4 angeordneten Quersteg 37, wobei der Quersteg 37 die Kammer 4 in eine Piezokammer 38 und in eine Kolbenkammer 39 unterteilt. Die Kolbenkammer 39 wird mittels des Kolbens 7 in die kopfseitige Kammer 9 und in die fußseitige Kammer 8 unterteilt, wobei der Hochdruckverbindungskanal 11 direkt in der fußseitigen Kammer 8 mündet, so daß in der kopfseitigen Kammer 9 ein Unterdruck entsteht, wenn das Piezoelement 6 betätigt wird und sich längt. In Figur 7 ist weiter dargestellt, daß eine Verbindung 41 von der Hochdruckmediumleitung 12 direkt in der Piezokammer 38 münden kann.

[0050] Zwischen dem Quersteg 37 bzw. seinen im Längsschnitt erkennbaren Stirnseiten 40 und der Kolbenstange 36 ist ein Spalt 42 ausgebildet bzw. angeordnet.

net. Bevorzugt zwischen dem Hochdruckverbindungskanal 11 und der Verbindung 41 kann wiederum optional ein Rückschlagventil 34 vorgesehen sein, welches in der Hochdruckmediumleitung 12 angeordnet ist.

[0051] In Figur 7 ist die Kammer 4 mit ihrer Fußseite 3 in Richtung zum Gehäusekopf 18 des Einspritzelementes 14 orientiert, wobei im Unterschied dazu in Figur 9 wiederum eine umgekehrte Anordnung ähnlich der wie in Figur 6 dargestellt ist.

[0052] Figur 7 zeigt einen prinzipiellen Aufbau des Injektors 1. Das Piezoelement 6 ist in der Kammer 4 integriert. Die Kammer 4 bzw. die Piezokammer 38 ist bevorzugter Weise über die Verbindung 41 direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden und kann somit immer einen direkten Druckausgleich zwischen der Piezokammer 38 und der Hochdruckmediumleitung 12 ermöglichen. Natürlich kann auf die Verbindung 41 auch verzichtet werden. Da auch die fußseitige Kammer 8 direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden ist, kann auch hier ein direkter Druckausgleich ermöglicht werden.

[0053] Die kopfseitige Kammer 9 wird durch interne Leckageströme aus der fußseitigen Kammer 8 (entlang des Kolbens 7) und der Piezokammer 38 (entlang der Kolbenstange 36) mit Flüssigkeit gefüllt. Eine zusätzliche Füllung kann durch Anbringen weiterer Verbindungen zwischen diesen Kammern erzielt werden, was beispielhaft in Figur 8 dargestellt ist. Weiterhin ist eine bevorzugt gedrosselte Verbindungsleitung zwischen den Kammern 9 bzw. 19 und der Hochdruckmediumleitung 12 denkbar. Das Überströmverhalten zwischen den Kammern kann durch zusätzliche Drosseln und/oder Rückschlagventile beeinflusst werden. In Figur 8 ist der Hochdruckverbindungskanal 11 und die Verbindungsleitung 31 nicht dargestellt.

[0054] Die kopfseitige Kammer 9 ist wie bereits beschrieben über die Verbindungsleitung 31 mit dem Freiraum 19 in dem Einspritzelement 14 verbunden. Die Verbindungsleitung 31 kann durch Drosselstellen und/oder Rückschlagventilen im Strömungsverhalten verändert werden.

[0055] Der Freiraum 19 kann zusätzlich durch die in dem Spalt 26 vorhandene Flüssigkeit über eine interne Leckage an der Führung der Nadeleinheit gefüllt werden.

[0056] Im nicht betätigten Zustand des Piezoelementes 6 sind alle Kammern 8, 9, 19 und 38 sowie der Spalt 26 mit Systemdruck beaufschlagt. In der Einspritzkammer 22 herrscht der Brennkammerdruck bzw. der Brennraumdruck, der normalerweise kleiner ist als der Druck aus der Hochdruckmediumleitung 12. Durch diese Druckdifferenz und der zusätzlichen Federkraft der Feder 32 wird die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit in der Zeichnungsebene nach unten in den Sitz 21 gedrückt. Damit ist der Injektor 1 geschlossen, es tritt keine externe Leckage auf, und das Piezoelement 6 ist nicht aufgeladen.

[0057] Zum Öffnen des Injektors 1 wird das Piezoelement 6 bestromt und dabei gelängt. Dadurch wird der

Kolben 7 nach unten, also in Richtung zur Fußseite 3 verschoben und verkleinert die fußseitige Kammer 8. Da die fußseitige Kammer 8 direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden ist, entsteht hier keine bzw. nur eine minimale Druckerhöhung. Parallel zur Verkleinerung der fußseitigen Kammer 8 wird die kopfseitige Kammer 9 vergrößert. Da der Druck in der kopfseitigen Kammer 9 nur durch geringe, interne Leckageströme ausgeglichen werden kann, fällt der Druck ab. Die kopfseitige Kammer 9 steht mit dem Freiraum 19 in Verbindung, wodurch hier ebenfalls der Druck abfällt. Durch den verringerten Druck in dem Freiraum 19 wirkt die resultierende Kraft auf die Nadel 17 bzw. auf die Nadeleinheit in öffnende Richtung und die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit hebt vom Sitz 21 ab. Nun bewegt sich die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit solange aufwärts, bis sich das Kräftegleichgewicht an der Nadel 17 bzw. an der Nadeleinheit ausgeglichen hat. Dieses wird durch die Verkleinerung des Freiraums 19 und der daraus resultierenden Anhebung des Kammerdrucks im Freiraum 19 erreicht. Der Druck in der fußseitigen Kammer 8 ändert sich nur wenig, da diese direkt mit Hochdruckmediumleitung 12 verbunden ist. Da die Piezokammer 38 in bevorzugter Ausgestaltung ebenfalls direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden ist, ändert sich auch hier der Druck nur wenig.

[0058] Sobald die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit abhebt bzw. anhebt, fließt Flüssigkeit durch die Hochdruckmediumleitung 12 und durch den Spalt 26 über den Sitz 21 in die Einspritzkammer 22. Von dort fließt die Flüssigkeit weiter über die zumindest eine Drossel 23 in den Brennraum bzw. in die Brennkammer.

[0059] Der Hub der Nadel 17 bzw. der Nadeleinheit hängt hierbei vom Flächenverhältnis der Kolbenfläche zur kopfseitigen Kammer 9 im Verhältnis zur Nadelfläche in dem Freiraum 19 ab (A_9/A_{19}). Durch dieses Flächenverhältnis kann somit der Nadelhub im Vergleich zum Piezohub verändert (verstärkt oder verringert) werden.

[0060] Es gilt: $\text{Hub (Nadel)} = \text{Hub (Piezo)} \cdot A_9/A_{19}$.

[0061] Dadurch wird gewährleistet, daß ein ausreichender Hub der Nadel 17 bzw. der Nadeleinheit erreichbar ist.

[0062] Solange in der kopfseitigen Kammer 9 und dem Freiraum 19 ein geringerer Druck vorliegt als in den angeschlossenen Kammern 8 (fußseitige Kammer 8) und 26 (Spalt zwischen Nadelkörper und Gehäuseinnenwand 24) fließt Flüssigkeit durch interne Leckage in die kopfseitige Kammer 9 und in den Freiraum 19. Dies geschieht über die Leckagestellen an dem Kolben 7, der Kolbenstange 36 und der Nadel 17 bzw. der Nadeleinheit sowie eventuell zusätzlich angebrachte Verbindungen zwischen den verschiedenen Kammern. Eine zusätzliche Füllung kann durch bevorzugt gedrosselte Verbindungsleitungen zwischen den Kammern und der Hochdruckmediumleitung 12 erzielt werden. Durch die interne Leckage füllen sich langsam der Freiraum 19 und die kopfseitige Kammer 9 mit zusätzlicher Flüssigkeit, wodurch sich die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit langsam

in den Sitz 21 bewegt. Diese Bewegung wird durch die Feder 32 zusätzlich gefördert.

[0063] Diese interne Leckage ist bevorzugt, damit sich die Kammern 9 und 19 also die kopfseitige Kammer 9 und der Freiraum 19 während des Startens oder in einem Störfall (zum Beispiel defektes Piezoelement) mit Flüssigkeit füllen kann, um dadurch den Injektor 1 bzw. das Einspritzelement 14 zu schließen. Eine Dauereinspritzung wird dadurch verhindert, wobei dies quasi eine Sicherheitsfunktion darstellt.

[0064] Zum Schließen des Injektors 1 wird das Piezoelement 6 entladen, wodurch es sich verkürzt. Dadurch steigt der Druck in der kopfseitigen Kammer 9 und in dem Freiraum 19 an, wodurch das Kräftegleichgewicht an der Nadel 17 bzw. der Nadeleinheit soweit verschoben wird, daß sich die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit in ihrer schließenden Richtung beschleunigt. Dadurch wird der Injektor 1 geschlossen und die Einspritzung beendet.

