(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 580 462 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.12.2015 Patentblatt 2015/49

(21) Anmeldenummer: **11724213.1**

(22) Anmeldetag: **09.06.2011**

(51) Int Cl.:
F02M 51/06 *(2006.01)* ***F02M 63/00*** *(2006.01)*
F02M 47/02 *(2006.01)* ***F02M 45/08*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/059542

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/157613 (22.12.2011 Gazette 2011/51)

(54) **EINSPRITZVENTIL MIT DIREKT- UND SERVOANTRIEB**

INJECTION VALVE WITH DIRECT AND SERVO DRIVE

SOUPAPE D'INJECTION DOTÉE D'UNE COMMANDE DIRECTE ET D'UNE SERVOCOMMANDE

(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

(30) Priorität: **14.06.2010 DE 102010023698**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.04.2013 Patentblatt 2013/16

(73) Patentinhaber: **Continental Automotive GmbH**
30165 Hannover (DE)

(72) Erfinder: **REIMER, Attila**
93073 Neutraubling (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2004/076848
WO-A1-2008/017538
DE-A1-102005 041 994
DE-A1-102006 036 444
US-A1- 2002 013 653

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).

EP 2 580 462 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Ventilvorrichtung zur Förderung von schmierenden und nicht schmierenden Flüssigkeiten, insbesondere für den Einsatz im Bereich der Kraftstoffeinspritzung in einem Verbrennungsmotor. Die Ventilvorrichtung weist erfindungsgemäß eine zweistufige Antriebseinrichtung auf, die sowohl einem elektrischen Direktantrieb als auch einen hydraulischen Servoantrieb umfasst. Der Servoantrieb kann dabei zusätzlich zum Direktantrieb zugeschaltet werden, wenn ein größerer Ventilnadelhub benötigt wird.

Stand der Technik

[0002] Ventilvorrichtungen werden zur Förderung bzw. Verteilung verschiedenster Flüssigkeiten verwendet. Solche Ventilvorrichtungen können beispielsweise als sogenannte Einspritzventile ausgebildet sein, bei denen die Öffnung einer Einspritzdüse sehr präzise mittels einer Ventilnadel gesteuert wird. Mithilfe eines modernen Einspritzventils lassen sich somit selbst kleinste Flüssigkeitsmengen genau portionieren. Diese Genauigkeit wird beispielsweise in Brennkraftmaschinen benötigt, wo Kraftstoff mithilfe entsprechender Kraftstoffinjektoren unter hohem Druck in den Brennraum eingespritzt wird. Die Kraftstoffzuführung muss dabei in genau vorgegebenen Mangen und zu vorgegebenen Zeitpunkten erfolgen. Zur Konditionierung des Verbrennungsprozesses führt das Kraftstoffeinspritzventil eines modernen Verbrennungsmotors in der Regel Mehrfacheinspritzungen durch, wobei die verwendete Kraftstoffmenge je nach Einspritzphase variiert wird. So werden zur Voreinspritzung typischerweise relativ kleine Kraftstoffmengen injiziert, während bei der Haupteinspritzung relativ große Kraftstoffmengen in die Brennkammer befördert werden.

[0003] Die Bandbreite der in den einzelnen Phasen des Kraftstoffeinspritzung in einem Verbrennungsmotor benötigten Kraftstoffmenge, stellt ein wichtiges Kriterium bei der Konstruktion eines geeigneten Einspritzventils dar. So muss beispielsweise die zur Bewegung der Ventilnadel vorgesehene Antriebseinrichtung ausreichend groß ausgelegt sein, um den während der Haupteinspritzung benötigten maximalen Nadelhub zu gewährleisten. Andererseits muss sich die Ventilnadel auch ausreichend schnell und präzise steuern lassen, um eine optimale Einspritzung kleiner bzw. kleinster Kraftstoffmengen während der Voreinspritzung zu ermöglichen.

[0004] Eine typischerweise zur Auslenkung der Ventilnadel verwendete Antriebseinrichtung verfügt daher über ein elektrisches Antriebmittel, wie z. B. ein piezoelektrisches oder elektromagnetisches Stellglied. Bei diesem Antriebskonzept agiert das Stellglied als Direktantrieb, wobei die Ventilnadel aufgrund eines mechanischen Kontakts mit Bauteilen des Antriebs unmittelbar der Auslenkung bzw. Ausdehnung des Stellglieds folgend aus ihrer Schließposition ausgelenkt wird. Daher ermöglicht der Direktantrieb besonders schnelle Schaltzeiten und exakte Regelbarkeit, insbesondere in Kombination mit einer Closed-Loop-Regelung. Allerdings ist der damit realisierbare Schaltweg auf die maximalen Auslenkung des Stellglieds beschränkt. Bei einem Piezostack sind dies beispielsweise nur etwa 60 bis 70 Mikrometer. Ein derart kleiner Nadelhub ist jedoch ungünstig, um größere Flüssigkeitsmengen zu fördern. Zur Überwindung dieses Nachteils ist ein aufwendigerer Aufbau des Direktantriebs notwendig, was sich unter anderem auch in höheren Herstellungskosten niederschlägt.

[0005] Um einen höheren Ventilnadelhub zu realisieren, können auch hydraulische Antriebseinrichtungen verwendet werden. Bei diesem Antriebskonzept wird unter Ausnutzung unterschiedlicher Druckverhältnisse innerhalb der Ventilvorrichtung eine die Auslenkung der Ventilnadel bewirkende hydraulische Kraft erzeugt. Bei dem beispielsweise mittels eines Servoventils angesteuerten hydraulischen Antrieb erfolgt die Auslenkung der Ventilnadel im ballistischen Flug, wodurch ein im Vergleich zum elektrischen Direktantrieb deutlich größerer Nadelhub ermöglicht wird. Allerdings sind aufgrund des indirekten Ansprechens der Ventilnadel auf die Steuerung die Möglichkeiten einer Closed-Loop-Regelung und damit auch die präzise Einspritzung kleinster Flüssigkeitsmengen bei diesem Antriebskonzept deutlich eingeschränkt.

[0006] Eine gattungsgemäße Ventilvorrichtung wird in der DE 10 2005 041 994 gezeigt.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Antriebskonzept für eine Ventilvorrichtung zur Förderung von Flüssigkeiten bereitzustellen, das sowohl eine präzise Verteilung kleiner Flüssigkeitsmengen als auch einen höheren Ventilnadelhub zur Förderung größerer Flüssigkeitsmengen ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch eine Ventilvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den untergeordneten Ansprüchen angegeben.

