



(10) **DE 10 2018 217 761 A1** 2020.04.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 217 761.9**

(22) Anmeldetag: **17.10.2018**

(43) Offenlegungstag: **23.04.2020**

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

F02M 21/02 (2006.01)

F02M 43/04 (2006.01)

F02B 7/06 (2006.01)

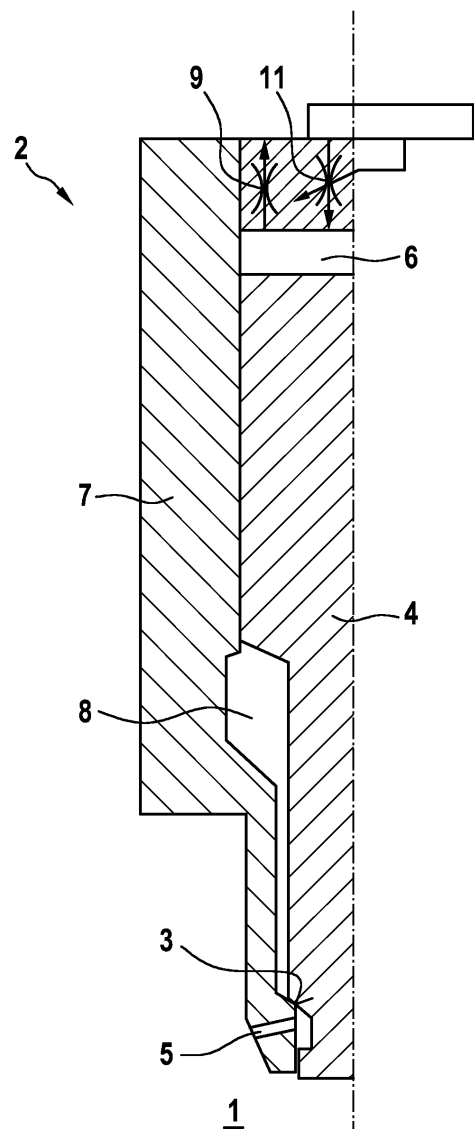
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Wessner, Jochen, 73728 Esslingen, DE; Katz,
Martin, 70469 Stuttgart, DE; Leibssle, Benedikt,
70191 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor (2) zum Einblasen gasförmiger Kraftstoffe in einen Brennraum (1) einer Brennkraftmaschine, umfassend mindestens eine mit einem Dichtsitz (3) zusammenwirkende hubbewegliche Düsennadel (4) zum Freigeben und Verschließen mindestens einer Einblasöffnung (5), wobei die Düsennadel (4) einen Steuerraum (6) begrenzt, der über eine Zulaufdrossel (11) mit einem hydraulischen Druckmittel, vorzugsweise mit flüssigem Kraftstoff, beaufschlagbar ist. Erfindungsgemäß weist die Zulaufdrossel (11) eine variable Drosselquerschnittsfläche auf, so dass über den Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum (6) die Geschwindigkeit der Düsennadel (4) beim Öffnen lastabhängig steuerbar ist. Die variable Drosselquerschnittsfläche wird dabei durch mindestens eine Öffnung (16) einer Hülse (20) ausgebildet, in der ein Kolben (12) zur Steuerung der mindestens einen Öffnung (16) hin- und herbeweglich gelagert und geführt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor zum Einblasen gasförmiger Kraftstoffe, wie beispielsweise Erdgas (NG, d. h. „Natural Gas“) in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Der Kraftstoffinjektor kann als Mono-Fuel-Injektor oder als Dual-Fuel-Injektor ausgebildet sein. Ist letzteres der Fall, kann der Kraftstoffinjektor zum Einblasen bzw. Einspritzen zweier unterschiedlicher Kraftstoff genutzt werden, beispielsweise eines gasförmigen und eines flüssigen Kraftstoffs. Mit Hilfe des flüssigen Kraftstoffs kann zum Beispiel der gasförmige Kraftstoff gezündet werden. Dies gilt insbesondere, wenn Dieselkraftstoff als flüssiger Kraftstoff verwendet wird.

Stand der Technik

[0003] Bei der Verbrennung gasförmiger Kraftstoffe werden zunehmend höhere Einblasdrücke verwirklicht, um bei Volllast Anforderungen zu erfüllen, wie sie an die Verbrennung von Dieselkraftstoff gestellt werden. Hohe Einblasdrücke führen jedoch zu Einblasraten, die bei Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine zu groß sind und bei der Umsetzung häufig mit einer unerwünschten Geräuschentwicklung und/oder erhöhten Emissionen einhergehen. Dies gilt es zu vermeiden.

[0004] Als Lösungsansatz kann ein Druckregelventil zur Gasdruckregelung an einem Speicherbehälter für den gasförmigen Kraftstoff vorgesehen werden, über den mindestens ein Kraftstoffinjektor mit gasförmigem Kraftstoff versorgbar ist. Die Gasdruckregelung über einen solchen Druckregler erfolgt jedoch aufgrund der hohen Kompressibilität des gasförmigen Kraftstoffs sehr langsam. Ferner fallen große Steuermengen an, die verloren gehen, da sie wegen des niedrigen Druckniveaus weder in den Gas-tank zurückgeführt, noch der Verbrennung zugeführt werden können. Ein Abblasen der anfallenden Steuermengen in die Umgebung ist aufgrund des hohen Erwärmungspotenzials („global warming“) ebenfalls nicht möglich.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Kraftstoffinjektor zum Einblasen gasförmiger Kraftstoffe anzugeben, der eine lastabhängige Formung der Einblasrate bei gleichbleibend hohem Gasdruck ermöglicht.

[0006] Zur Lösung der Aufgabe wird der Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Der vorgeschlagene Kraftstoffinjektor zum Einblasen gasförmiger Kraftstoffe in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine umfasst mindestens eine mit einem Dichtsitz zusammenwirkende hubbewegliche Düsennadel zum Freigeben und Verschließen mindestens einer Einblasöffnung. Die Düsennadel begrenzt dabei einen Steuerraum, der über eine Zulaufdrossel mit einem hydraulischen Druckmittel, vorzugsweise mit flüssigem Kraftstoff, beaufschlagbar ist. Erfindungsgemäß weist die Zulaufdrossel eine variable Drosselquerschnittsfläche auf, so dass über den Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum die Geschwindigkeit der Düsennadel beim Öffnen lastabhängig steuerbar ist. Die variable Drosselquerschnittsfläche wird dabei durch mindestens eine Öffnung einer Hülse ausgebildet, in der ein Kolben zur Steuerung der mindestens einen Öffnung hin- und herbeweglich gelagert und geführt ist.