[0065] In dieser Ausgestaltung gemäß den Figuren 7 und 9 hat das zusätzliche Volumen um das Piezoelement 6, was im Verhältnis zu den restlichen Kammern normalerweise groß ist eine positive Wirkung auf das Injektorverhalten. Es dient als Speicherreservoir, wodurch gerade der am Anfang der Einspritzung entstehende Druckabfall verringert wird und Druckschwankungen reduziert werden.

[0066] Eine vorübergehende Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks während der Einspritzung kann für die Verbrennung von Vorteil sein. Dieses ist durch die Anordnung des optionalen Rückschlagventils 34 in der Hochdruckmediumleitung 12 möglich. Dadurch wird der Druck in der Kammer 8 bzw. in der fußseitigen Kammer 8 während der Arbeitsbewegung des Kolbens 7 nicht, mehr über die Hochdruckmediumleitung 12 ausgeglichen. Deshalb steigt der Druck in der fußseitigen Kammer 8 und dem Spalt 26 an, wodurch ein höherer Einspritzdruck vorliegt. Zusätzlich wird die Auftriebskraft, die auf der Nadel 17 bzw. auf die Nadeleinheit im Sitzbereich 21 wirkt, durch den höheren Druck vergrößert, so daß das Öffnen der Nadel 17 bzw. der Nadeleinheit beschleunigt wird.

[0067] Bei dem Ausführungsbeispiel des beispielhaften Injektors 1 nach Figur 9 ändert sich lediglich die Lage des Piezoelementes 6 und des Kolbens 7, wodurch sich aber nicht das bereits beschriebene Prinzip ändert, so daß auch die in Figur 9 dargestellte Ausführung denkbar ist.

[0068] Bei dem in den Figuren 5 und 6 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Trennung der Piezokammer 38 von der kopfseitigen Kammer 9 grundsätzlich aufgehoben, indem auf den Quersteg verzichtet wird. Gleichwohl wird mittels des Kolbens 7 die kopfseitige Kammer 9 und die fußseitige Kammer 8 gebildet. Hierbei ist die Kammer 4 um das Piezoelement 6, also in diesem Fall die kopfseitige Kammer 9 nicht mehr direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden.

[0069] Der Kolben 7 ist bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 5 und 6 direkt am Piezoelement 6 befestigt. Die fußseitige Kammer 8 ist dabei direkt mit der

Hochdruckmediumleitung 12 verbunden, wobei der Freiraum 19 hinter der Nadel bzw. oberhalb der Nadel 17 bzw. oberhalb der Nadeleinheit mit der kopfseitigen Kammer 9 verbunden ist.

[0070] Die kopfseitige Kammer 9 wird bei diesem Ausführungsbeispiel im nicht betätigten Zustand des Piezoelementes 6 durch interne Leckage an dem Kolben 7 bzw. seinen im Längsschnitt erkennbaren Stirnseiten 27 (Spalt 29) sowie der Verbindungsleitung 31 befüllt. Der Freiraum 19 wird durch die Verbindungsleitung 13 und interne Leckage an der Führung der Nadeleinheit (Spalt 26) gefüllt. Im nicht betätigten Zustand ist das in Figuren 5 und 6 dargestellte System Druck ausgeglichen (entsprechend zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 7 und 9).

[0071] Die Bestromung des Piezoelementes 6 verursacht eine Längung des Piezoelementes 6 und eine Vergrößerung der kopfseitigen Kammer 9. Dadurch fällt der Druck in der kopfseitigen Kammer 9 und über die Verbindungsleitung 31 ebenfalls in den Freiraum 19 ab. Entsprechend dem Ausführungsbeispiel zu den Figuren 7 und 9 öffnet sich das Einspritzelement 14 durch die veränderten Kraftverhältnisse an der Nadel 17 bzw. an der Nadeleinheit. Die Kammern 19 und 9 bzw. der Freiraum 19 und die kopfseitige Kammer 9 werden dabei durch die internen Leckagen am Kolben 7 und an der Nadel 17 bzw. an der Nadeleinheit wieder langsam aufgefüllt, was auch hier als Sicherheitsfunktion bevorzugt ist. Dieses kann durch zusätzliche Verbindungen und/oder Drosselstellen zwischen den Kammern und/oder der Hochdruckmediumleitung 12 beeinflusst werden. Der Druck in der fußseitigen Kammer 8 wird während des gesamten Vorgangs durch die Hochdruckmediumleitung 12 ausgeglichen.

[0072] Zum Schließen muß das Piezoelement 6 entladen werden, wodurch es sich verkürzt. Dadurch wird die kopfseitige Kammer 9 verkleinert und der Druck steigt in der kopfseitigen Kammer 9 und dem Freiraum 19 an. Der höhere Druck bewirkt eine resultierende schließende Kraft auf die Nadel 17 bzw. auf die Nadeleinheit, wodurch die Nadel 17 bzw. die Nadeleinheit schließt. Ansonsten gelten die gleichen Bemerkungen wie zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 7 und 9 beschrieben.

[0073] Auch bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 5 und 6 kann mittels des optional vorgesehenen Rückschlagventils 34 eine vorübergehende bzw. zeitlich begrenzte Druckerhöhung erzielt werden.

[0074] Im Unterschied zu Figur 5 weist Figur 6 ebenfalls lediglich eine Veränderung der Lage des Piezoelementes 6 und des daran angeordneten Kolbens 7 auf, wodurch die prinzipielle Funktionsweise wie zu Figur 5 beschrieben nicht verändert wird.

[0075] Allen zuvor genannten Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, daß zur Veränderung des charakteristischen Verhaltens des Injektors 1 zwischen allen Kammern und/oder in allen Leitungen, Verbindungen bzw. Kanälen zusätzliche Drosseln, Düsen, Rückschlagventile und/oder Volumina vorgesehen werden können. Mit-

tels der beispielhaft beschriebenen Injektoren gemäß den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 5 bis 9 wird vorteilhaft ein äußerst unkomplizierter Aufbau des Injektors 1 erreicht, der zudem (bei Nichtbetätigung des Piezoelementes 6) keine externe Leckage aufweist. Die Nadelsteuerung wird direkt über eine Hydraulikkopplung erreicht, wobei die Geschwindigkeit durch Geschwindigkeitsvariation des Piezoelementes 6 anpaßbar ist. Der Injektor gemäß den jeweiligen Ausführungsbeispielen weist wenige Bauteile auf, wobei insbesondere keine zusätzlichen Bauteile für eine Richtungsumkehr notwendig sind. Zudem ist keine Druckerhöhung zum Öffnen notwendig, wobei jedoch eine vorübergehende bzw. zeitlich begrenzte Erhöhung des Einspritzdrucks erreicht werden kann. Vorteilhaft ist weiter, daß das Piezoelement im geschlossenen Zustand nicht aufgeladen ist.

[0076] Die gleichen Vorteile wie bei den Ausführungsbeispielen zu den Figuren 5 bis 9 sind auch bei einem Injektor gemäß den Ausführungsbeispielen zu den Figuren 10 und 11 erreichbar. Die Figuren 10 und 11, insbesondere Figur 10 zeigt eine erfindungsgemäße Ausgestaltung bzw. vorteilhafte Weiterbildung des Injektors 1 nach dem Ausführungsbeispiel der Figuren 7 und 9. Bei dieser Ausgestaltung ist berücksichtigt, daß das Piezoelement 6 nicht unter Hochdruck stehen soll. Im Unterschied zu Figur 7 ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 10 vorgesehen, daß die Piezokammer 38 nicht mehr direkt mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden ist. Statt dessen wird die Piezokammer 38 über eine Verbindungsleitung 43 mit einem Kraftstofftank 44 bzw. Flüssigkeitstank verbunden. Dadurch ist die Piezokammer 38 lediglich mit dem Tankdruck bzw. dem im Mediumtank herrschenden Druck beaufschlagt. Dadurch wird die Abdichtung des Piezoelementes 6 insgesamt einfacher, wobei aber eine geringe, externe Leckage durch den Spalt 42, welcher zwischen der Kolbenstange 36 und den im Längsschnitt erkennbaren Stirnseiten 40 des Quersteges 37 angeordnet ist, und der Leitung 43 akzeptiert werden muß. Vorteilhafterweise wird die Spalthöhe des Spaltes 42 dabei allerdings sehr gering gehalten.

[0077] Um das Piezoelement 6 komplett trocken zu halten, so daß dieses nicht von der Flüssigkeit umspült wird, ist zusätzlich ein Dichtungselement 46 vorgesehen, wie Figur 10 zeigt. Das Dichtungselement 46 ist der Piezokammer 38 derart zugeordnet, daß zwischen dem Quersteg 37 und dem Dichtungselement 46 eine Zwischenkammer 47 angeordnet bzw. gebildet ist. Die Zwischenkammer 47 ist wie Figur 10 zu entnehmen ist, über die Verbindungsleitung 43 mit dem Kraftstofftank 44 verbunden. Dadurch herrscht in der Zwischenkammer 47 nur ein geringer Druck nämlich der in dem Kraftstofftank herrschende Druck, so daß hier eine einfache Dichtung verwendet werden kann. In die Piezokammer 38 tritt aufgrund der Abdichtung keine Flüssigkeit mehr ein. Das Piezoelement ist trocken.

