

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor mit direkter Steuerung des Einspritzventilglieds und variabler Übersetzung gemäß des Oberbegriffs von Patentanspruch 1.

Stand der Technik

[0002] EP 1 174 615 A2 bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor. Der Kraftstoffinjektor umfasst ein Ventilglied, welches mit einem Ventilsitz zusammenwirkt und dadurch die Kraftstoffabgabe des Injektors steuert. Es sind eine Aktoranordnung und ein hydraulische Übersetzer vorgesehen, die der Übertragung der Bewegung der Aktoranordnung an das Ventilglied dienen. Die Druckübersetzungseinrichtung umfasst einen Kolben und eine Steuerkammer, wobei die Aktoranordnung mit dem Kolbenelement zusammenwirkt und eine Rückzugskraft auf das Kolbenelement ausübt. Die Druckübersetzeranordnung ist derart ausgestaltet, dass diese bei Einwirkung einer Anfangsrückzugskraft auf das Kolbenelement das Ventilglied durch das Kolbenelement aus seinem Sitz zieht. Die Bewegung des Ventilelementes ist vom Kolbenelement entkoppelt, derart, dass eine Anfangsbewegung des Ventilgliedes aus seinem Sitz und eine weitere Bewegung des Ventilgliedes von der Aktoranordnung an das Ventilglied durch das Fluid innerhalb der Steuerkammer übertragen wird, wobei der Druckübersetzer eine variable Übersetzung der Bewegung der Aktoranordnung an das Ventilglied sicherstellt.

[0003] DE 10 2004 028 522.5 bezieht sich auf einen Kraftstoffinjektor mit variabler Aktorübersetzung. Ein Kraftstoffinjektor umfasst einen Piezoaktor, der ein Einspritzventilglied betätigt. Dieses ist über ein Federelement in Schließrichtung beaufschlagt. Der Kraftstoffinjektor umfasst darüber hinaus einen hydraulischen Kopplungsraum, der einen Übersetzerkolben und das Einspritzventilglied hydraulisch miteinander verbindet. Am Einspritzventilglied stützt sich ein hülsenförmiger Körper ab, der mit einer einen Zwischenhubanschlag für das Einspritzventilglied bildenden Kante zusammenwirkt.

[0004] Der aus EP 1 174 615 A2 bekannte Kraftstoffinjektor weist einen in fertigungstechnischer Hinsicht ungünstigen Aufbau aufgrund seiner ineinander geschichteten Kolben auf. Der Lösung gemäß DE 10 2004 028 522.5 haftet der Nachteil an, dass bei der dort realisierten zweistufigen, hydraulischen Übersetzung des Hubs eines Piezoaktors beim Umschalten der Übersetzung ein Kraftsprung entsteht. Dies bedeutet, dass der eingesetzte Aktor den Kraftsprung durch einen Zusatzhub erzeugen muss, wobei jedoch während dieses Zusatzhubs das bevorzugt als Düsennadel ausgebildete Einspritzventilglied sich nicht bewegt. Dies bedeutet wiederum, dass in dieser Phase keine Hubsteuerung des bevorzugt als Düsennadel ausgebildeten Einspritzventilgliedes möglich ist. Dies stellt jedoch einen höchst unerwünschten

Zustand dar.

Vorteile der Erfindung

5 **[0005]** Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor wird das oben dargestellte technische Problem gelöst, eine Stillstandsphase des Einspritzventilgliedes während des Einspritzvorganges zu vermeiden.

10 **[0006]** Der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung folgend wird ein Kraftstoffinjektor mit einer zweistufigen, hydraulischen Übersetzung des Aktorhubs vorgeschlagen, der bereits in der Umschaltphase bzw. während der Wirkung der ersten Übersetzungsstufe die Kraft für den notwendigen Kraftsprung aufbaut, ohne dass das Einspritzventil stillsteht und insbesondere beim Umschaltvorgang von der ersten Übersetzerstufe in der zweiten Übersetzerstufe keinen Stillstand erfährt. Dadurch lässt sich in vorteilhafter Weise ein Hub des bevorzugt als Düsennadel ausbildbaren Einspritzventilgliedes erzielen, der in der ersten Übersetzungsphase der zweistufigen hydraulischen Übersetzung über einen größeren Spannungsbereich des Aktors gesteuert werden kann. Damit lässt sich eine im Rahmen einer Voreinspritzphase in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine einzuspritzende Voreinspritzmenge wesentlich genauer einstellen.