[0008] Die erfindungsgemäße Ventilvorrichtung zur Förderung einer Flüssigkeit weist ein Gehäuse, eine in einer Ventilnadelkammer des Gehäuses auslenkbar angeordnete Ventilnadel sowie eine Antriebseinrichtung für die Ventilnadel auf. Dabei umfasst die Antriebseinrichtung eine elektrische Antriebskomponente, die eine direkte Auslenkung der Ventilnadel bewirkt sowie eine hydraulische Antriebskomponente, die zusätzlich zur elektrischen Antriebskomponente aktivierbar ist und eine ballistische Auslenkung der Ventilnadel bewirkt. Durch die Kombination der beiden Antriebskonzepte in der Antriebeinrichtung können die Vorteile beider Antriebe genutzt werden. So erlaubt die als Direktantrieb wirkende elektrische Antriebskomponente eine sehr genaue Ventilnadelsteuerung bei der Einspritzung kleiner Flüssigkeitsmengen. Auch lässt sich der Direktantrieb aufgrund des schnellen Ansprechverhaltens der Ventilnadel mit einer Closed-Loop Regelung kombinieren, wodurch die Präzi-

sion bei der Ventilnadelsteuerung gesteigert werden kann. Hingegen kann mithilfe der hydraulischen Antriebskomponente eine relativ große Auslenkung der Ventilnadel und somit die Einspritzung größerer Flüssigkeitsmengen, beispielsweise während der Haupteinspritzphase, erreicht werden. Die Kombination der beiden Antriebskonzepte geht auch mit einer Reduktion der Herstellungskosten einher, da lediglich ein kürzerer Piezostack benötigt wird.

[0009] In einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Antriebeinrichtung ausgebildet ist, die Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente durch die elektrische Antriebskomponente zu bewirken. Hierdurch wird eine automatische Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente ermöglicht. Da in diesem Fall die beiden Betriebsarten, nämlich "reiner elektrischer Betrieb" und "gemischter Betrieb", lediglich mithilfe der zur Steuerung der elektrischen Antriebskomponente verwendeten Mittel gesteuert werden, wird damit ein vereinfachter und daher auch kostengünstiger Aufbau ermöglicht.

[0010] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die hydraulische Antriebskomponente als Servoventil ausgebildet ist, welches die Ventilnadelkammer mit einem Niederdruckkanal verbindet, wobei das Servoventil ein Ventilelement umfasst, das durch die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente aus einer geschlossenen Stellung in eine geöffnete Stellung übergeführt wird. Derartige Servoventile erlauben einen relativ großen Nadelhub. Die direkte Aktivierung des Ventilelements durch die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente erlaubt die Realisierung einer besonders einfachen automatischen Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente.

[0011] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente erst nach Überwindung einer Aktivierungsschwelle zu einer Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente führt, wobei die Aktivierungsschwelle durch eine Toleranz in der mechanischen Übertragungsstrecke von der elektrischen Antriebskomponente zum Ventilelement vorgegeben ist. Durch Bestimmen der Toleranz lässt sich auf eine besonders einfache Weise der maximale Nadelhub festlegen, der mithilfe der elektrischen Abtriebskomponente ohne Zuschaltung des hydraulischen Antriebs bewirkt werden kann. In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die mechanische Übertragungsstrecke von der elektrischen Antriebskomponente zum Ventilelement wenigstens ein mechanisches Übertragungselement umfasst, mit Hilfe dessen die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente auf das Ventilelement der hydraulischen Antriebskomponente übertragen wird. Der Einsatz mechanischer Übertragungselemente erlaubt eine Optimierung der Übertragung der Bewegung des elektrischen Antriebs auf das Ventilelement und somit das Öffnungsverhalten des Ventilelements. Darüber hinaus können bei mechanischen Übertragungselementen besonders leicht Toleranzen realisiert werden, die eine Aktivierung der hydraulischen Komponente erst nach Überwindung eines vorgegebenen Nadelhubs er-möglichen.

[0012] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass das Übertragungselement stiftförmig ausgebildet ist. Dies erlaubt eine direkte und daher einfache Übertragung die Bewegung des elektrischen Antriebs auf das Ventilelement.

[0013] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die mechanische Übertragungsstrecke ein hebeiförmiges Übertragungselement umfasst, welches durch das stiftförmige Übertragungselement betätigt wird. Mithilfe des hebelförmigen Übertragungselements lässt sich die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente beliebig in eine Bewegung zur Aktivierung des Ventilelements umsetzen. Insbesondere lässt sich die Bewegungsrichtung umkehren, so dass das Ventilelement entgegen der Auslenkrichtung der elektrischen Antriebskomponente geöffnet wird.

[0014] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass zwischen den beiden Übertragungselementen eine Toleranz vorgesehen ist, die eine Auslenkung der Ventilnadel um eine vorgegebene Strecke ermöglicht, ohne dass eine Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente erfolgt. Hierdurch lässt sich auf eine einfache Weise eine automatische Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente realisieren, die erst ab einem vorgegebenen Nadelhub, d.h. erst nach Überwindung einer Aktivierungsschwelle erfolgt.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die elektrische Antriebskomponente ein Piezoelement, welches beim Anlegen einer elektrischen Spannung die gewünschte Auslenkung bewirkt. Solche Piezoelemente weisen ein schnelles Ansprechverhalten auf, weshalb sie insbesondere in Kombination mit einer geeigneten Regelung optimal zur präzisen Steuerung der Ventilnadel einsetzbar sind. Dies ist insbesondere bei der Einspritzung kleinster Flüssigkeitsmengen vom Vorteil. Ferner können Piezoelemente relativ kostengünstig hergestellt werden.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die elektrische Antriebskomponente mittels einer Closed-Loop-Regelung betrieben wird. Hierdurch lässt sich die Präzision der Ventilnadelsteuerung deutlich erhöhen.

[0017] Schließlich sieht eine weitere Ausführungsform vor, dass die Ventilvorrichtung als ein Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist. Aufgrund der kombinierten Eigenschaften der beiden Antriebskonzepte ist die erfindungsgemäße Ventilvorrichtung besonders geeignet für die Voreinspritzung und die Haupteinspritzung in einem Verbrennungsmotor. Bei einem Einspritzventil ermöglicht der gegenüber dem rein elektrischen Antrieb vergrößerte Nadelhub des kombinierten Antriebs ferner einen günstigeren Düsennadelwinkel, was sich positiv auf die Verbrennungsparameter auswirken kann.