[0078] Ansonsten hat der Injektor nach dem Ausführungsbeispiel der Figur 10 dieselbe Wirkungsweise wie

der Injektor gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7.

[0079] Nicht dargestellt ist eine Weiterbildung, die darauf beruht, daß keine externe Leckage akzeptiert wird. Hierbei wird auf eine Verbindung zum Kraftstofftank verzichtet. Dadurch steigt allerdings der Druck in der Zwischenkammer 47 auf Systemdruck an, wodurch das Dichtungselement 46 gegen Hochdruck abdichten muß. Dadurch wird zwar eine kompliziertere Hochdruckabdichtung notwendig, wodurch jedoch ein extern-leckagefreier Injektor ermöglicht wird. Zusätzlich kann dann die Zwischenkammer 47 mit der Hochdruckmediumleitung 12 verbunden werden, um einen schnellen Druckausgleich in der Zwischenkammer 47 zu erreichen. Diese Ausgestaltung ist in den Figuren 10 und 11 nicht dargestellt, wobei sich das Ausführungsbeispiel nach Figur 11 lediglich wiederum durch eine umgekehrte Anordnung der Kammer 4 im Vergleich zu Figur 10 auszeichnet.

[0080] Bei den zuvor beschriebenen Ausgestaltungen ist der Kolben 7 bzw. seine Kolbenstange 36 direkt mit dem Piezoelement 6 verbunden. Denkbar ist aber auch eine nicht dargestellte Ausgestaltung, bei welcher der Kolben 7 bzw. seine Kolbenstange 36 und das Piezoelement 6 nicht unbedingt fest miteinander verbunden sind. Hierzu könnte ein Kraftspeicher bzw. eine Feder vorgesehen sein, welche in der fußseitigen Kammer 8 angeordnet sein kann. Die Feder würde sich in der fußseitigen Kammer 8 zum einen an dem Kolben 7 und zum anderen an der Fußseite 3 abstützen können, so daß der Kolben 7 in Richtung zum Piezoelement 6 gedrückt wird. Bei dieser Ausgestaltung würden Zugspannungen am Piezoelement 6 vermieden, da beim kürzen des Piezoelementes keine Rückhaltekräfte aufgebaut werden können.

[0081] Der in den jeweiligen Ausführungsbeispielen dargestellte Injektor 1 kann besonders bevorzugt zur Einspritzung von Dieseldieselkraftstoff in die Brennkammer von Dieselmotoren eingesetzt werden, ohne die Verwendung hierauf zu beschränken. Beispielsweise ist hierbei an eine Einspritzung von Medien, bevorzugt Flüssigkeiten gedacht, wie zum Beispiel bei Ottomotoren oder auch bei der Abgasnachbehandlung um nur einige Beispiele abweichend zur Verwendung bei Dieselmotoren zu nennen. Die Dieselmotoren können beispielsweise in PKW, LKW, Schiffen, Bussen oder Zügen eingebaut sein. Bei der Verwendung in Dieselmotoren ist die Hochdruckmediumleitung 12 dann bevorzugt als common rail ausgeführt.

[0082] Die Begriffe Leitung, Verbindung, Kanäle bedeuten im Sinne der Erfindung eine Verbindung von einem Ort zum anderen, die als separate Leitungen aber natürlich auch als interner Kanal ausgeführt sein können.

Patentansprüche

1. Injektor, der ein in einer mit einer Kopfseite (2) und einer Fußseite (3) ausgeführten Kammer (4) angeordnetes Piezoelement (6) aufweist, an dem fußseitig ein Kolben (7) befestigt ist, der die Kammer (4)

in eine fußseitige Kammer (8) und in eine kopfseitige Kammer (9) unterteilt und der in der Kammer (4) angeordnet ist, wobei eine Hochdruckmediumleitung (12) über eine Verbindungsleitung (13) in einem Einspritzelement (14) mündet, das eine in einem Gehäuse (16) angeordnete Nadel (17) aufweist, die kopfseitig zu einem Gehäusekopf (18) beabstandet ist, so daß ein Freiraum (19) gebildet ist, und wobei die Nadel (17) fußseitig einem Sitz (21) zugeordnet ist, um so die Kraftstoffzuführung zu einem Brennraum über eine Einspritzkammer (22) und mindestens einer Drossel (23) abwechselnd zu öffnen oder zu schließen, und wobei zwischen dem Nadelkörper und der Gehäuseinnenwand (24) ein Spalt (26) angeordnet ist, wobei der Kolben (7) einer fußseitig an dem Piezoelement (6) angeordneten Kolbenstange (36) zugeordnet ist, die einen in der Kammer (4) angeordneten Quersteg (37) durchgreift, wobei der Quersteg (37) die Kammer (4) in eine Piezokammer (38) und in eine Kolbenkammer (39) unterteilt, wobei die Kolbenkammer (39) mittels des Kolbens (7) in die kopfseitige Kammer (9) und in die fußseitige Kammer (8) unterteilt wird, wobei ein Hochdruckverbindungskanal (11) in der fußseitigen Kammer (8) mündet, so daß in der kopfseitigen Kammer (9) ein Unterdruck entsteht, wenn das Piezoelement (6) betätigt wird, wobei die kopfseitige Kammer (9) über eine Verbindungsleitung (31) mit dem Einspritzelement (14) verbunden ist, und wobei die Verbindungsleitung (31) in dem Freiraum (19) mündet,

gekennzeichnet, durch

ein das Piezoelement (6) komplett trocken haltendes Dichtungselement (46), dass der Piezokammer (38) so zugeordnet ist, daß zwischen dem in der Kammer (4) angeordneten Quersteg (37) und dem Dichtungselement (46) eine Zwischenkammer (47) angeordnet ist, von der eine Verbindungsleitung (43) zu einem Kraftstofftank (44) führt, so dass in der Zwischenkammer (47) nur ein geringer Druck herrscht.

2. Injektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
im Längsschnitt gesehen zwischen Stirnseiten (27) des Kolbens (7) und einer Kammerinnenwand (28) ein Spalt (29) angeordnet ist.
3. Injektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
in dem Freiraum (19) eine Feder (32) angeordnet ist, die sowohl an dem Gehäusekopf (18) als auch an dem Nadelkopf (33) anliegt.
4. Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
in der Hochdruckmediumleitung (12) ein Rückschlagventil (34) angeordnet ist.

5. Injektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
in dem Kolben (7) und/oder in dem Quersteg (37) Durchgangsöffnungen angeordnet sind.

Claims

1. Injector which has a piezo element (6) arranged in a chamber (4) which is formed with a head side (2) and a foot side (3), to the foot side of which piezo element (6) is fastened a piston (7) which divides the chamber (4) into a foot-side chamber (8) and a head-side chamber (9) and is arranged in the chamber (4), with a high-pressure medium line (12) opening out in an injection element (14) via a connecting line (13), which injection element (14) has a needle (17) which is arranged in a housing (16) and which is spaced apart at the head side from a housing head (18) such that a clearance (19) is formed, and with the needle (17) being assigned, at the foot side, to a seat (21) in order to thereby alternately open or close the fuel supply to a combustion chamber via an injection chamber (22) and at least one throttle (23), and with a gap (26) being arranged between the needle body and the housing inner wall (24), with the piston (7) being assigned to a piston rod (36) which is arranged at the foot side on the piezo element (6) and which extends through a transverse web (37) arranged in the chamber (4), with the transverse web (37) dividing the chamber (4) into a piezo chamber (28) and a piston chamber (39), with the piston chamber (39) being divided by means of the piston (7) into the head-side chamber (9) and the foot-side chamber (8), with a high-pressure connecting duct (11) opening out in the foot-side chamber (8) such that a vacuum is generated in the head-side chamber (9) when the piezo element (6) is actuated, with the head-side chamber (9) being connected to the injection element (14) via a connecting line (31), and with the connecting line (31) opening out into the clearance (19),
characterized by
a seal element (46) which keeps the piezo element (6) completely dry and which is assigned to the piezo chamber (38) such that an intermediate chamber (47) is arranged between the transverse web (37), which is arranged in the chamber (4), and the seal element (46), from which intermediate chamber (47) a connecting line (43) leads to a fuel tank (44) such that only a low pressure prevails in the intermediate chamber (47).
2. Injector according to Claim 1,
characterized in that,
as viewed in longitudinal section, a gap (29) is arranged between end sides (27) of the piston (7) and a chamber inner wall (28).