[0008] Mit Hilfe der einstellbaren bzw. variablen Zulaufdrossel des vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors kann der Zulauf von hydraulischen Druckmittel in den Steuerraum des Kraftstoffinjektors lastabhängig gesteuert werden. Beispielsweise kann bei Teillast die Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel vergrößert werden, so dass der Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum erhöht wird. Dies hat zur Folge, dass der Steuerdruck im Steuerraum weniger schnell abgesenkt wird und die Düsennadel weniger schnell öffnet als bei Volllast.

[0009] Bei Teillast hebt demnach die Düsennadel mit einer geringeren Geschwindigkeit vom Dichtsitz ab, um den Strömungspfad in Richtung der mindestens einer Einblasöffnung freizugeben. Die Sitzentdrosselung erfolgt somit verzögert. Dies hat zur Folge, dass die Gasmenge und damit der Gasdruck vor der mindestens einer Einblasöffnung nur langsam ansteigen. Entsprechend weist auch die Einblasrate einen vergleichsweise flachen Anstieg bzw. eine flache Form auf. Im Ergebnis wird auf diese Weise ein langsamer, geräuscharmer Brennbeginn gefördert, und zwar bei unverändertem Gasversorgungsdruck. Eine Gasdruckregelung bzw. ein Gasdruckregler an einem Speicherbehälter für den gasförmigen Kraftstoff kann somit entfallen. Ferner kann das Gasversorgungsdruckniveau so hoch eingestellt werden, dass bei Volllast eine maximale Nadeldynamik für eine steil ansteigende Einblasrate erreicht wird, die anschließend auf einem hohen Niveau bleibt.

[0010] Um den Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum lastabhängig zu steuern, wird der Durchfluss durch die Zulaufdrossel variiert. Zur Durchflusssteuerung weist die Zulaufdrossel einen in einer Hülse hin- und herbeweglich aufgenommenen Kolben auf, der mit mindestens einer den variablen Drosselquerschnitt ausbildenden Öffnung der Hülse

zusammenwirkt. Über die Hülse ist der Kolben zugleich gelagert und geführt, so dass durch eine geeignete Werkstoffpaarung die Führung des Kolbens verbessert werden kann. Die Lagerung und die Führung des Kolbens in der Hülse erleichtern zudem die Abstimmung, so dass die Zulaufdrossel weniger toleranzbehaftet ist.

[0011] Darüber hinaus ermöglicht die Hülse in der Funktion als Gehäuse die Ausbildung einer vormontierten und geprüften Baugruppe, die besonders einfach zu montieren ist, da sie als Einheit im Kraftstoffinjektor verbaut wird. Die Hülse kann zudem mit unterschiedlichen Kolben kombiniert werden, so dass ein Baukastensystem geschaffen wird, das unterschiedlichen kundenspezifischen Anforderungen Rechnung trägt. In diesem Fall kann über die Hülse eine für alle Anwendungsfälle gleichbleibende Schnittstelle realisiert werden. Die unterschiedlichen Kolben können sich beispielsweise hinsichtlich ihrer Länge und/oder Form unterscheiden.

[0012] Vorteilhafterweise liegt am Kolben der Versorgungsdruck des hydraulischen Druckmittels an, so dass auf den Kolben eine hydraulische Druckkraft wirkt. Die Bewegung des Kolbens kann somit hydraulisch durch Verändern des Druckmittelversorgungsdrucks gesteuert werden.

[0013] Um eine Gegenkraft zu erzeugen, wird vorgeschlagen, dass der Kolben an einer Feder abgestützt ist. Das heißt, dass zur Lageveränderung des Kolbens in Bezug auf die Hülse einerseits eine hydraulische Druckkraft, andererseits die Federkraft einer Feder auf den Kolben einwirken. Bei einer Anhebung des Druckmittelversorgungsdrucks wird der Kolben entgegen der Federkraft der Feder verschoben. In Abhängigkeit von der Länge und/oder der Form des Kolbens kann über die Kolbenbewegung eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel bewirkt werden, so dass sich der Durchfluss durch die Zulaufdrossel erhöht oder verringert.

[0014] Über die Vorspannung der Feder kann die Lage des Kolbens an die Lage der mindestens einen Öffnung der Hülse angepasst werden, so dass die Abstimmung verbessert wird. Auf diese Weise können auch fertigungsbedingte Toleranzen ausgeglichen werden. Zum Einstellen der Federvorspannung kann eine Einstellscheibe vorgesehen sein, über welche die Feder abgestützt ist.

[0015] Alternativ oder ergänzend zur Kolbenabstützungsfunktion der Feder wird vorgeschlagen, dass der Kolben mit Hilfe der Feder gegen einen Endlage definierenden Anschlag vorgespannt ist. Der Anschlag definiert eine Endlage des Kolbens, so dass hierüber ein Minstdurchfluss durch die Zulaufdrossel vorgebar ist.

[0016] Sofern die Feder nur der Vorspannung des Kolbens gegen einen Anschlag dient, kann die erforderliche Gegenkraft zur hydraulischen Druckkraft auch dadurch erzeugt werden, dass der Kolben andernfalls mit dem im Steuerraum herrschenden Steuerdruck beaufschlagt wird. In Weiterbildung der Erfindung wird daher vorgeschlagen, dass der Kolben einen Druckraum begrenzt, der mit dem Steuerraum hydraulisch verbunden ist, so dass am Kolben der Steuerraumdruck anliegt. Die Feder zur Vorspannung des Kolbens muss in diesem Fall nur die Druckdifferenz ausgleichen, so dass sie vergleichsweise klein ausfallen kann, wodurch sich der Bauraumbedarf verringert.

[0017] Wird der Steuerraumdruck zur Erzeugung einer Gegenkraft genutzt, hat dies Auswirkungen auf die Geschwindigkeit der Düsennadel beim Öffnen und Schließen. Der Nadelgeschwindigkeitsverlauf weist in diesem Fall drei Abschnitte auf:

Abschnitt a) schnelles erstes Öffnen,

Abschnitt b) langsames weiteres Öffnen, und zwar lastpunktabhängig, sowie

Abschnitt c) schnelles Schließen.