[0018] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von

Zeichnungen näher beschreiben. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine als Einspritzventil ausgebildete Ventilvorrichtung mit einer erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung;

Fig. 2 die Antriebseinrichtung der Einspritzventilvorrichtung aus Figur 1 in Ruhestellung;

Fig. 3 die Antriebseinrichtung aus Figur 2 mit einer mittels Direktantrieb geringfügig ausgelenkten Ventilnadel,

Fig. 4 die Antriebseinrichtung aus den Figuren 2 und 3 im Servobetrieb mit einer Ventilnadel im ballistischen Flug,

Fig. 5 ein Zeitdiagramm, in dem beispielhaft ein Einspritzvorgang des erfindungsgemäßen Einspritzventils mit Vor- und Haupteinspritzung dargestellt ist.

[0019] Die Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Ventilvorrichtung 100 zur Förderung schmierender und nicht schmierender Flüssigkeiten. Bei der hier dargestellten Ventilvorrichtung handelt es sich vorzugsweise um ein Kraftstoffeinspritzventil für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs. Das Einspritzventil 100 umfasst ein Gehäuse 110. Das in der Regel mehrteilig aufgebaute Gehäuse umfasst einen oberen und einen unteren Gehäuseteil 111, 112, wobei die Aufteilung des Gehäuses je nach Anwendung variieren kann. Die Ventilvorrichtung 100 umfasst ferner eine in einer Ventilnadelkammer 113 im Inneren des Gehäuses 110 angeordnete Ventilnadel 120. Die Ventilnadel 120 steuert eine im unteren Teil des Gehäuses 110 vorgesehene Einspritzdüse (hier nicht gezeigt), durch die unter hohem Druck stehender Kraftstoff in den Brennraum abgegeben wird. Die Zuführung des Kraftstoffs erfolgt dabei über einen im Gehäuse 110 verlaufenden Hochdruckkanal 116.

[0020] Die Ventilnadel 120 ist in axialer Richtung beweglich gelagert und umfasst typischerweise einen schaftförmigen Abschnitt 121, an dessen unteren Ende eine als Verschlusselement für die Öffnung der Einspritzdüse dienende Ventilnadelspitze 125 ausgebildet ist. Um sicherzustellen, dass das Einspritzventil vollständig schließt, wird die Ventilnadel 120 typischerweise mittels Federkraft in ihrem Ventilsitz gehalten. Hierzu ist im vorliegenden Beispiel eine spiralförmige Druckfeder 130 vorgesehen, die in einer durch einen Teil der Ventilnadelkammer 113 gebildeten Federkammer 150 untergebracht ist. Die an einem kragenförmigen Ventilnadelteil 124 ansetzende Druckfeder 130 übt auf die Ventilnadel 120 einen nach unten gerichteten Druck aus. Um das Einspritzventil zu öffnen, wird die Ventilnadel 120 daher gegen die Federkraft der Druckfeder 130 nach oben ausgelenkt. Hierzu ist eine Antriebseinrichtung 200 vorgesehen, die vorzugsweise im Gehäuse 110 der Ventilvorrichtung 100 integriert ist. Die Antriebseinrichtung 200 umfasst eine elektrische Antriebskomponente 210, das als Direktantrieb dient. Hierzu kommt grundsätzlich jeder geeignete elektrisch betriebene Aktor in Frage, der mithilfe elektrischer Signale, wie z. B. Strom- oder Spannungspulse, gesteuert wird. So werden in Einspritzventilen häufig aus piezoelektrischen Materialien bestehende Aktoren verwendet, bei denen eine Änderung der daran anliegenden elektrischen Spannung zu einer Ausdehnung bzw. Kontraktion führt. Solche Piezoaktoren werden typischerweise als sogenannte Piezostacks gefertigt, die aus mehreren übereinander angeordneten piezoelektrischen Schichten gebildet sind. Ferner werden auch elektromagnetische Aktoren verwendet, bei dem die gewünschte Auslenkung durch Anlegen entsprechender Strompulse bewirkt wird.

[0021] Im vorliegenden Fall wird die elektrische Antriebskomponente durch einen Piezostack 210 gebildet. Der in einer inneren Gehäusekammer untergebrachte Piezostack 210 ist zylinderförmig ausgebildet und weist eine zentrale Bohrung 211 zur Aufnahme des schaftförmigen Teils 121 der Ventilnadel 120 auf. Wie in der Figur 1 gezeigt ist, füllt der Piezostack 210 die innere Gehäusekammer nicht vollständig aus, wodurch oberhalb des Piezostacks 210 eine Druckkammer 114 zur Aufnahme einer Tellerstruktur 121 der Ventilnadel 120 gebildet wird. Die Tellerstruktur 121 bildet dabei den oberen Abschluss der Ventilnadel 120 und ist mit dem schaftförmigen Ventilnadelteil 121 verbunden, der innerhalb der Bohrung 211 verläuft. Auf dem zylinderförmigen Piezostack 210 liegt ein scheibenförmiges Ringelement 212 auf, das zur Abstützung des Ventilnadeltellers 121 dient. Beim Ausdehnen des Piezostacks 210 wird der Ventilnadelteller 122 von dem darunter angeordneten Ringelement 212 mitgenommen, wodurch die Ventilnadel 120 entgegen der Kraft der Druckfeder 130 ausgelenkt und die Düsenöffnung freigegeben wird. Aufgrund des mechanischen Kontakts zwischen Piezostack 210, Ringelement 212 und Ventilnadelteller 122 während der Auslenkung reagiert die Ventilnadel 120 dabei unmittelbar auf die Bewegung des Piezostacks 210. Damit ist insbesondere in Kombination mit einer Closed-Loop-Regelung eine sehr schnelle und präzise Steuerung der Ventilnadel 120 möglich. Allerdings ist die Auslenkung der Ventilnadel 120 im reinen Direktbetrieb durch die maximale Auslenkung des Piezostacks 210 begrenzt.