3. Injector according to Claim 1,
characterized in that
a spring (32) is arranged in the clearance (19), which
spring (32) bears both against the housing head (18)
and also against the needle head (33). 5
4. Injector according to one of the preceding claims,
characterized in that
a non-return valve (34) is arranged in the high-pres-
sure medium line (12). 10
5. Injector according to Claim 1,
characterized in that
passage openings are arranged in the piston (7)
and/or in the transverse web (37). 15

Revendications

1. Injecteur, qui présente un élément piézoélectrique (6) disposé dans une chambre (4) réalisée avec un côté tête (2) et un côté base (3), sur lequel est fixé, du côté de la base, un piston (7), qui divise la chambre (4) en une chambre côté base (8) et une chambre côté tête (9) et qui est disposé dans la chambre (4), une conduite de fluide haute pression (12) débouchant par le biais d'une conduite de connexion (13) dans un élément d'injection (14) qui présente une aiguille (17) disposée dans un boîtier (16), laquelle est espacée, du côté de la tête, d'une tête de boîtier (18), de sorte qu'un espace libre (19) soit formé, l'aiguille (17) étant associée du côté de la base à un siège (21) afin d'ouvrir ou de fermer ainsi en alternance l'alimentation en carburant à une chambre de combustion par le biais d'une chambre d'injection (22) et à au moins un étranglement (23), une fente (26) étant disposée entre le corps d'aiguille et la paroi intérieure du boîtier (24), le piston (7) étant associé à une tige de piston (36) disposée du côté de la base sur l'élément piézoélectrique (6), qui traverse une nervure transversale (37) disposée dans la chambre (4), la nervure transversale (37) divisant la chambre (4) en une chambre piézoélectrique (38) et en une chambre de piston (39), la chambre de piston (39) étant divisée au moyen du piston (7) en la chambre côté tête (9) et en la chambre côté base (8), un canal de connexion haute pression (11) débouchant dans la chambre côté base (8), de sorte que dans la chambre côté tête (9) se produise une dépression lorsque l'élément piézoélectrique (6) est actionné, la chambre côté tête (9) étant connectée à l'élément d'injection (14) par le biais d'une conduite de connexion (31), et la conduite de connexion (31) débouchant dans l'espace libre (19),
caractérisé par
un élément d'étanchéité (46) maintenant complètement sec l'élément piézoélectrique (6), qui est associé à la chambre piézoélectrique (38) de telle sorte 20 25 30 35 40 45 50 55

qu'entre la nervure transversale (37) disposée dans la chambre (4) et l'élément d'étanchéité (46) soit disposée une chambre intermédiaire (47), de laquelle une conduite de connexion (43) conduit à un réservoir de carburant (44), de sorte qu'il ne règne qu'une faible pression dans la chambre intermédiaire (47).

2. Injecteur selon la revendication 1,
caractérisé en ce
qu'une fente (29) est disposée, vue en coupe longi-
tudinale, entre les côtés frontaux (27) du piston (7)
et une paroi interne de la chambre (28).
3. Injecteur selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
l'on dispose dans l'espace libre (19) un ressort (32)
qui s'applique à la fois contre la tête du boîtier (18)
et contre la tête de l'aiguille (33).
4. Injecteur selon l'une quelconque des revendications
précédentes,
caractérisé en ce que
l'on dispose une soupape de non-retour (34) dans
la conduite de fluide haute pression (12).
5. Injecteur selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
l'on dispose dans le piston (7) et/ou dans la nervure
transversale (37) des ouvertures de passage.