25 **[0007]** Es wird vorgeschlagen, ein Federelement zwischen einer Vorhubhülse und einem Kolbenelement einzubringen, das so steif ausgelegt ist, dass der Hubweg h_V zwischen der Vorhubhülse und dem Kolbenelement ausreicht, um die Umschaltkraft, d.h. die für den Kraftsprung erforderliche Kraft, aufzubauen. Dadurch wird der Kraftsprung, der andernfalls nach Anschlagen des Kolbenelementes an einer Vorhubhülse auftreten würde, umgangen, sondern die Kraft wird kontinuierlich während des Durchlaufens des Hubweges h_V während der ersten Übersetzungsstufe allmählich aufgebaut. Der gesamte Hubweg h_V zwischen dem Kolbenelement und der Vorhubhülse kann bei Einsatz eines entsprechend dimensionierten Federelementes zur Steuerung des Einspritzventilgliedes genutzt werden. Der Umschaltzeitpunkt ist druckabhängig. Das Federelement ist so ausgelegt, dass bei höchstem Systemdruck (Common-Rail-Druck) nach dem vollen Hubweg h_V die für den Kraftsprung erforderliche Kraft aufgebaut ist. Bei kleineren Drücken liegt der Umschaltzeitpunkt früher.

40 **[0008]** Die eingesetzte Feder ist in verschiedenen Ausführungsvarianten darstellbar. Sämtlichen Ausführungsvarianten gemeinsam ist der Umstand, dass die Feder möglichst kompakt und klein baut, um ein möglichst kleines hydraulisches Volumen im Stellerraum zu haben. Die zur Vorspannung eingesetzte Feder kann als Tellerfeder, als Rohrfeder oder auch als Schraubenfeder ausgebildet werden. Außer als separates Einzelbauteil, kann die Feder auch am Kolbenelement integriert ausgeführt werden. Diese Ausführungsvariante ist sehr vorteilhaft, da sie wenig toleranzbehaftet ist.

Zeichnung

[0009] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend detaillierter beschrieben.

[0010] Es zeigt:

- Figur 1 einen Kraftstoffinjektor mit direkter Steuerung des Einspritzventilgliedes mittels eines mit einer Vorhubhülse gekoppelten Übersetzerkolbens,
- Figur 2 die einander gegenübergestellten Kennlinienverläufe hinsichtlich der Schaltenergie, der Öffnungsdrücke und der Krafthubkennlinien von Kraftstoffinjektoren mit bzw. ohne variable Übersetzeranordnung,
- Figur 3 eine als Tellerfeder ausgebildete Feder zur Vorspannung,
- Figur 3.1 einen abgewinkelten Schnittverlauf durch die Vorhubhülse,
- Figur 4 ein ebenfalls als Tellerfeder ausgebildetes Federelement,
- Figur 5 eine Ausführungsvariante des Federelementes als Rohrfeder,
- Figur 6 eine Ausführungsvariante des Federelementes als Schraubenfeder,
- Figur 7 eine am Kolbenelement integrierte Feder,
- Figur 8 einen Kraftstoffinjektor mit über einen Piezoaktor direkt betätigbaren Einspritzventilglied mit variabler Übersetzeranordnung,
- Figur 9 ein Federelement zum Einsatz am Kraftstoffinjektor gemäß Figur 8 in einer ersten Ausführungsvariante,
- Figur 9.1 einen abgewinkelten Schnittverlauf durch eine Kolbenführung zur Darstellung von Radialnuten,
- Figur 10 ein Federelement in einer weiteren Ausführungsvariante zum Einsatz an dem in Figur 8 dargestellten Kraftstoffinjektor und
- Figur 10.1 eine alternative Ausführungsvariante des Federelementes.

Ausführungsbeispiele

[0011] Figur 1 ist ein Längsschnitt durch einen erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor mit direkter Steuerung des Einspritzventilgliedes und einer va-

riablen Übersetzung des Hubweges eines Piezoaktors zu entnehmen.