[0018] Sofern der Kolben eine Anfangsposition einnehmen kann, in der die variable Drosselquerschnittsfläche vollständig verschlossen ist, kann eine zu Beginn sehr hohe Nadelgeschwindigkeit erreicht werden, da der Steuerdruck im Steuerraum sehr schnell abgesenkt und die Düsennadel geöffnet wird. Mit sinkendem Steuerdruck und in Abhängigkeit vom andernfalls am Kolben anliegenden Druckmittelversorgungsdruck öffnet der Kolben zumindest einen Teil der variablen Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel, so dass Druckmittel in den Steuerraum nachströmt und die Düsennadel entsprechend abgebremst wird. Beim Schließen der Düsennadel bleibt die Zulaufdrossel zunächst weiterhin geöffnet, bis der Steuerdruck im Steuerraum das Druckmittelversorgungsdruckniveau erreicht hat. Die Düsennadel befindet sich zu diesem Zeitpunkt bereits in ihrem Dichtsitz.

[0019] Wie eingangs bereits erwähnt, kann der Kolben der Zulaufdrossel unterschiedlich geformt sein. Beispielsweise kann der Kolben zur Ausbildung einer mit der mindestens einen Öffnung der Hülse zusammenwirkenden Steuerkante eine kantenbildende Stirnfläche oder einen kantenbildenden Absatz aufweisen. Ist letzteres der Fall, muss der Kolben als Stufenkolben, als gebauter Kolben und/oder als Kolben mit mindestens einer umlaufenden Ringnut ausgeführt sein. Über die Lage der Steuerkante in Bezug auf die mindestens eine Öffnung kann vorgegeben werden, ob sich der Durchfluss durch die Zulaufdrossel bei steigendem Druckmittelversorgungsdruck erhöht oder verringert.

[0020] In Abhängigkeit von der Form und/oder der Lage des Kolbens in Bezug auf die Hülse muss sichergestellt sein, dass der Kolben den Zulauf von hydraulischem Druckmittel nicht beeinträchtigt. Daher kann es von Vorteil sein, wenn der Kolben zumindest abschnittsweise hohlzylinderförmig ausgeführt ist, so dass der Zulaufpfad durch den Kolben hindurch führt. Alternativ oder ergänzend kann der Kolben zumindest abschnittsweise derart geformt sein, dass er gemeinsam mit der Hülse einen Ringraum begrenzt. Der Zulaufpfad führt in diesem Fall durch den Ringraum.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die mindestens eine Öffnung der Hülse im Bereich einer außenumfangseitig angeordneten, umlaufenden Ringnut ausgebildet, über welche die mindestens eine Öffnung mit einem in den Steuerraum mündenden Zulaufkanal verbunden ist. Die Ringnut ermöglicht eine über den Umfang der Hülse verteilte Anordnung von Öffnungen, und zwar unabhängig von der Winkellage der Hülse in Bezug auf den in den Steuerraum mündenden Zulaufkanal. Das heißt, dass nicht alle Öffnungen zwingend in Überdeckung mit dem Zulaufkanal gebracht werden müssen. Somit können auch in Längsrichtung der Hülse weitere Öffnungen vorgesehen werden, sofern sie innerhalb der Ringnut angeordnet werden. Die Ringnut kann dabei einen beliebigen Querschnitt aufweisen, beispielsweise rund oder eckig. Durch Ausnutzung der Umfangsrichtung der Hülse zur Anordnung der Öffnungen kann der Bauraumbedarf in axialer Richtung bzw. in Längsrichtung der Hülse reduziert werden.

[0022] Die Hülse ist vorzugsweise in eine Bohrung eingesetzt. Dient die Hülse als Gehäuse einer vormontierten und geprüften Baugruppe, kann diese als Einheit in die Bohrung eingesetzt werden. Zur Festlegung der Einbaulage der Hülse bzw. der Baugruppe wird vorgeschlagen, dass die Hülse über einen Ringbund an einem Absatz der Bohrung abgestützt ist. Auf diese Weise kann die Montage weiter vereinfacht werden.

[0023] Bevorzugt ist die Hülse mit einer weiteren Hülse zur Begrenzung eines Federraums verbunden. Der Federraum dient vorzugsweise der Aufnahme einer Feder, die zur Erzeugung einer Gegenkraft vorgesehen ist. Das heißt, dass der Kolben an der Feder abgestützt ist und entgegen der Federkraft der Feder bewegt werden kann. Um eine gleichmäßige Bewegung des Kolbens sicherzustellen, wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, dass der Federraum an einen Niederdruckbereich angeschlossen ist. Der Anschluss an den Niederdruckbereich ermöglicht einen Volumenausgleich, so dass die Bewegung des Kolbens nicht durch ein hydraulisches Druckpolster blockiert wird. Ist die Hülse endseitig geschlossen ausgeführt, kann zudem die Feder unmit-

telbar oder mittelbar über eine Einstellscheibe an der Hülse abgestützt werden.

[0024] Die mindestens eine zur Ausbildung der variablen Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel vorgesehene Öffnung kann beispielsweise durch eine oder mehrere Radialbohrungen gebildet werden. Eine Radialbohrung ist vergleichsweise einfach zu fertigen. Vorzugsweise sind mehrere Radialbohrungen in Bewegungsrichtung des Kolbens hintereinander angeordnet, so dass sich mit der Bewegung des Kolbens die Anzahl der freigegebenen Radialbohrungen erhöht oder verringert. Die Anordnung hintereinander erfolgt vorzugsweise in einer oder in mehreren Reihen. Bei einer mehrreihigen Anordnung können die Radialbohrungen benachbarter Reihen in Bewegungsrichtung des Kolbens versetzt zueinander angeordnet sein, um eine möglichst stetige Veränderung der Drosselquerschnittsfläche und damit des Durchflusses durch die Zulaufdrossel zu erreichen.

[0025] Alternativ können die mehreren Radialbohrungen zur Ausbildung der Drosselquerschnittsfläche auch spiralförmig angeordnet werden. Auf diese Weise kann ebenfalls eine stetige Vergrößerung oder Verkleinerung der Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel erreicht werden. Zur Darstellung einer nichtlinearen Kennlinie kann die Steigung der spiralförmigen Anordnung variiert werden.