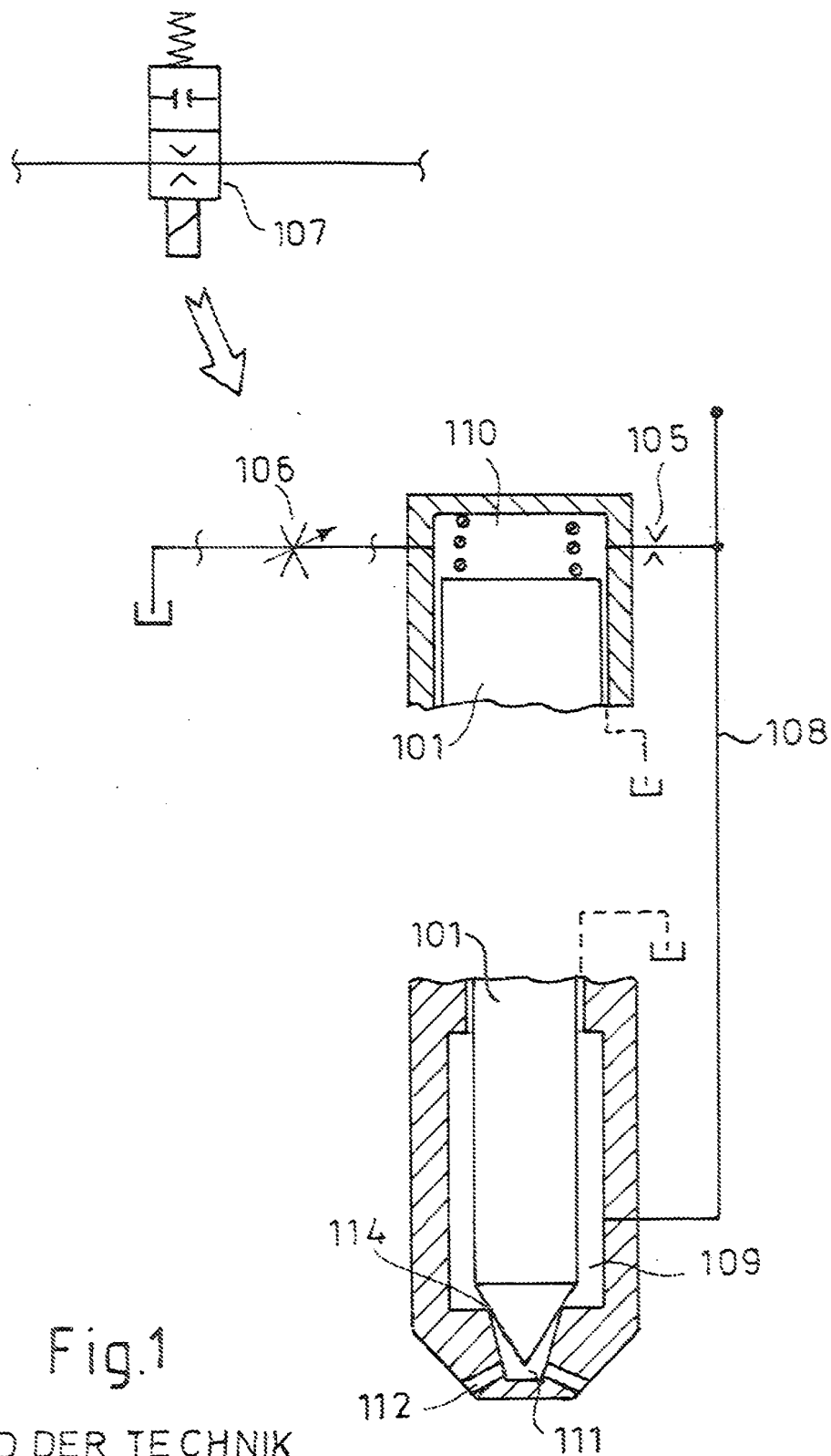


Fig.1

STAND DER TECHNIK

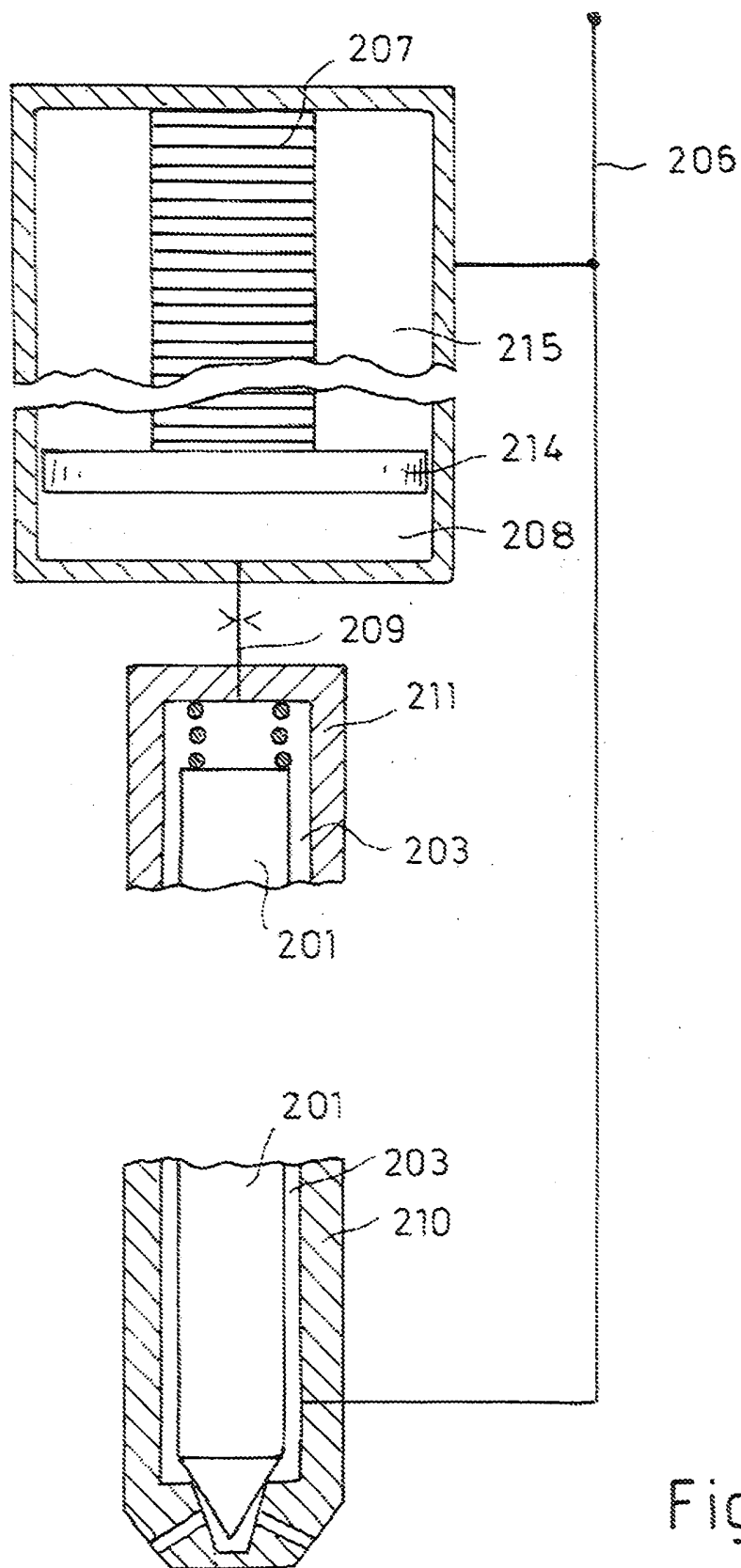


Fig.2

STAND DER TECHNIK

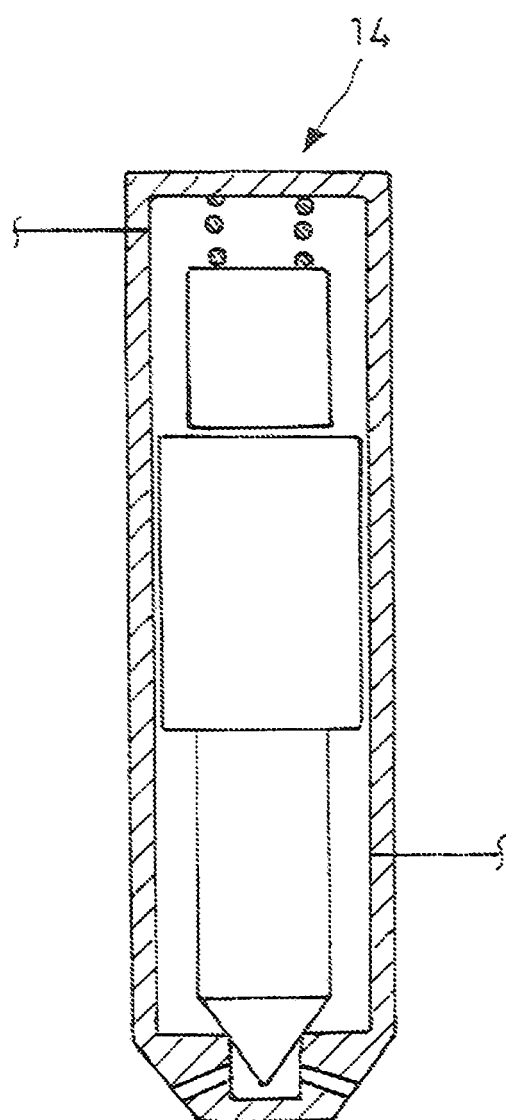
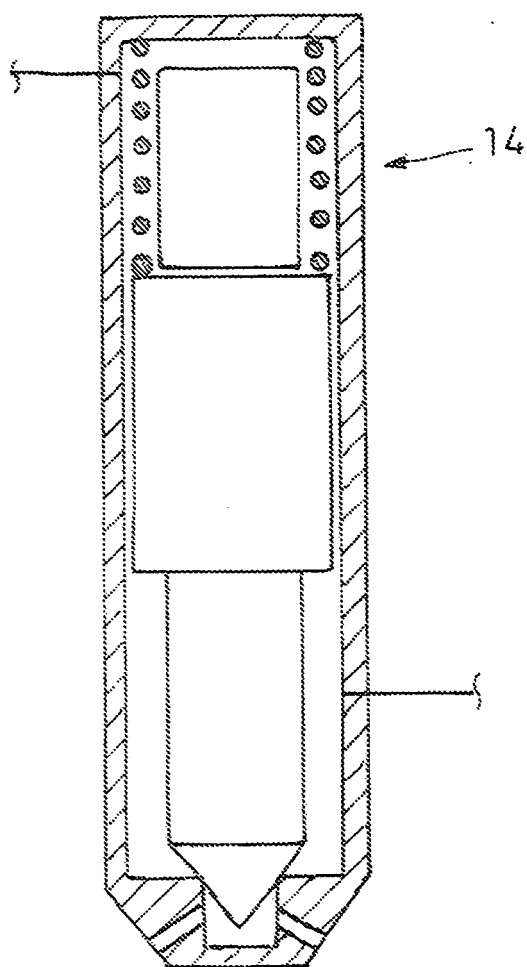