[0012] Ein Kraftstoffinjektor 1 umfasst einen Injektor-körper 2, der auch als Haltekörper bezeichnet wird. Der Injektor-körper 2 des Kraftstoffinjektors 1 ist über eine Spannmutter 4 mit einem Düsenkörper 3 an eine Verschraubung 5 verbunden. Der Injektor-körper 2 umfasst einen Hochdruckanschluss 6, über welchen ein im Injektor-körper 2 ausgebildeter Hohlraum mit Systemdruck p_{CR} , so z.B. mit dem in einem Hochdruckspeicher (common rail) herrschenden Kraftstoffdruckniveau beaufschlagt ist. Vom Hohlraum 7 des Injektor-körpers 2 verläuft ein Düsenraumzulauf 11 zu einem im Düsenkörper 3 ausgebildeten Düsenraum 10, der ein z.B. als Düsen-nadel ausbildbares Einspritzventilglied 9 umgibt. Im Bereich des Düsenraums 10, der ebenfalls mit Systemdruck beaufschlagt ist, ist am nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilglied 9 eine Druckstufe ausgebildet. Durch den im Düsenraum 10 herrschenden Systemdruck wird das nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 9 in Öffnungsrichtung beaufschlagt.

[0013] Im Hohlraum 7 des Injektor-körpers 2 ist ein Piezoaktor 8 aufgenommen. Der Piezoaktor 8 ist in der Darstellung gemäß Figur 1 nur schematisch wiedergegeben und umfasst eine Vielzahl von übereinander geschichtet angeordneten Piezokristallen, welche bei Bestromung des Piezoaktors 8 eine Längenänderung erfahren. Dadurch dehnt sich der Piezoaktor 8 innerhalb des Hohlraumes 7 des Injektor-körpers 2 in vertikale Richtung aus und stellt dadurch die zur Betätigung des Einspritzventilgliedes 9 erforderlichen Kräfte zur Verfügung. Wird die Bestromung des Piezoaktors hingegen teilweise bzw. vollständig aufgehoben, so nehmen die einzelnen, in vertikaler Richtung übereinander angeordneten Piezokristalle wieder ihre ursprüngliche Länge - in vertikale Richtung gesehen - an, so dass der Piezoaktor 8 als Ganzes gesehen wieder seine ursprüngliche Länge im nichtbestromten Zustand annimmt.

[0014] Der Darstellung gemäß Figur 1 ist entnehmbar, dass eine Vorhubhülse 13 sowohl einen ersten Kolben 12 als auch einen zweiten Kolben 14 umschließt. Die beiden einander zuweisenden Stirnseiten des ersten Kolbens 12 und des zweiten Kolbens 14 sowie die beide Kolben 12 und 14 umgebende Vorhubhülse 13 begrenzen einen hydraulischen Kopplungsraum 23. Der Außendurchmesser der Vorhubhülse 13 ist mit d_V bezeichnet.

[0015] Am ersten Kolben 12 befindet sich ein scheibenförmig ausgebildeter Anschlag 18, der an der Unterseite des Piezoaktors 8 anliegt. Der scheibenförmig ausgebildete Anschlag 18 beaufschlagt sowohl ein inneres Federelement 16 als auch ein äußeres Federelement 17, die beispielsweise beide als Spiralfedern ausgebildet werden können. Das innere Federelement 16 stützt sich auf einer Stirnseite der Vorhubhülse 13 ab, während sich das äußere Federelement 17 auf einer Fläche des Injektor-körpers 2 abstützt, der seinerseits die Vorhubhülse 13 umschließt. Sowohl der Injektor-körper 2 als auch die Vorhubhülse 13 liegen mit ihren dem Piezoaktor 8 abge-

wandten Stirnflächen entlang einer Trennfuge an einer oberen Planfläche des Düsenkörpers 3 an. Der Durchmesser des ersten Kolbens 12 ist durch d_A bezeichnet.

[0016] Unterhalb der Vorhubhülse 13 liegend ist im Düsenkörper 3 des Kraftstoffinjektors 1 gemäß der Darstellung in Figur 1 ein Hohlraum ausgebildet. In diesem Hohlraum ist der zweite Kolben 14 aufgenommen, dessen verjüngtes Ende in der Vorhubhülse 13 hineinragt und innerhalb des Kopplungsraumes 23 der Stirnseite des ersten Kolbens 12 gegenüberliegt. Am zweiten Kolben 14 ist eine Vorspannfeder 21 aufgenommen, welche sich einerseits an einem Bund 22 des zweiten Kolbens 14 und andererseits an einer unteren Stirnfläche der Vorhubhülse 13 abstützt. Über eine nicht näher dargestellte Bohrung stehen der Hohlraum und ein eine Kolbenstirnfläche 19 des zweiten Kolbens 14 beaufschlagender Steuerraum 20 hydraulisch in Verbindung. In der Darstellung gemäß Figur 1 liegt die Kolbenstirnfläche 19 in einer Planfläche des Düsenkörpers 3 oberhalb des darin aufgenommenen Einspritzventilgliedes 9 an.