[0022] Die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung 200 weist daher zusätzlich auch einen hydraulischen Antrieb 220 auf, der im vorliegenden Fall als ein die Druckkammer 114 mit einem Niederdruckkanal 117 verbindendes Servoventil ausgebildet ist. Das Servoventil 220 umfasst dabei ein konisches Ventilelement 221, das eine ebenfalls konisch geformte Ventilöffnung im oberen Deckenelement der Druckkammer 114 verschließt. Zum Öffnen des Servoventils 220 dient ein in einer Seitenkammer 118 des Niederdruckkanals 117 angeordnetes bogenförmiges Hebelelement 223, das an dem Ventilelement 221 ansetzt und mittels eines stiftförmigen Übertragungselements 213 betätigt wird. Das stiftförmige

Übertragungselement 213 ist in einer Bohrung des oberen Deckenelements der Druckkammer 114 geführt angeordnet und liegt mit seinem unteren Ende auf dem Ringelement 212 auf. Hierzu ist im tellerförmigen Abschlusselement 122 der Ventilnadel 120 eine entsprechende Öffnung mit genügend Toleranz zum stiftförmigen Übertragungselement 213 vorgesehen. Die beiden Übertragungselemente 213, 223 sind dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass sie sich im geschlossenem Zustand der Ventilvorrichtung 200 nicht berühren und die Betätigung des bogenförmigen Übertragungselements 223 somit erst nach Überwindung einer durch ihren Abstand 214 vorgegebenen Strecke erfolgt. Hierdurch wird sichergestellt, dass die hydraulische Antriebskomponente 220 erst nach Überwindung einer Aktivierungsschwelle, d. h. erst ab einer größeren Auslenkung der Ventilnadel 120 mittels des Piezostacks 210, aktiviert wird. Mithilfe des zwischen den beiden Übertragungselementen 213, 223 gebildeten Spalts 214 ist somit eine Aktivierungsschwelle der hydraulischen Antriebskomponente 220 realisiert. Die Spaltbreite bestimmt dabei den maximalen Ventilnadelhub, der ohne Zuschaltung des hydraulischen Antriebs 220 erfolgen kann. Eine entsprechende Aktivierungsschwelle kann jedoch auch mittels entsprechender Toleranzen an anderen Punkten der die beiden Übertragungselemente 213, 223 umfassenden mechanischen Übertragungsstrecke von der elektrischen Antriebskomponente 210 zum Ventilelement 221 realisiert werden.

[0023] Im Folgenden wird die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Ventilvorrichtung näher beschrieben. Dazu zeigt die Figur 2 einen Ausschnitt der Antriebseinrichtung 200 aus der Figur 1. Um sicherzustellen, dass die Ventilnadel die Düsenöffnung im geschlossenen Zustand des Einspritzventils dicht verschließt, liegt das tellerförmige Abschlusselement 122 der Ventilnadel 120 nicht direkt auf dem Ringelement 212 auf. Vielmehr werden beide Elemente durch einen geringen Spalt voneinander getrennt, durch den ein so genannter Leerhub definiert wird. Erst nach Überwindung des Leerhubs kommen die beiden Elemente miteinander in Kontakt (hier nicht gezeigt). Die Figur 2 stellt die Ausgangssituation dar, in der die Ventilnadel 120 mit der Kraft der Druckfeder 130 in den Ventilsitz gepresst wird und das Einspritzdüse folglich geschlossen hält. Da die gesamte Ventilnadelkammer 113 hydraulisch mit dem Hochdruckkanal 116 kommuniziert, herrscht der hohe Kraftstoffdruck zu diesem Zeitpunkt auch in der Druckkammer 114 vor. Da auch das Servoventil 220 noch geschlossen ist, sind die Druckverhältnisse in der gesamten Druckkammer 114, d.h., oberhalb und unterhalb des tellerförmigen Abschlusselements 122 der Ventilnadel 120, im Wesentlichen ausgeglichen.

[0024] Durch Ansteuern des Direktantriebs, was im vorliegenden Beispiel durch Anlegen einer entsprechenden elektrischen Spannung am Piezostack erfolgt, dehnt sich der Piezoaktor 210 in Richtung des Ventilnadeltellers 122 aus. Nach Überwindung des Leerhubs wird der Ventilnadelteller 122 vom Ringelement 212 mitgenommen, was zu einer Auslenkung der Ventilnadel 120 aus ihrer Ruhelage führt. Eine entsprechende Situation ist in der Figur 3 dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass eine geringe Auslenkung der Ventilnadel 120 die Spaltbreite 214 zwischen den beiden Übertragungselementen 213, 223 reduziert ohne dass das Servoventil 220 aktiviert wird. Daher kann durch Anlegen einer entsprechend kleinen Spannung am Piezostack 210 eine präzise Öffnung des Einspritzventils bewirkt werden, um beispielsweise während der Voreinspritzung eine kleinste Kraftstoffmenge in den Brennraum einzuspritzen.

[0025] Wird am Direktantrieb 210 hingegen eine ausreichend große Spannung angelegt, so kommt es durch eine entsprechend große Ausdehnung des Piezostacks zum Kontakt der beiden Übertragungselemente 213, 223 und anschließend zur Aktivierung des Servoventils 220, wobei das kegelförmige Ventilelement 221 mittels des Hebels 223 aus seinem Ventilsitz gehoben wird. Diese Situation ist in Figur 4 gezeigt. Durch das Öffnen des Servoventils 220 kommt es im oberen Teil der Druckkammer 114 zu einem schlagartigen Druckabfall, da hier die unter Druck stehende Flüssigkeit durch das Servoventil 220 und den Niederdruckkanal 117 schneller entweichen als über die Verbindung zum Hochdruckkanal 116 nachfließen kann. Da im unteren Teil der Druckkammer 114 zu diesem Zeitpunkt im Wesentlichen noch Hochdruck herrscht, verursacht der plötzliche Druckabfall im oberen Teil der Druckkammer 114 eine auf den Ventilnadelteller 122 und folglich auf die gesamte Ventilnadel 120 in Richtung des Druckgefälles wirkende Kraft. Bei der hierdurch initiierten zweiten Antriebsphase der Ventilnadel 120 hebt der Ventilnadelteller 122 vom Ringelement 212 ab und legt zusammen mit der gesamten Ventilnadel 120 eine von den jeweiligen hydraulischen Parametern abhängige Strecke in ballistischem Flug zurück. Die deutlich größere Auslenkung der Ventilnadel 120 während der ballistischen Flugphase erzeugt eine entsprechend große Öffnung der Einspritzdüse, wodurch eine größere Flüssigkeitsmenge befördert wird. Deshalb eignet sich dieser hydraulisch unterstützte Betriebsmodus besonders gut zur Kraftstoffeinspritzung während der Haupteinspritzphase eines Verbrennungsmotors.