[0026] Darüber hinaus kann die mindestens eine Öffnung durch mindestens einen Schlitz gebildet werden, der in Bewegungsrichtung des Kolbens eine gleichbleibende oder variierende Breite aufweist. Mit Hilfe eines Schlitzes, dessen Breite in Bewegungsrichtung des Kolbens variiert, kann wiederum eine nichtlineare Zu- oder Abnahme der Drosselquerschnittsfläche realisiert werden.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine Düsenbaugruppe eines erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors,

Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch eine erste Zulaufdrossel mit variabler Drosselquerschnittsfläche für einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor gemäß der **Fig. 1**,

Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt durch eine zweite Zulaufdrossel mit variabler Drosselquerschnittsfläche für einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor gemäß der **Fig. 1**,

Fig. 4 einen schematischen Längsschnitt durch eine dritte Zulaufdrossel mit variabler Drosselquerschnittsfläche für einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor gemäß der **Fig. 1** bei unbestromtem Steuerventil,

Fig. 5 einen schematischen Längsschnitt durch die Zulaufdrossel der **Fig. 4** bei bestromtem Steuerventil,

Fig. 6 Draufsichten auf verschiedene Öffnungsquerschnitte zur Ausbildung der variablen Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel, a) in einer Reihe angeordnete Einzelbohrungen und b) in mehreren Reihen sowie versetzt zueinander angeordnete Einzelbohrungen,

Fig. 7 Draufsichten auf verschiedene Öffnungsquerschnitte zur Ausbildung der variablen Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel, a) Schlitz mit gleichbleibender Breite und b) Schlitz mit variierender Breite, und

Fig. 8 eine graphische Darstellung des Nadelhubverlaufs und des Drosselquerschnitts der Zulaufdrossel über der Zeit eines Einspritzzyklus.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Der in der **Fig. 1** ausschnittsweise dargestellte Kraftstoffinjektor **2** umfasst einen Düsenkörper **7**, der einen Dichtsitz **3** für eine hubbewegliche Düsen-nadel **4** ausbildet. Über die Hubbewegung der Düsen-nadel **4** sind im Düsenkörper **7** ausgebildete Einblasöffnungen **5** freigebbar bzw. verschließbar. Bei angehobener Düsen-nadel **4** strömt ein gasförmiger Kraftstoff, beispielsweise Erdgas, aus einem Druckraum **8**, der zwischen dem Düsenkörper **7** und der Düsen-nadel **4** ausgebildet ist, in Richtung der Einblasöffnungen **5** und über die Einblasöffnungen **5** in einen Brennraum **1** einer Brennkraftmaschine.

[0029] Zum Öffnen der Düsen-nadel **4** wird der Steuerdruck in einem mit einem hydraulischen Druckmittel beaufschlagten Steuerraum **6** oberhalb der Düsen-nadel **4** abgesenkt. Der an der Düsen-nadel **4** anliegende Steuerdruck bewirkt eine hydraulische Schließkraft, welche die Düsen-nadel **4** im Dichtsitz **3** hält. Zum Öffnen wird der Steuerdruck im Steuerraum **6** gesenkt, so dass auf die Düsen-nadel **4** eine in Öffnungsrichtung wirkende resultierende Kraft wirkt.

[0030] Zum Senken des Steuerdrucks im Steuerraum **6** wird über ein Steuerventil **10** eine Verbindung des Steuerraums **6** mit einem Niederdruckbereich **19** hergestellt, so dass zumindest ein Teil des im Steuerraum **6** vorhandenen hydraulischen Druckmittels in den Niederdruckbereich **19** abströmt. Der Strömungspfad führt dabei über eine Ablaufdrossel **9**, die dem Steuerventil **10** vorgeschaltet ist. Soll der Steuerdruck im Steuerraum **6** wieder angehoben werden, wird das Steuerventil **10** geschlossen, so dass kein Druckmittel aus dem Steuerraum **6** mehr abzufließen vermag. Über eine Zulaufdrossel **11** wird zugleich der Steuerraum **6** mit hydraulischem Druckmittel befüllt. In der Folge steigt der Steuerdruck im Steuerraum **6** wieder an, so dass auf die Düsen-nadel **4**

eine in Schließrichtung resultierende Kraft wirkt und die Düsen-nadel **4** schließt.

[0031] Um bei Volllast der Brennkraftmaschine eine hohe Einblasrate zu erzielen, muss die Düsen-nadel **4** möglichst schnell geöffnet werden. Die Einblasrate weist in diesem Fall einen vergleichsweise steilen Anstieg auf. Bei Teillast dagegen ist ein anfänglich flacher Anstieg der Einblasrate wünschenswert, um einen langsamen und geräuscharmen Brennbeginn zu fördern.

[0032] Um dies zu erreichen, weist die Zulaufdrossel **11** des in der **Fig. 1** dargestellten erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektors **2** eine variable bzw. einstellbare Drosselquerschnittsfläche auf. Das heißt, dass der Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum **6** und damit der Steuerdruck im Steuerraum **6** über die Zulaufdrossel **11** gezielt veränderbar sind. Bei Teillast kann der Zulauf erhöht werden, so dass der Steuerdruck weniger schnell abfällt und die Düsen-nadel **4** weniger schnell öffnet als bei Volllast. Auf diese Weise kann eine lastabhängige Einblasratenformung erreicht werden. Der Gasversorgungsdruck kann dabei konstant auf demselben Druckniveau gehalten werden. Lediglich der Druckmittelversorgungsdruck wird variiert.

[0033] Mögliche Ausführungsformen einer Zulaufdrossel **11** mit variabler Drosselquerschnittsfläche für einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor sind beispielhaft in den **Fig. 2** bis **Fig. 5** dargestellt.

[0034] Bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** wird die variable Drosselquerschnittsfläche durch mehrere Öffnungen **16** ausgebildet, die als Radialbohrungen in einer Hülse **20** ausgeführt sind. Die Hülse **20** ist in eine Bohrung **15** eingesetzt, so dass die Öffnungen **16** auf Höhe eines Zulaufkanals **22** zu liegen kommen, der in den Steuerraum **6** mündet. Die Einbaulage der Hülse **20** ist durch einen Absatz **28** der Bohrung **15** vorgegeben, an dem die Hülse **20** über einen Ringbund **27** abgestützt ist. Da die Öffnungen **16** über den Umfang der Hülse **20** verteilt angeordnet sind, weist die Hülse außenumfangseitig eine umlaufende Ringnut **24** auf, über welche alle Öffnungen **16** mit dem Zulaufkanal **22** verbunden sind. Die Hülse **20** kann somit in einer beliebigen Winkellage verbaut werden.