[0017] Unterhalb des zweiten Kolbens 14, an welchem die Vorspannfeder 21 aufgenommen ist, befindet sich der Steuerraum 20, in welchem ein Steuerraum-Federelement 15 aufgenommen ist. Das Steuerraum-Federelement 15 liegt einerseits an der Kolbenstirnfläche 19 des zweiten Kolbens 14 an und stützt sich andererseits auf einer Stirnfläche des nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 9 ab. Durchmesser des nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes 9 oberhalb des Düsenraums 10 ist durch d_N bezeichnet.

[0018] Der Darstellung gemäß Figur 2 sind einander gegenübergestellte Kennlinienverläufe hinsichtlich der Schaltenergie, der Öffnungsdrücke und der Krafthubkennlinien von Kraftstoffinjektoren mit bzw. ohne variable Übersetzeranordnung zu entnehmen. In der Darstellung gemäß Figur 2 ist der Druck im Kopplungsraum 23 über den Hub h_E des bevorzugt nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes 9 aufgetragen. Aus dem Öffnungskraftverlauf 40 für einen einen Kraftstoffinjektor ohne Stufenübersetzung betätigenden Piezoaktor geht hervor, dass dessen Öffnungsdruck $p_{\delta,3}$ wesentlich unter dem Öffnungsdruck $p_{\delta,1}$ eines Kraftstoffinjektors liegt, der mit einem Piezoaktor 8 mit Stufenübersetzung arbeitet. Entsprechend des Öffnungskraftverlaufes 40 benötigt ein ohne Stufenübersetzung arbeitender Piezoaktor 8 eine durch den schraffierten Bereich angedeutete Schaltenergie, gegeben durch das Dreieck a-b-c gemäß der Darstellung in Figur 2.

[0019] Demzufolge liegt der zweite Öffnungsdruck $p_{\delta,2}$ des bevorzugt nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes 9 eines Kraftstoffinjektors 1 mit Piezoaktor 8 und Stufenübersetzung wesentlich niedriger. Daher ist auch eine geringere Betätigungskraft für das Einspritzventilglied 9 erforderlich, so dass ein derartiger Piezoaktor 8 ein geringeres Bauvolumen aufweist, d.h. kleiner baut und daher weniger Platz beansprucht.

[0020] Gemäß des Öffnungskraftverlaufes 41 für einen Kraftstoffinjektor mit Piezoaktor 8 und Stufenüber-

setzung nimmt der Druck p im Kopplungsraum 23 bei Erreichen des Vorhubes h_V ab, um nach einem Kraftsprung - angedeutet durch Bezugszeichen 43 in Figur 2 - wieder stark anzusteigen und dann degressiv in Richtung auf Systemdruck p_{CR} abzufallen. Bei Erreichen des maximalen Öffnungshubes h_{max} des nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes 9 ist der Druck p im Kopplungsraum 23 mit dem Systemdruck p_{CR} identisch. Die Schaltenergie eines Kraftstoffinjektors, dessen Einspritzventilglied 9 mit einem Piezoaktor 8 direkt angesteuert wird, liegt - vgl. Bezugszeichen 42 und gestrichelter Bereich in Figur 2 - erheblich niedriger, so dass ein dementsprechender Piezoaktor 8 kleiner ausgelegt werden kann, ohne die Funktion eines Kraftstoffinjektors 1 mit direkt angesteuertem, nadelförmig ausbildbaren Einspritzventilgliedes 9 zu beeinträchtigen. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene in mehreren Ausführungsvarianten ausbildbare Vorspannfeder 21 und deren steife Auslegung ist es möglich, dass der in Figur 2 dargestellte Kraftsprung 43 umgangen wird und durch einen kontinuierlichen Kraftaufbau gemäß des Linienzuges 44 ersetzt wird. Im Gegensatz zum Kraftsprung 43 kann durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene, sehr steif ausgelegte Vorspannfeder 21 erreicht werden, dass die Umschaltkraft während des Hubweges h_V innerhalb der ersten Übersetzungsstufe allmählich aufgebaut wird. Der Übergang zur zweiten Übersetzungsstufe erfolgt dann nicht mehr im Rahmen eines Kraftsprungs 43 - wie in Figur 2 dargestellt - sondern kontinuierlich. Die Spannung des Aktors 8 kann bei Vorliegen eines Kraftsprunges 43, wie in Figur 2 dargestellt, zwischen U_{krit} und U_{min} zur Steuerung des Einspritzventilgliedes 9 gesteuert werden, da hier normalerweise der Kraftsprung 43 vorliegt. Wird hingegen eine Vorspannfeder 21 wie erfindungsgemäß vorgeschlagen eingesetzt, wird die Kraft kontinuierlich von 0 bis zum Erreichen des Hubweges h_V allmählich kontinuierlich aufgebaut. Wie Figur 2 entnehmbar ist, kann das Einspritzventilglied 9 demnach kontinuierlich zwischen den Spannungen U_{krit} bis U_{min} angesteuert werden, wodurch sich eine Voreinspritzung über einen größeren Spannungsbereich realisieren lässt, was die Präzision der Voreinspritzmenge aufgrund der feinen Abstufungsmöglichkeiten der Aktorspannungsbeaufschlagung während der ersten Übersetzungsphase, erheblich verbessert.