Fig. 3

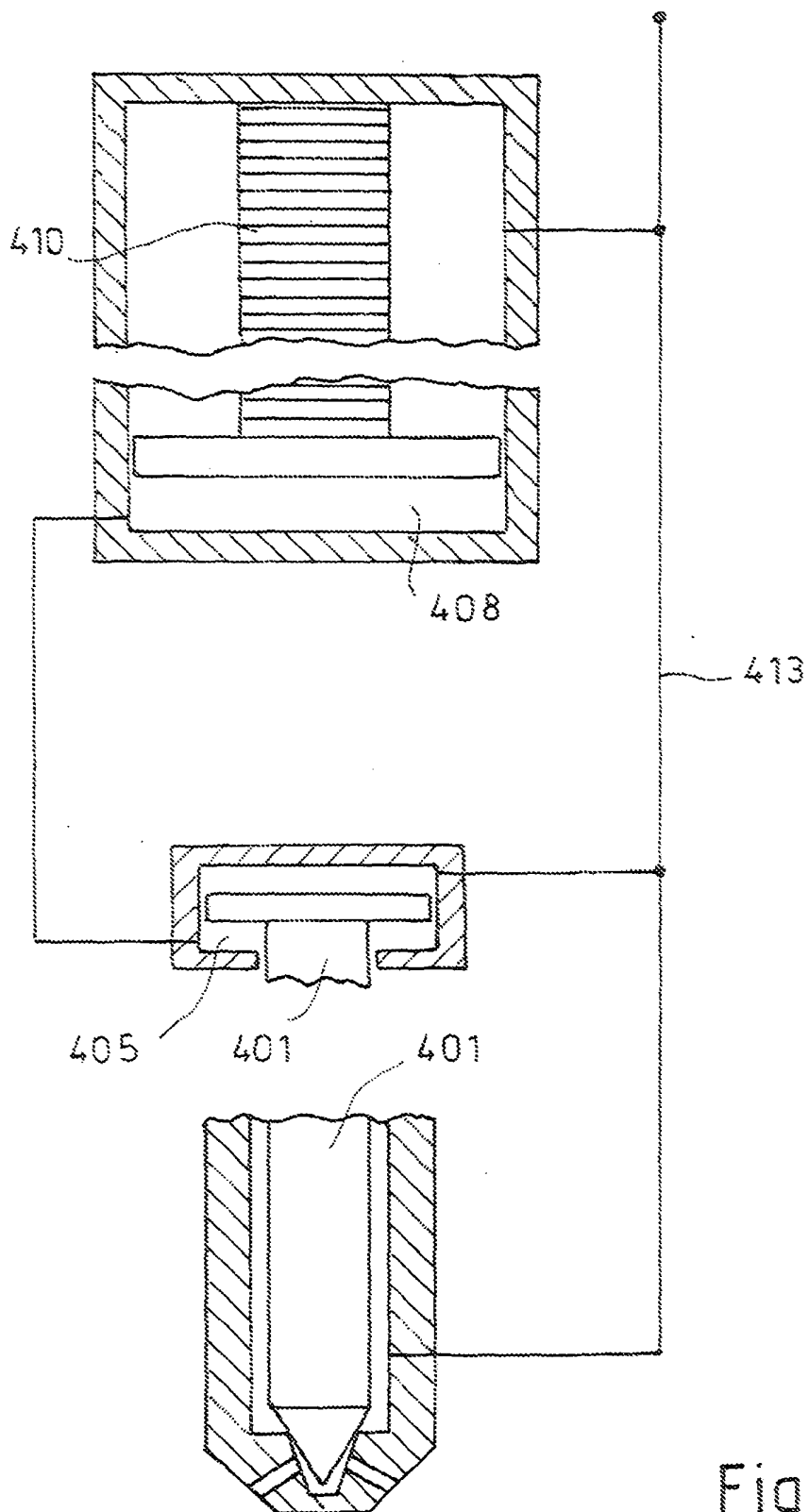
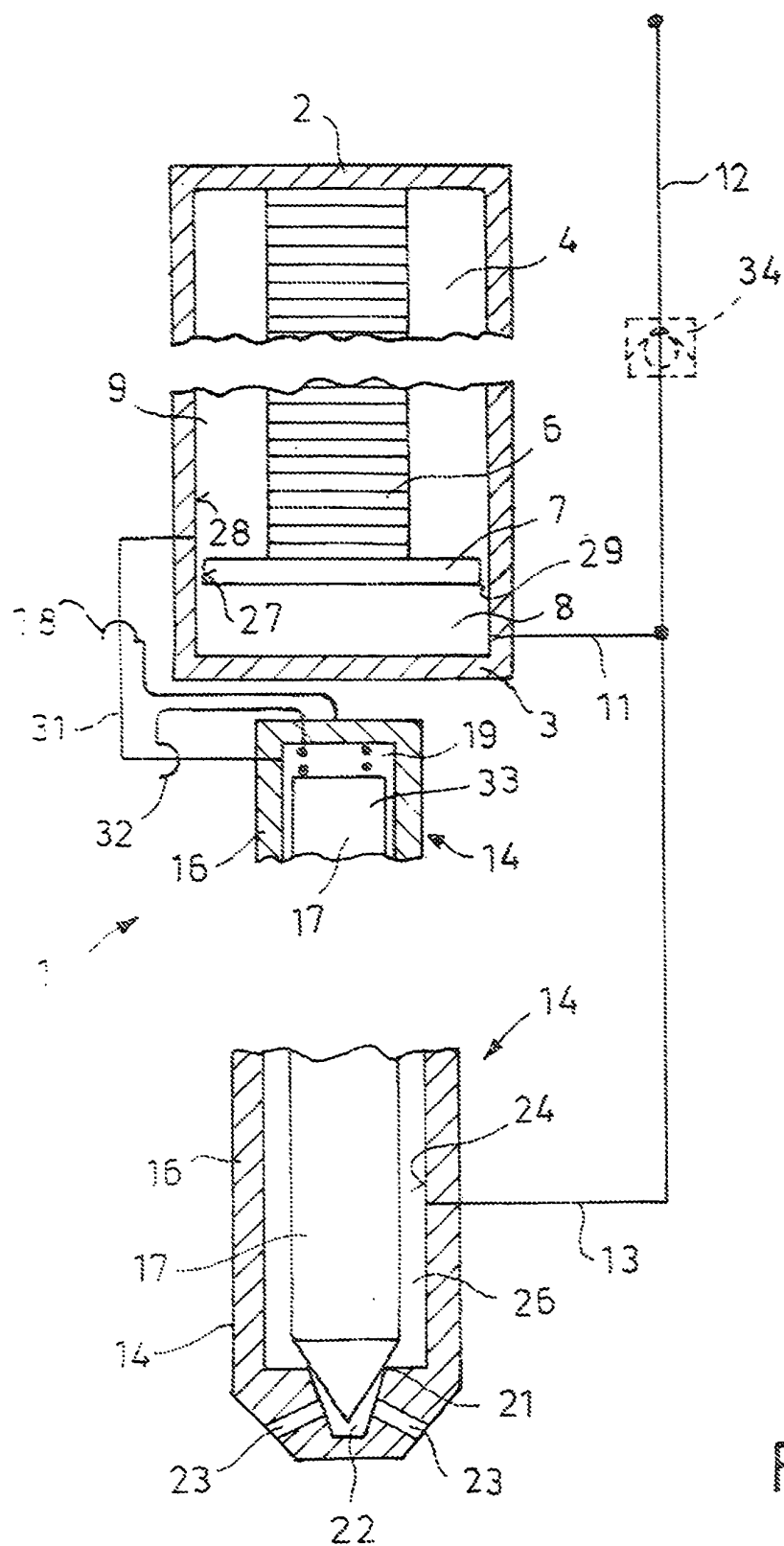


Fig.4