[0026] Sobald sich die Druckverhältnisse innerhalb der Druckkammer 114 durch Nachfließen von Flüssigkeit im Wesentlichen ausgeglichen haben, wird die Ventilnadel durch die Druckfeder 130 zurück Richtung Ventilöffnung gedrückt und das Einspritzventil wieder geschlossen. Dieser Prozess kann durch vorzeitiges Schließen des Servoventils 220 beeinflusst werden, was durch eine entsprechende Kontraktion des Piezostacks 210 bewirkt werden kann. Dabei wird das Ventilelement 221 von der zwischen Druckkammer 114 und Niederdruckkanal 117 herrschenden Druckdifferenz wieder in seinen Ventilsitz gepresst, wodurch der Druckabfall über den Niederdruckkanal 117 schlagartig beendet wird. Der Schließvorgang kann dabei mittels eines Federelements

unterstützt werden, die das Ventilelement 221 in seinen Ventilsitz drückt (hier nicht gezeigt).

[0027] Figur 5 zeigt eine weitere alternative Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Ventilvorrichtung 100, bei der die Ventilnadel 120 ebenfalls hydraulisch unterstützt in einen ballistischen Flug übergeführt wird, sobald die Auslenkung der Ventilnadel 120 einen vorgegebenen Nadelhub überschreitet. Dabei ist die elektrische Antriebskomponente 210 im Wesentlichen analog zu der entsprechenden Antriebskomponente aus den Figuren 1 bis 4 ausgebildet. Im Unterschied zu den in den vorhergehenden Figuren gezeigten Ausführungsbeispielen ist das Servoventil des hier gezeigten Einspritzventils 200 jedoch so angeordnet, dass die Öffnung des Ventilelements 221 nunmehr in Ausdehnungsrichtung des Piezostacks 210 erfolgt. Hierdurch kann die Auslenkung des Piezoelements 210 über ein einfaches stiftförmiges Übertragungselement 224 direkt auf das Ventilelement 221 übertragen werden. Wie in der Figur 5 gezeigt ist, sitzt das Übertragungselement 224 dabei nicht direkt auf dem Ringelement 214 auf. Der zwischen den beiden Elementen 212, 224 vorgesehene Spalt 214 bestimmt entsprechend die Aktivierungsschwelle, also die maximale Strecke, um welche die Ventilnadel 120 lediglich mittels des Direktantriebs 210 ohne die Unterstützung durch die hydraulische Antriebskomponente 220 ausgelenkt werden kann. Beim Erreichen der Aktivierungsschwelle kommt es zum Kontakt des Ringelements 212 mit dem Übertragungselement 224, was bei einer weiteren Auslenkung des Piezostacks 210 zum Abheben des Ventilelements 221 aus seinem Ventilsitz führt. Hierdurch wird durch den Kanal 119 und das Servoventil 220 ähnlich dem ersten Ausführungsbeispiel eine hydraulische Verbindung der Druckkammer 114 mit dem Niederdruckkanal 117 hergestellt.

[0028] Die Figur 6 zeigt einen möglichen Einspritzvorgang, bei dem Kraftstoff mithilfe des erfindungsgemäßen Einspritzventils in mehreren Einzelspritzungen den Brennraum eines Verbrennungsmotors injiziert wird. Zur Konditionierung des Verbrennungsmotors werden dabei im Rahmen einer Voreinspritzung, die im Vorfeld der Haupteinspritzung erfolgt, bereits kleine bzw. kleinste Kraftstoffmengen 301 eingespritzt. Die Kleinstmengeneinspritzung erfolgt dabei vorzugsweise im rein elektrischen Berieb, wobei die Auslenkung der Ventilnadel lediglich durch den Direktantrieb erfolgt. Hierzu wird der Piezoaktor lediglich gering angesteuert, so dass seine geringe Auslenkung noch nicht zur Aktivierung des Servoventils führt. Hingegen wird am Piezoaktor während der darauf folgenden Haupteinspritzphase eine relativ starke elektrische Spannung angelegt, um durch die entsprechend große Auslenkung des Piezoaktors eine Aktivierung des Servoventils zu erreichen. Nach Aktivierung des Servoventils erreicht die Ventilnadel im ballistischen Flug einen größeren Nadelhub, was sich in deutlich größeren Einspritzmengen 302 bemerkbar macht.

[0029] Den Haupteinspritzungen können ferner auch sogenannte Nacheinspritzungen folgen, um den Energiegehalt der Abgase für die Abgasnachbehandlung zu erhöhen. Da bei einer Nacheinspritzung ebenfalls nur sehr kleine Kraftstoffmengen in den Brennraum eingespritzt werden, genügt es in diesem Fall, das Einspritzventil lediglich mittels Direktantrieb zu öffnen. Die anhand der Figuren erläuterten Ausführungsformen stellen lediglich bevorzugte beziehungsweise beispielhafte Ausgestaltungen der Erfindung dar. Neben den beschriebenen und abgebildeten Ausführungsformen sind weitere Ausführungsformen vorstellbar, welche weitere Abwandlungen sowie Kombinationen von Merkmalen umfassen können. Insbesondere kann die hier im Zusammenhang mit Kraftstoffeinspritzung offenbarte Ventilvorrichtung auch zur Förderung oder Portionierung anderer schmierender oder nicht schmierender Flüssigkeiten verwendet werden.

Patentansprüche

1. Ventilvorrichtung (100) zur Förderung einer Flüssigkeit mit einem Gehäuse (110), einer in einer Ventilnadelkammer (113) des Gehäuses (110) auslenkbar angeordneten Ventilnadel (120) und einer Antriebseinrichtung (200) für die Ventilnadel (120),
wobei die Antriebseinrichtung (200) eine elektrische Antriebskomponente (210) umfasst, die eine direkte Auslenkung der Ventilnadel (120) bewirkt, wobei
die Antriebseinrichtung (200) ferner eine hydraulische Antriebskomponente (220) umfasst, die zusätzlich zur elektrischen Antriebskomponente (210) aktivierbar ist und eine ballistische Auslenkung der Ventilnadel (120) bewirkt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hydraulische Antriebskomponente (220) als Servoventil ausgebildet ist, das die Ventilnadelkammer (113) mit einem Niederdruckkanal (117) verbindet, wobei das Servoventil (220) ein Ventilelement (221) umfasst, das durch die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente (210) aus einer geschlossenen Stellung in eine geöffnete Stellung überführbar ist und, dass die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente (210) erst nach Überwindung einer Aktivierungsschwelle zu einer Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente (220) führt,
wobei die Aktivierungsschwelle durch eine Toleranz (214) in der mechanischen Übertragungsstrecke von der elektrischen Antriebskomponente (210) zum Ventilelement (221) vorgegeben ist.