[0035] Zur Steuerung der Öffnungen **16** ist in der Hülse **20** ein Kolben **12** hin- und herbeweglich aufgenommen. Stirnseitig bildet der Kolben **12** eine Steuerkante **17** aus, die mit den Öffnungen **16** der Hülse **20** zusammenwirkt. Stirnseitig wird der Kolben **12** zudem vom Druckmittelversorgungsdruck beaufschlagt. Da andernfalls der Kolben **12** an einer Feder **13** abgestützt ist, kann durch Anheben oder Senken des Druckmittelversorgungsdrucks die Kolbenlage und damit die Lage der Steuerkante **17** in Be-

zug auf die Öffnungen **16** verschoben werden. In Abhängigkeit vom Druckmittelversorgungsdruck verändert sich demnach die Anzahl der Öffnungen **16**, die freigegeben sind. Entsprechend verändert sich der Durchfluss durch die Zulaufdrossel **11**. Ein Mindestdurchfluss ist durch einen Anschlag **21** gewährleistet, der durch die Hülse **20** ausgebildet wird und den Hub des Kolbens **12** begrenzt. Der Kolben **12** weist hierzu einen mit dem Anschlag **21** zusammenwirkenden Ringbund **30** auf.

[0036] Über die Vorspannung der Feder **13** kann die Ausgangslage des Kolbens **12** beeinflusst werden. Um eine genaue Abstimmung vornehmen zu können, ist die Feder **13** an einer Einstellscheibe **14** abgestützt. Soll die Federvorspannung erhöht werden, kann eine entsprechend höhere Einstellscheibe gewählt werden. Die Einstellscheibe **14** wiederum ist an einer endseitig geschlossenen Hülse **25** abgestützt, die zur Begrenzung eines Federraums **18** in die Bohrung **15** eingesetzt ist. Über eine in der Hülse **25** ausgebildete Öffnung **29** ist der Federraum **18** an einen Niederdruckbereich **19'** angeschlossen, der bei einer Bewegung des Kolbens **12** einen Volumenausgleich ermöglicht.

[0037] Mit Hilfe der Hülsen **20** und **25** kann eine vormontierte und geprüfte Baugruppe realisiert werden, die einfach zu montieren ist, da sie nur noch in die Bohrung **15** eingesetzt werden muss. Ferner kann ein Baukastensystem mit einer Hülse **20** als gleichbleibende Schnittstelle geschaffen werden. Die Hülse **20** kann mit unterschiedlichen Kolben **12** kombiniert werden, die sich beispielsweise hinsichtlich ihrer Länge und/oder Form unterscheiden.

[0038] Eine abgewandelte Kolbenform ist beispielhaft der **Fig. 3** zu entnehmen. Hier wird die Steuerkante **17** durch einen Absatz des Kolbens **12** ausgebildet. Zugleich verlagert sich die Steuerkante **17** von oben nach unten in Bezug auf die Öffnungen **16**. Der dem Absatz vorgelagerte Bereich des Kolbens **12** ist hohlzylinderförmig ausgeführt, um weiterhin den Zulauf von hydraulischem Druckmittel zu ermöglichen. Im Übrigen entspricht das Ausführungsbeispiel dem der **Fig. 2**, so dass auf die zugehörige Beschreibung verwiesen wird.

[0039] Bei dem in den **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellten weiteren Ausführungsbeispiel wird der Kolben **12** einerseits vom Druckmittelversorgungsdruck, andererseits vom Steuerdruck im Steuerraum **6** beaufschlagt. Oberhalb des Kolbens **12** ist hierzu ein mit dem Steuerraum **6** verbundener Druckraum **23** angeordnet. Der am Kolben **12** anliegende Steuerraumdruck bewirkt eine hydraulische Gegenkraft, so dass die Feder **13** nur noch die Druckdifferenz auszugleichen hat. Zugleich ist der Kolben **12** über die Federkraft der Feder **13** gegen einen Anschlag **21** vorgespannt, der eine Endlage des Kolbens **12** definiert.

Um den Zulauf von hydraulischem Druckmittel zu gewährleisten, weist der Kolben **12** einen Abschnitt **31** mit verringertem Durchmesser auf, der mit der Hülse **20** einen Ringraum **26** ausbildend zusammenwirkt. Der Zulauf erfolgt somit über den Ringraum **26**.

[0040] Bei unbestromtem bzw. geschlossenem Steuerventil **10** herrscht im Steuerraum **6** ein dem Druckmittelversorgungsdruck entsprechendes Druckniveau. Der Kolben **12** liegt am Anschlag **21** an, so dass alle Öffnungen **16** verschlossen sind (siehe **Fig. 4**).

[0041] Wird das Steuerventil **10** bestromt (siehe **Fig. 5**), öffnet es und Druckmittel strömt aus dem Steuerraum **6** über die Ablaufdrossel **9** in den Niederdruckbereich **19** ab. Da die Zulaufdrossel **11** vollständig verschlossen ist, fällt der Steuerdruck im Steuerraum **6** sehr schnell ab. Dies hat zur Folge, dass auch die Düsennadel **4** sehr schnell öffnet. Mit dem Abfall des Steuerdrucks im Steuerraum **6** bewegt sich der Kolben **12** nach oben und gibt nacheinander die Öffnungen **16** frei. Über die Zulaufdrossel **11** strömt somit hydraulisches Druckmittel in den Steuerraum **6** nach, so dass die Bewegung der Düsennadel **4** beim Öffnen abgebremst wird. Die Düsennadel **4** öffnet nunmehr langsamer.

[0042] Ein entsprechender Nadelhubverlauf x (Kurve **A** bei Volllast und Kurve **A'** bei Teillast) sowie die zugehörige Drosselquerschnittsfläche A_z (Kurve **B** bei Volllast und Kurve **B'** bei Teillast) über die Zeit t ist in der **Fig. 8** dargestellt. Der **Fig. 8** ist ferner zu entnehmen, dass die Düsennadel **4** schließt, bevor der Kolben **12** über den ansteigenden Steuerraumdruck zurückgestellt wird.

[0043] In den **Fig. 6** und **Fig. 7** sind mögliche Öffnungsquerschnitte zur Ausbildung einer variablen Drosselquerschnittsfläche dargestellt.

[0044] Wie beispielhaft in den **Fig. 6a**) und **Fig. 6b**) dargestellt, kann die variable Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel **11** durch mehrere Öffnungen **16** in Form von Einzelbohrungen gebildet werden, die in einer Reihe (siehe **Fig. 6a**) oder in mehreren Reihen (siehe **Fig. 6b**) hintereinander angeordnet sind. Sofern die Anordnung in mehreren Reihen erfolgt, können die Einzelbohrungen benachbarter Reihen in Bewegungsrichtung des Kolbens **12** versetzt zueinander angeordnet sein (siehe **Fig. 6b**). Die Drosselquerschnittsfläche kann somit stetig vergrößert oder verkleinert werden.