STAND DER TECHNIK



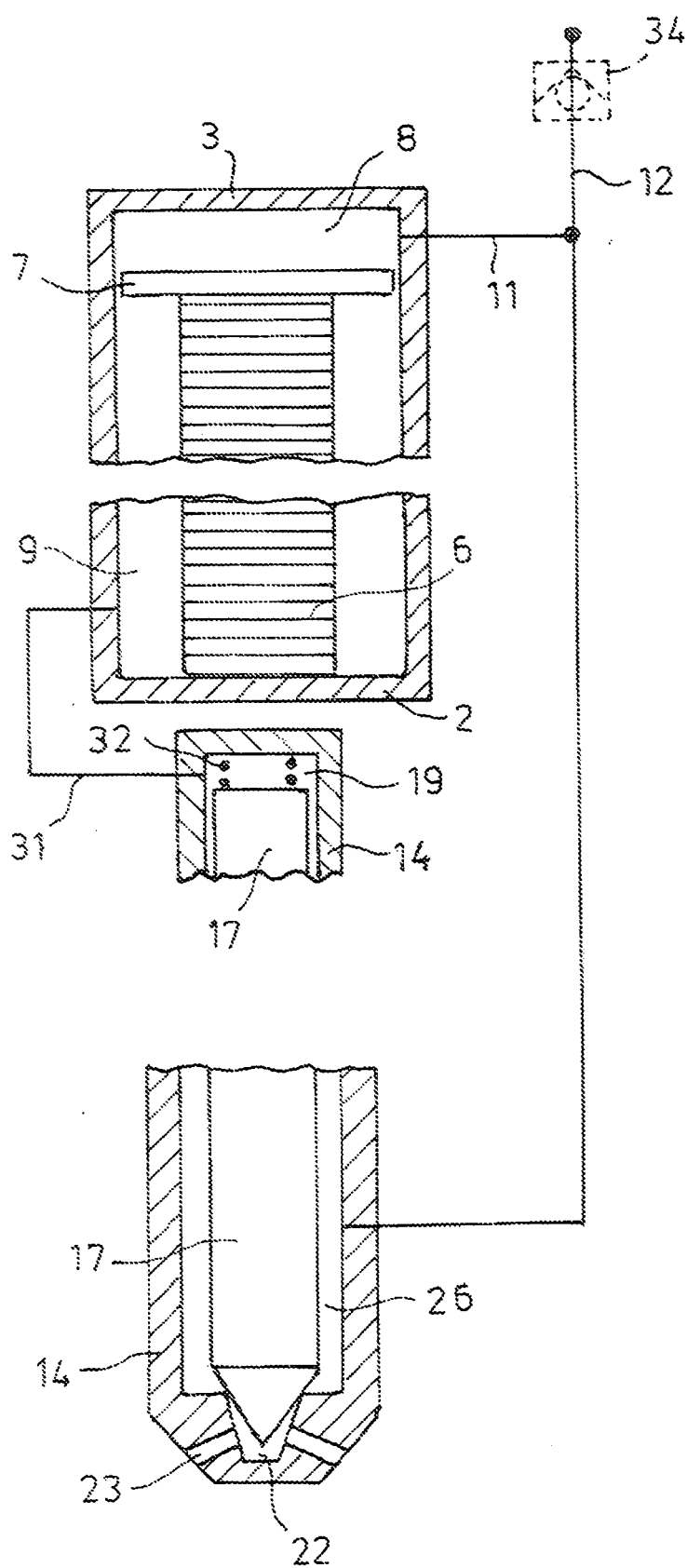
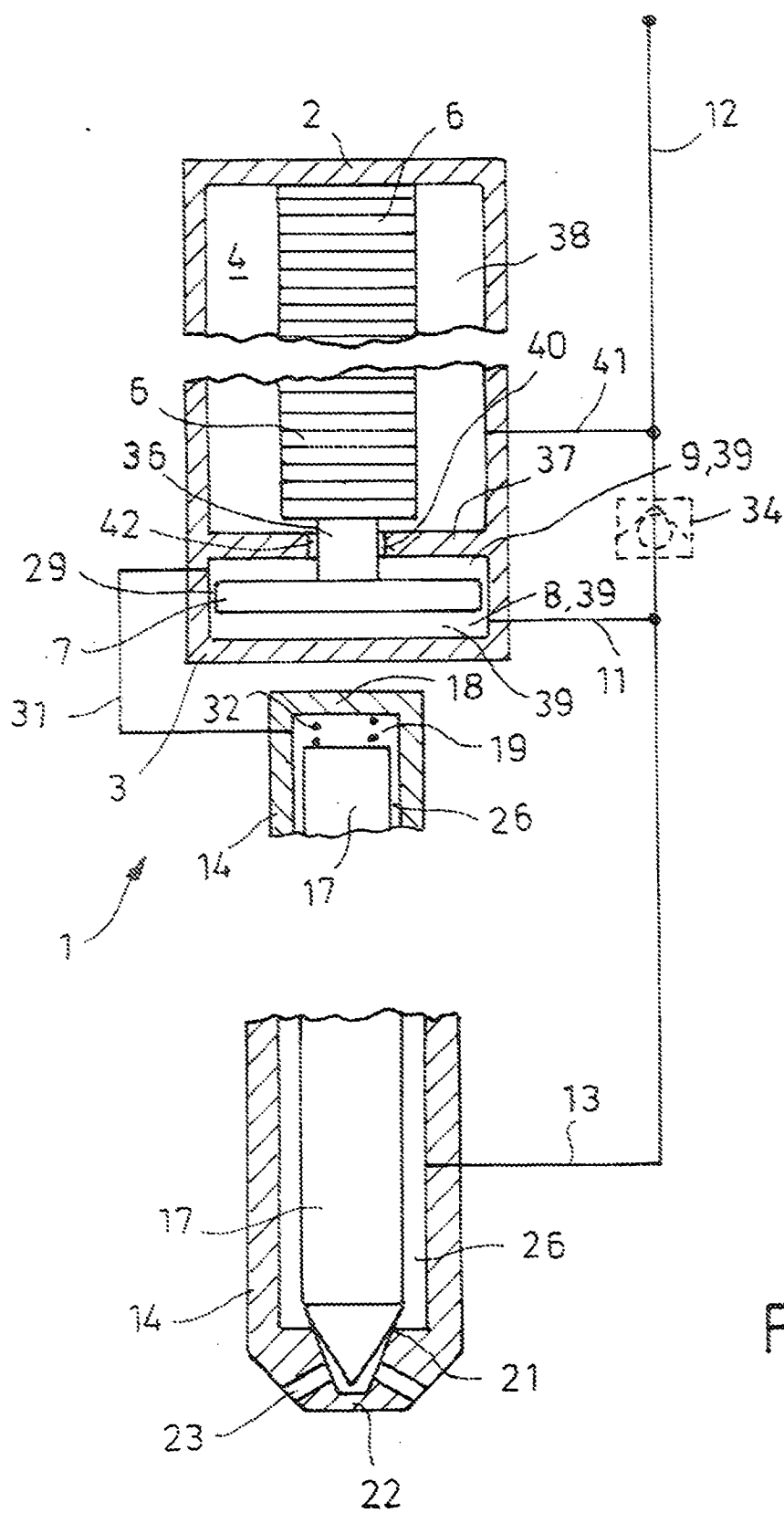