2. Ventilvorrichtung (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Antriebseinrichtung (200) ausgebildet ist, die Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente (220) durch die elektrische Antriebskomponente (210) zu bewirken.

3. Ventilvorrichtung (100) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass die mechanische Übertragungsstrecke von der elektrischen Antriebskomponente (210) zum Ventilelement (221) wenigstens ein mechanisches Übertragungselement (213, 224, 232) umfasst, welches die Auslenkung der elektrischen Antriebskomponente (210) auf das Ventilelement (221) der hydraulischen Antriebskomponente (220) überträgt.

4. Ventilvorrichtung (100) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Übertragungselement (213, 224) stiftförmig ausgebildet ist.

5. Ventilvorrichtung (100) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die mechanische Übertragungsstrecke ein hebelförmiges Übertragungselement (223) umfasst, welches durch das stiftförmige Übertragungselement (224) betätigt wird.

6. Ventilvorrichtung (100) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen den beiden Übertragungselementen (223, 224) eine Toleranz (214) vorgesehen ist, die eine Auslenkung der Ventilnadel (120) um eine vorgegebene Strecke ermöglicht, ohne dass eine Aktivierung der hydraulischen Antriebskomponente (220) erfolgt.

7. Ventilvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrische Antriebskomponente (210) ein Piezoelement umfasst, welches beim Anlegen einer elektrischen Spannung die gewünschte Auslenkung bewirkt.

8. Ventilvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrische Antriebskomponente (210) mittels einer Closed-Loop-Regelung betrieben wird.

9. Ventilvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ventilvorrichtung (100) als ein Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist.

Claims

1. Valve apparatus (100) for delivering a liquid, having a housing (110), having a valve needle (120) which is arranged, such that it can be deflected, in a valve needle chamber (113) of the housing (110), and having a drive device (200) for the valve needle (120), wherein the drive device (200) comprises an electric drive component (210) which effects a direct deflection of the valve needle (120), wherein
the drive device (200) also comprises a hydraulic drive component (220) which can be activated in addition to the electric drive component (210) and which effects a ballistic deflection of the valve needle (120), **characterized**
in that the hydraulic drive component (220) is in the form of a servo valve which connects the valve needle chamber (113) to a low-pressure duct (117), wherein the servo valve (220) comprises a valve element (221) which can be moved from a closed position into an open position by the deflection of the electric drive component (210), and
in that the deflection of the electric drive component (210) leads to an activation of the hydraulic drive component (220) only after an activation threshold is overcome,
wherein the activation threshold is predefined by a tolerance (214) in the mechanical transmission path from the electric drive component (210) to the valve element (221).

2. Valve apparatus (100) according to Claim 1, **characterized**
in that the drive device (200) is designed to effect the activation of the hydraulic drive component (220) by means of the electric drive component (210).

3. Valve apparatus (100) according to Claim 1 or 2, **characterized**
in that the mechanical transmission path from the electric drive component (210) to the valve element (221) comprises at least one mechanical transmission element (213, 224, 232) which transmits the deflection of the electric drive component (210) to the valve element (221) of the hydraulic drive component (220).

4. Valve apparatus (100) according to Claim 3, **characterized**
in that the transmission element (213, 224) is of pin-like form.

5. Valve apparatus (100) according to Claim 4, **characterized**
in that the mechanical transmission path comprises a lever-like transmission element (223) which is actuated by the pin-like transmission element (224).

6. Valve apparatus (100) according to Claim 5, **characterized**
in that, between the two transmission elements (223, 224), a tolerance (214) is provided which permits a deflection of the valve needle (120) by a predefined distance without an activation of the hydrau-

lic drive component (220) taking place.

7. Valve apparatus (100) according to one of the preceding claims,
characterized
in that the electric drive component (210) comprises a piezo element which effects the desired deflection when an electrical voltage is applied.

8. Valve apparatus (100) according to one of the preceding claims,
characterized
in that the electric drive component (210) is operated by means of closed loop regulation.

9. Valve apparatus (100) according to one of the preceding claims,
characterized
in that the valve apparatus (100) is formed as an injection valve for injecting fuel into a combustion chamber of an internal combustion engine.

Revendications

1. Dispositif à soupape (100) pour le refoulement d'un liquide, avec un boîtier (110), une aiguille de soupape (120), disposée de façon à pouvoir être déplacée dans une chambre d'aiguille de soupape (113) du boîtier (110) et un dispositif d'entraînement (200) pour l'aiguille de soupape (120),
le dispositif d'entraînement (200) comprenant un composant d'entraînement électrique (210) qui provoque un déplacement direct de l'aiguille de soupape (120),
le dispositif d'entraînement (200) comprenant en outre un composant d'entraînement hydraulique (220) qui peut être activé en plus du composant d'entraînement électrique (210) et provoque un déplacement balistique de l'aiguille de soupape (120), **caractérisé en ce que** le composant d'entraînement hydraulique (220) est conçu comme une servo-soupape qui relie la chambre d'aiguille de soupape (113) à un canal basse pression (117), la servo-soupape (220) comprenant un élément de soupape (221) qui peut être déplacée, grâce au déplacement du composant d'entraînement électrique (210), d'une position fermée vers une position ouverte et **en ce que** le déplacement du composant d'entraînement électrique (210) ne conduit à une activation du composant d'entraînement hydraulique (220) qu'après le dépassement d'un seuil d'activation,
le seuil d'activation étant prédéterminé par une tolérance (214) dans la chaîne de transmission mécanique du composant d'entraînement électrique (210) vers l'élément de soupape (221).

2. Dispositif à soupape (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif d'entraînement (200) est conçu pour provoquer l'activation du composant d'entraînement hydraulique (220) par l'intermédiaire du composant d'entraînement électrique (210).

3. Dispositif à soupape (100) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la chaîne de transmission mécanique du composant d'entraînement électrique (210) vers l'élément de soupape (221) comprend au moins un élément de transmission mécanique (213, 224, 232) qui transmet le déplacement du composant d'entraînement électrique (210) à l'élément de soupape (221) du composant d'entraînement hydraulique (220).

4. Dispositif à soupape (100) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'élément de transmission (213, 224) présente la forme d'une tige.

5. Dispositif à soupape (100) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la chaîne de transmission mécanique comprend un élément de transmission en forme de levier (223) qui est actionné par l'élément de transmission en forme de tige (224).

6. Dispositif à soupape (100) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que**, entre les deux éléments de transmission (223, 224), une tolérance (214) est prévue, qui permet un déplacement de l'aiguille de soupape (120) sur un trajet prédéterminé sans qu'une activation du composant d'entraînement hydraulique (220) ait lieu.