[0045] Anstelle mehrerer hintereinander angeordneter Einzelbohrungen kann auch eine schlitzzartige Öffnung **16** vorgesehen werden, wie beispielhaft in den **Fig. 7a**) und **Fig. 7b**) dargestellt. Verändert sich die Breite der schlitzzförmigen Öffnung **16** in Bewegungsrichtung des Kolbens **12** (siehe **Fig. 7b**), kann ei-

ne nichtlineare Vergrößerung oder Verkleinerung der Drosselquerschnittsfläche der Zulaufdrossel **11** erreicht werden.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (2) zum Einblasen gasförmiger Kraftstoffe in einen Brennraum (1) einer Brennkraftmaschine, umfassend mindestens eine mit einem Dichtsitz (3) zusammenwirkende hubbewegliche Düsen-nadel (4) zum Freigeben und Verschließen mindestens einer Einblasöffnung (5), wobei die Düsen-nadel (4) einen Steuerraum (6) begrenzt, der über eine Zulaufdrossel (11) mit einem hydraulischen Druckmittel, vorzugsweise mit flüssigem Kraftstoff, beaufschlagbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zulaufdrossel (11) eine variable Drosselquerschnittsfläche aufweist, so dass über den Zulauf von hydraulischem Druckmittel in den Steuerraum (6) die Geschwindigkeit der Düsen-nadel (4) beim Öffnen lastabhängig steuerbar ist, wobei die variable Drosselquerschnittsfläche durch mindestens eine Öffnung (16) einer Hülse (20) ausgebildet wird, in der ein Kolben (12) zur Steuerung der mindestens einen Öffnung (16) hin- und herbeweglich gelagert und geführt ist.
2. Kraftstoffinjektor (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Kolben (12) der Versorgungsdruck des hydraulischen Druckmittels anliegt, so dass auf den Kolben (12) eine hydraulische Druckkraft wirkt.
3. Kraftstoffinjektor (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (12) an einer Feder (13) abgestützt und/oder mit Hilfe der Feder (13) gegen einen eine Endlage definierenden Anschlag (21) vorgespannt ist.
4. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (12) einen Druckraum (23) begrenzt, der mit dem Steuerraum (6) hydraulisch verbunden ist, so dass am Kolben (12) der Steuerraumdruck anliegt.
5. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (12) zur Ausbildung einer mit der mindestens einen Öffnung (16) der Hülse (20) zusammenwirkenden Steuerkante (17) eine kantenbildende Stirnfläche oder einen kantenbildenden Absatz aufweist.
6. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (12) zumindest abschnittsweise hohlzylinderförmig ausgeführt ist und/oder gemeinsam mit der Hülse (20) einen Ringraum (26) begrenzt.
7. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Öffnung (16) der Hülse (20) im Bereich einer außenumfangseitig angeordneten, umlaufenden Ringnut (24) ausgebildet ist, über welche die mindestens eine Öffnung (16) mit einem in den Steuerraum (6) mündenden Zulaufkanal (22) verbunden ist.
8. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hülse (20) in eine Bohrung (15) eingesetzt ist, wobei vorzugsweise die Hülse (20) über einen Ringbund (27) an einem Absatz (28) der Bohrung (15) abgestützt ist.
9. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hülse (20) mit einer weiteren Hülse (25) zur Begrenzung eines Federraums (18) verbunden ist, wobei vorzugsweise der Federraum (18) an einen Niederdruckbereich (19') angeschlossen ist.
10. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Öffnung (16) durch eine oder mehrere Radialbohrungen gebildet wird, wobei vorzugsweise die mehrere Radialbohrungen in Bewegungsrichtung des Kolbens (12) hintereinander in einer oder in mehreren Reihen, insbesondere versetzt zueinander, angeordnet sind.
11. Kraftstoffinjektor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Öffnung (16) durch mindestens einen Schlitz gebildet wird, der in Bewegungsrichtung des Kolbens (12) eine gleichbleibende oder variierende Breite aufweist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