Fig.6



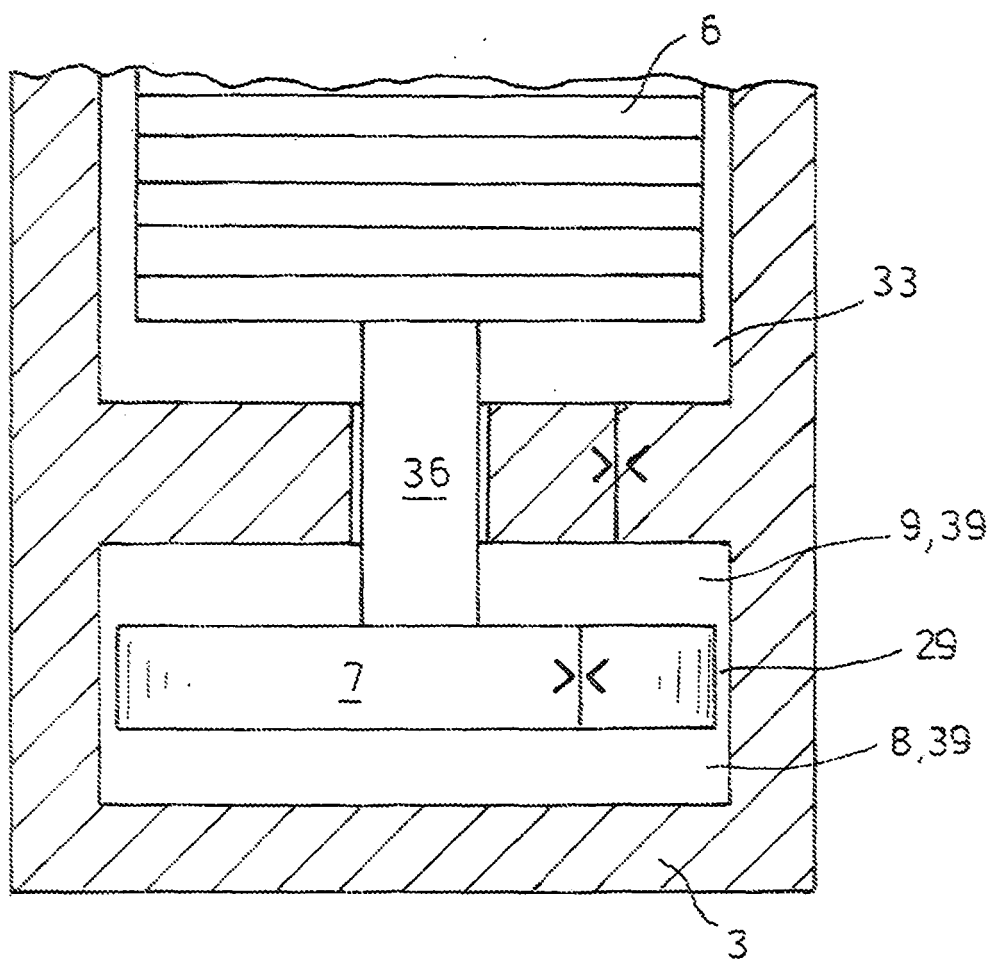


Fig.8

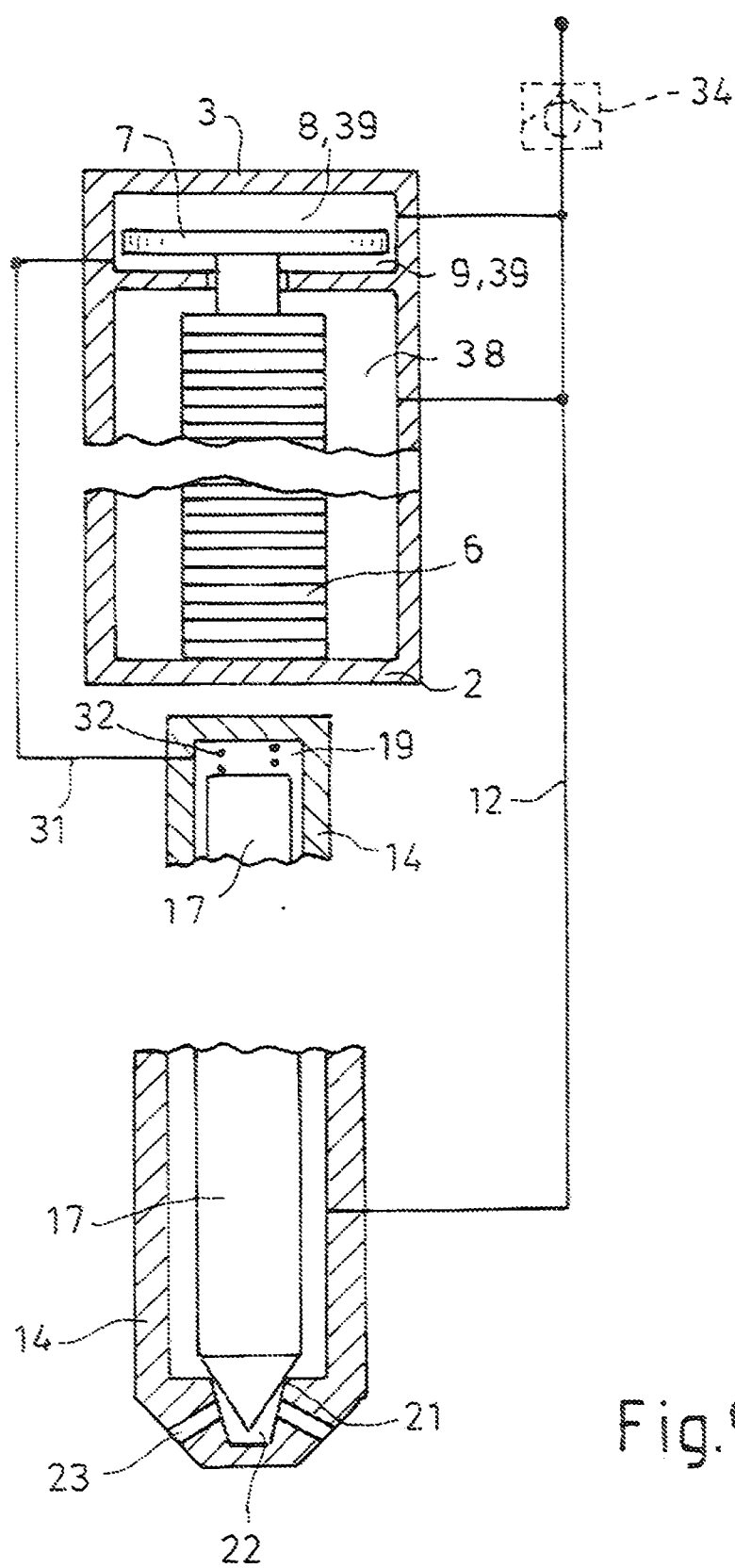
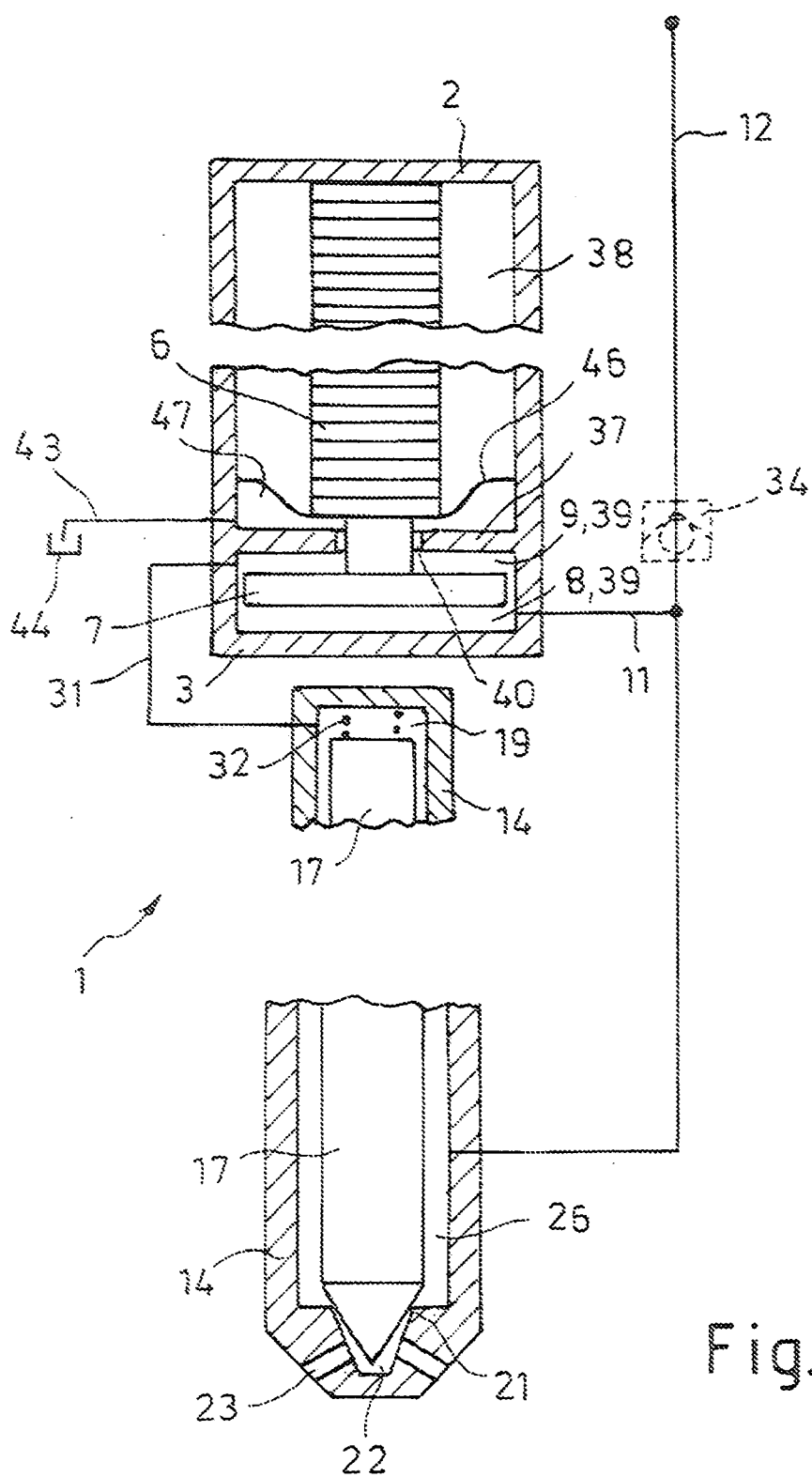
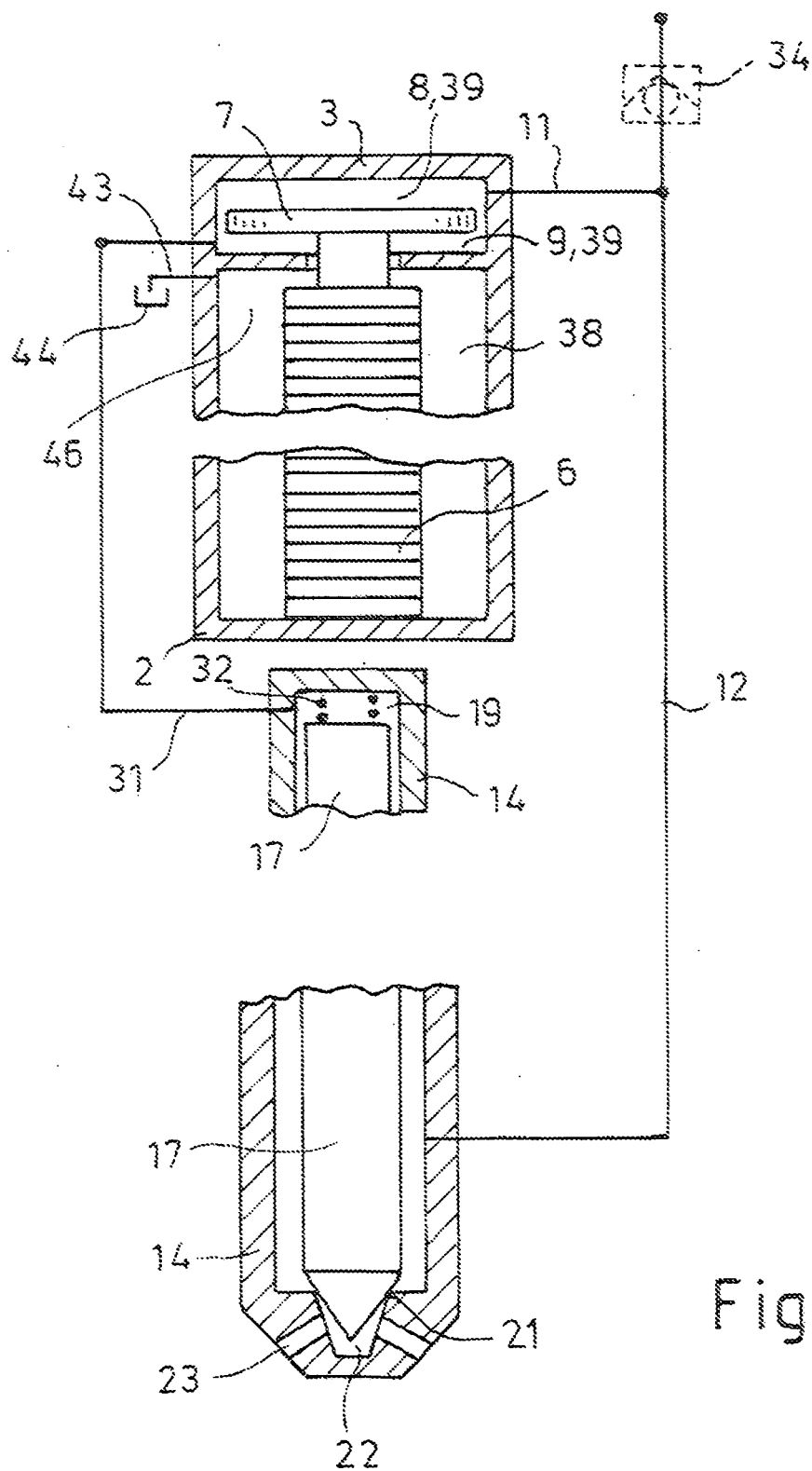


Fig.9





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 10326046 A1 [0002]
- DE 10254466 A1 [0003]
- DE 10260289 A1 [0004]
- DE 10333688 B3 [0005]
- DE 19823937 B4 [0006]
- DE 19837890 B4 [0007] [0009]
- EP 1167746 B1 [0008]
- EP 1000240 B1 [0009]
- EP 614893 A1 [0010]
- WO 02061265 A [0011]
- JP 2002322957 A [0012]
- JP 2003293893 A [0013]
- EP 1167746 A [0015] [0019]
- WO 2005075811 A [0024]