7. Dispositif à soupape (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composant d'entraînement électrique (210) comprend un élément piézo-électrique qui provoque, lors de l'application d'une tension électrique, le déplacement souhaité.

8. Dispositif à soupape (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composant d'entraînement électrique (210) fonctionne à l'aide d'une régulation à boucle fermée.

9. Dispositif à soupape (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif à soupape (100) est conçu comme une soupape d'injection pour l'injection de carburant dans la chambre à combustion d'un moteur à combustion.

Fig. 1

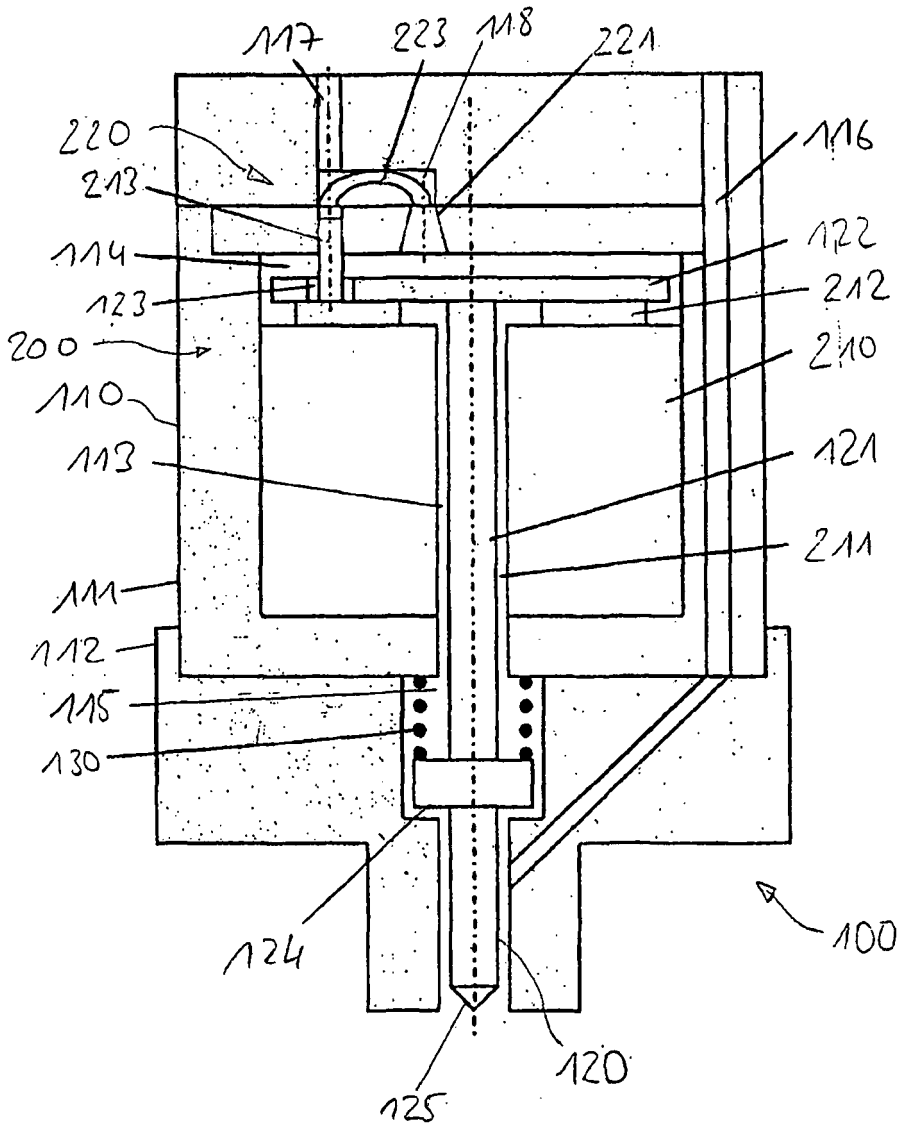

117
223
118
221
220
213
116
114
122
123
212
200
210
110
113
121
211
111
112
115
130
124
100
120
125