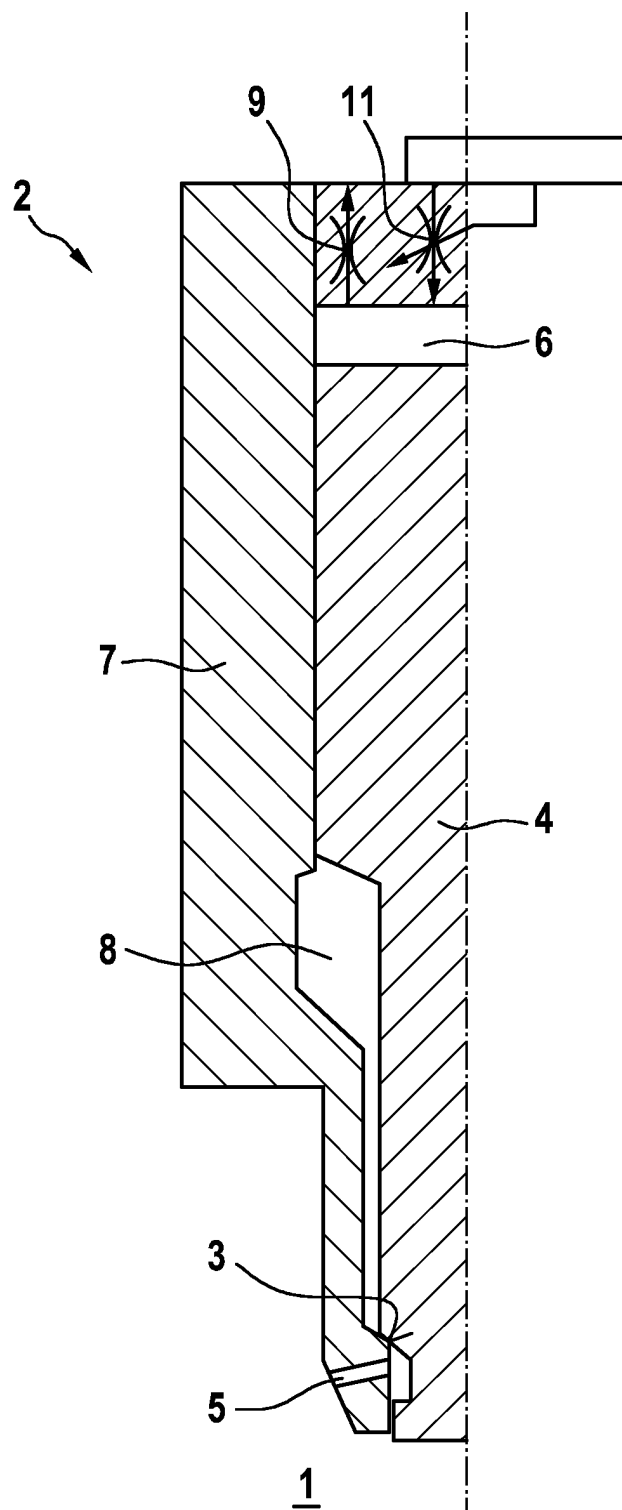


Fig. 2

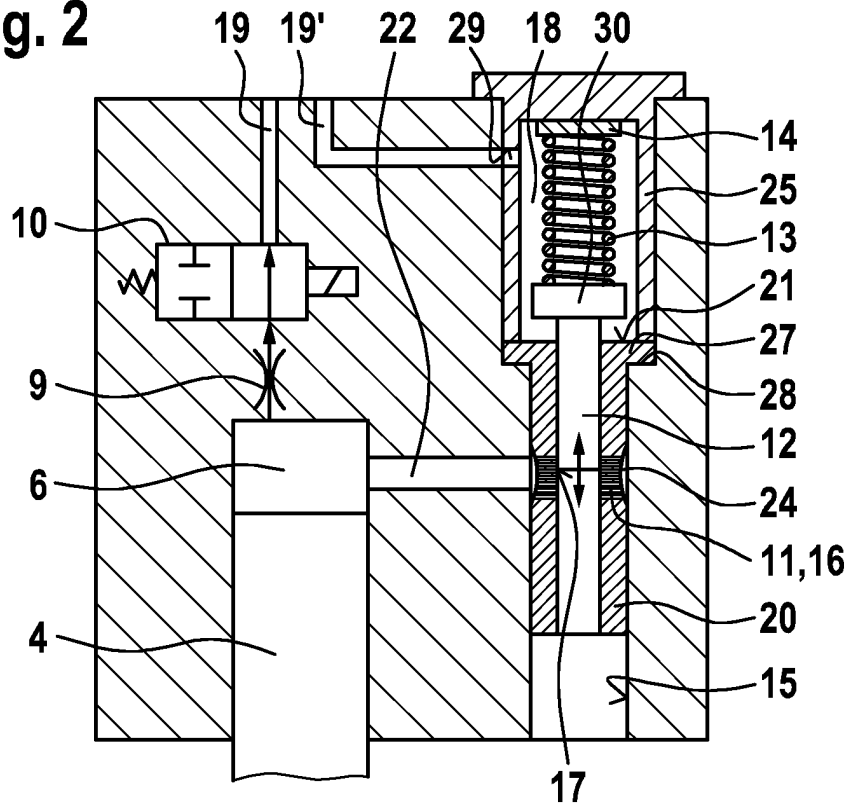


Fig. 3

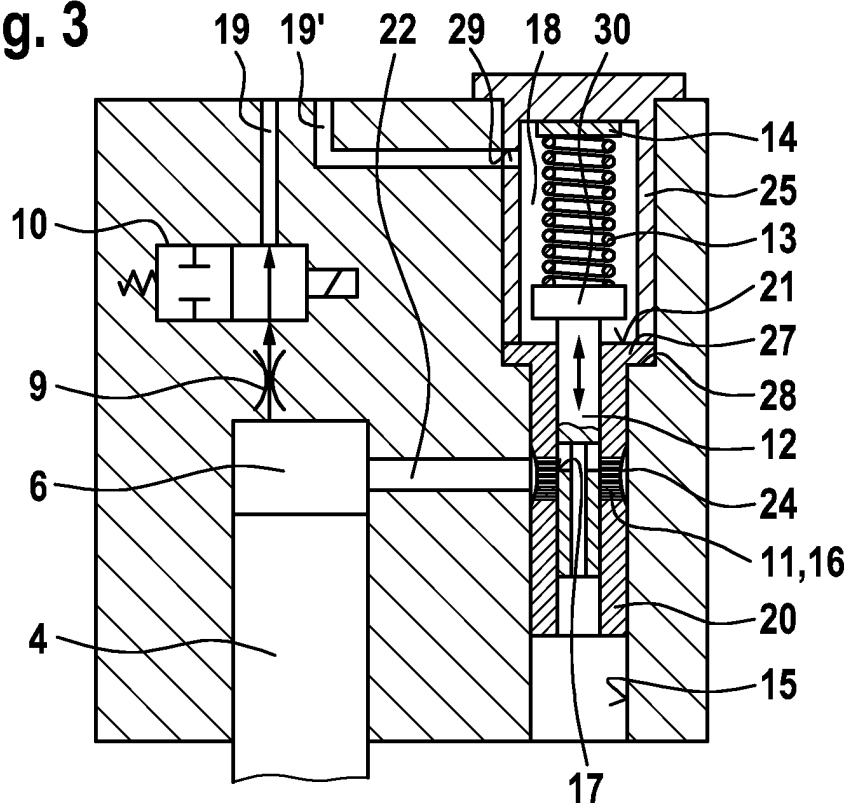


Fig. 4

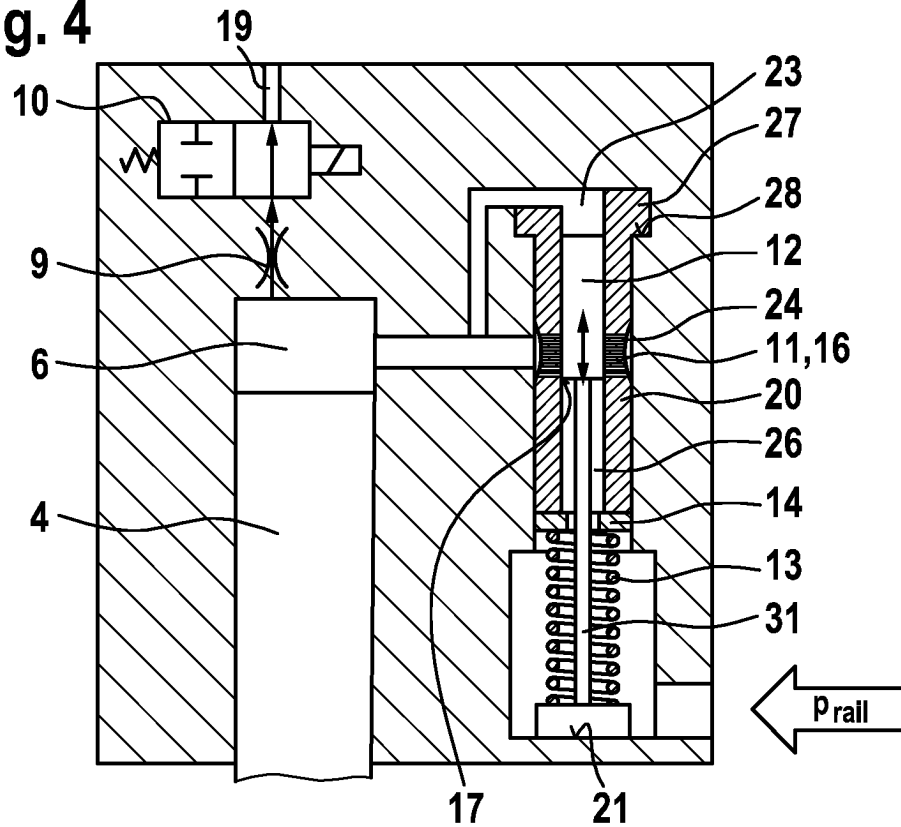