Fig. 2

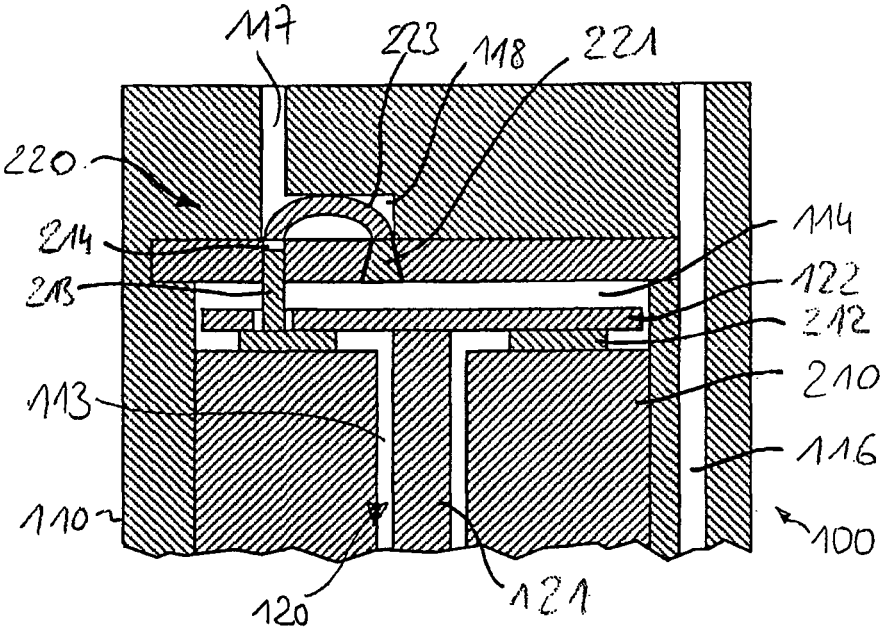

117
223
118
221
220
214
213
113
110
120
121
114
122
212
210
116
100

Fig. 3

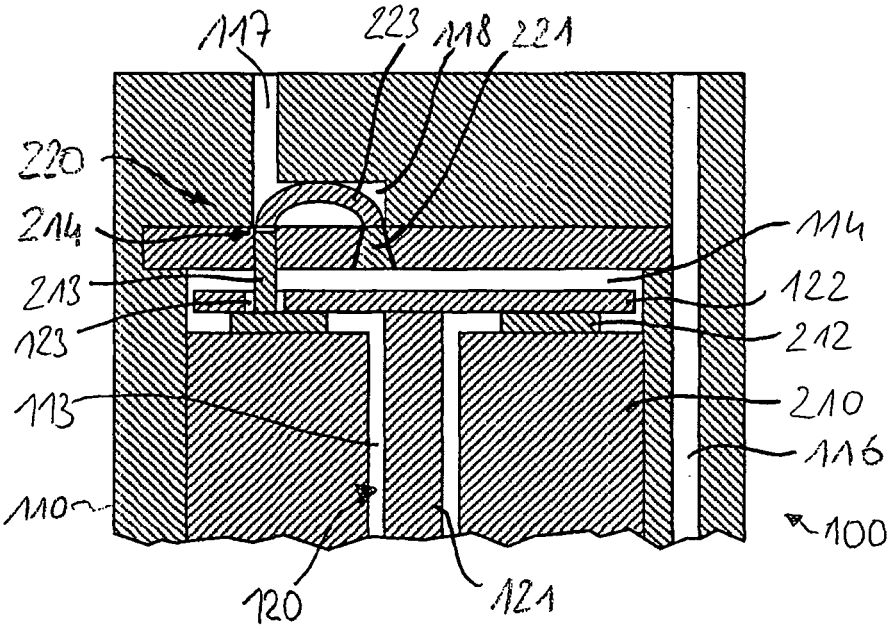

117
223
118
221
220
214
213
123
113
110
120
121
114
122
212
210
116
100

Fig. 4

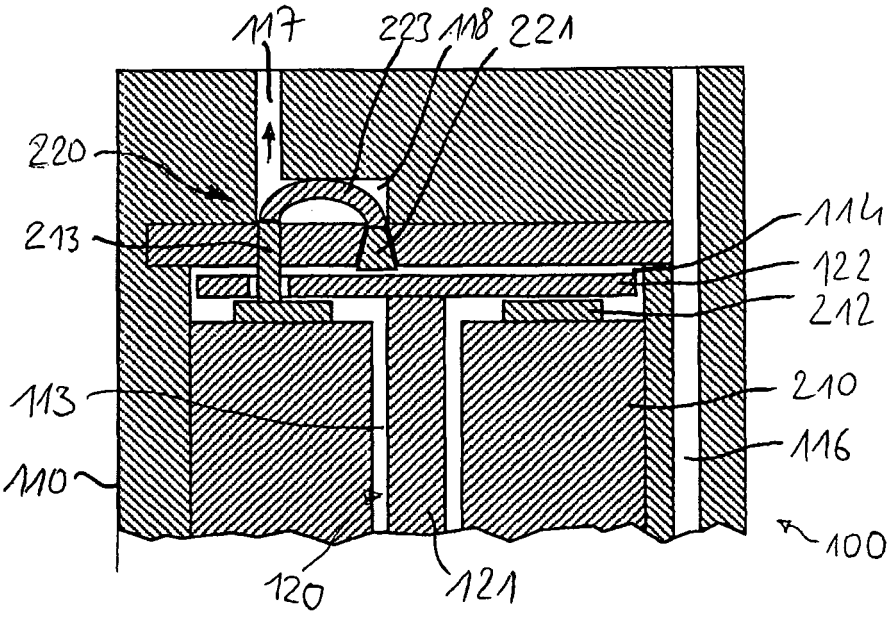

117
223
118
221
220
213
114
122
212
210
113
116
110
100
120
121

Fig. 5

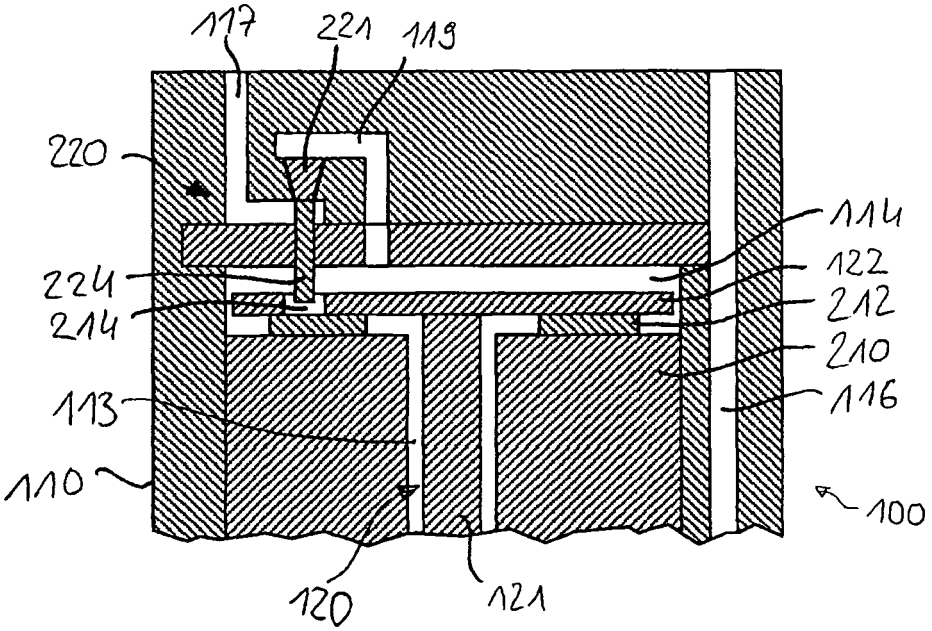
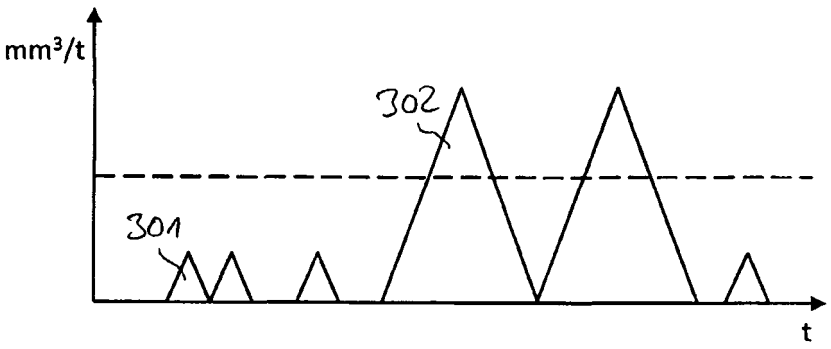

117
221
119
220
114
224
122
214
212
210
113
116
110
100
120
121

Fig. 6



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 102005041994 **[0006]**