Fig. 5

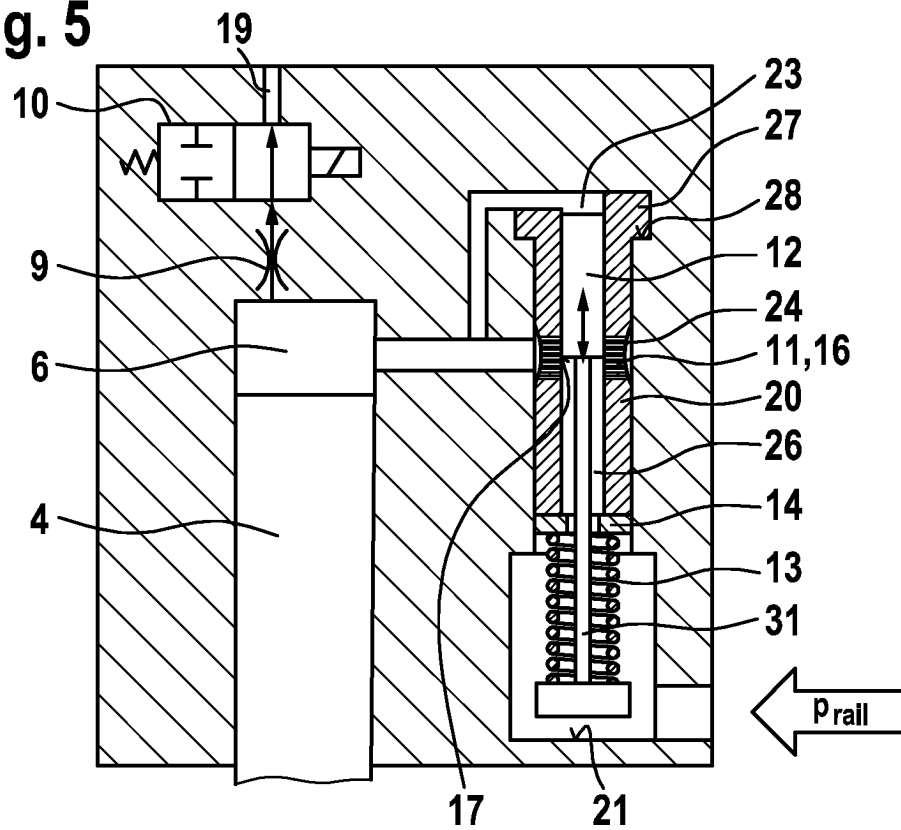


Fig. 6

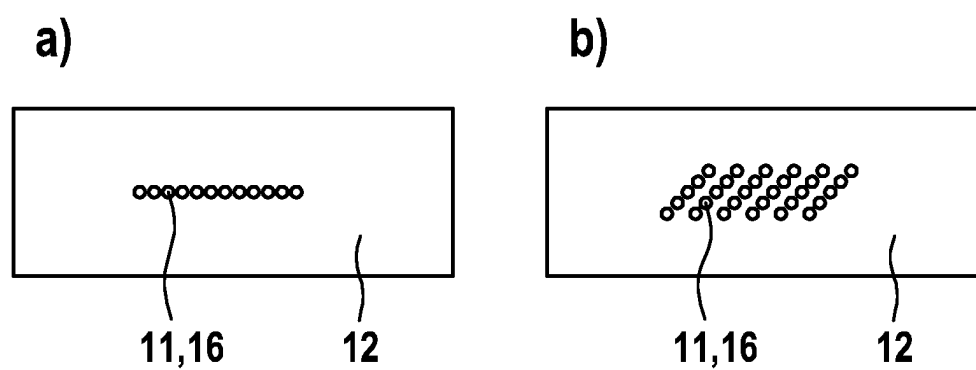


Fig. 7

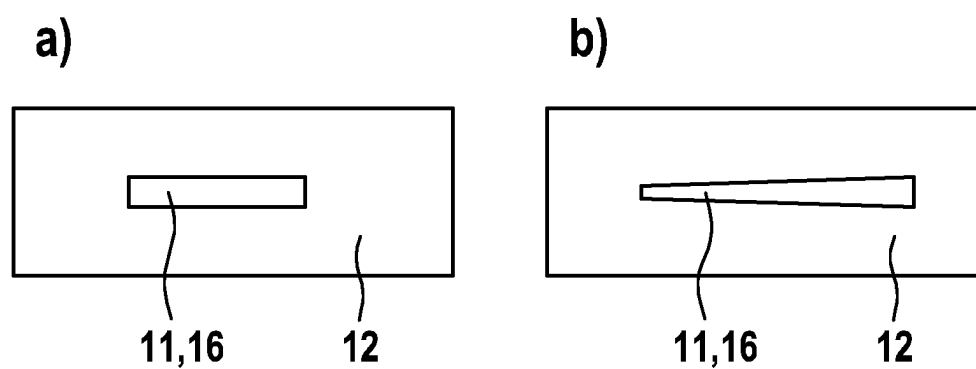


Fig. 8