[0021] Der Darstellung gemäß Figur 3 ist eine Ausführungsvariante der Vorspannfeder zu entnehmen.

[0022] Gemäß dieser Ausführungsvariante ist die Vorspannfeder 21 in Form einer Tellerfeder ausgebildet und erstreckt sich in axiale Richtung des zweiten Kolbens 14 gesehen. Mit Δx ist ein Hubsplatt bezeichnet, der dem Vorhubweg h_V entspricht. s bezeichnet die Dicke der als Tellerfeder ausgeführten Vorspannfeder 21.

[0023] Aus der Darstellung gemäß Figur 3 geht hervor, dass der zweite Kolben 14 einen Bund 22 aufweist, auf dessen Auflage 53 die tellerfederförmig ausgebildete Vorspannfeder 21 aufliegt. Die Vorspannfeder 21 liegt andererseits an einer Stirnseite 52 der Vorhubhülse 13

an. Die Vorhubhülse 13 ihrerseits ist vom Injektorkörper 2 des Kraftstoffinjektors 1 umschlossen. Die Vorspannfeder 21 ist im Hubspalt Δx angeordnet. Figur 3.1 zeigt, dass in der Stirnseite 52 der Vorhubhülse Radialnuten 59 zum Druckausgleich ausgebildet sind.

[0024] Der Darstellung gemäß Figur 4 ist eine weitere Ausführungsvariante einer tellerförmig ausgebildeten Vorspannfeder zu entnehmen. Aus der Ausführungsvariante geht hervor, dass die tellerfederförmig ausgebildete Vorspannfeder 21 zwischen dem Bund 22, d.h. dessen Auflage 53 und der unteren Stirnseite 52 der Vorhubhülse 13 aufgenommen ist. Der Hubspalt Δx . Gemäß der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante stellen der zweite Kolben 14 und der Bund 22 zwei separate, voneinander getrennte Bauteile dar. Mittels der als Tellerfeder ausgebildeten Vorspannfeder 21 wird die Vorspannkraft aufgebaut. Die aufgrund von Formschluss erfolgende Mitnahme des Kolbens 14 erfolgt nach Durchfahren des Hubweges Δx . Daher sind die Funktionen Vorspannkraftaufbau und Hubanschlag vollständig voneinander getrennt.

[0025] Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsvariante der Vorspannfeder, ausgebildet als Rohrfeder.

[0026] Die Vorspannfeder 21 kann als Rohrfeder ausgebildet werden, die in einen Aufnahmeraum 54 der Vorhubhülse 13 eingelassen werden kann. Gemäß der in Figur 5 dargestellten Ausführungsvariante der Vorspannfeder 21 stützt sich diese an einer Oberseite 52 des Aufnahmeraumes 54 einerseits und auf der Auflage 53 des Bundes 22 des zweiten Kolbens 14 andererseits ab. Mit Δx ist der Hubspalt bezeichnet, der identisch zum Vorhubweg h_V ist.

[0027] Figur 5.1 ist eine abgewinkelte Darstellung der Mantelfläche 55 einer als Rohrfeder ausgebildeten Vorspannfeder 21 zu entnehmen. Die Rohrfeder weist ein regelmäßig oder unregelmäßig angeordnetes Muster von Schlitzern und kreisförmig verlaufenden Durchbrüchen auf, die versetzt zueinander in Bezug auf die Symmetrieachse 51 der Vorspannfeder 21 angeordnet sein können. Aufgrund der Auslegung der Schlitzbreite bzw. des Durchmessers der kreisförmig ausgebildeten Endbereiche kann die Steifigkeit einer als Rohrfeder ausgebildeten Vorspannfeder 21 eingestellt werden und an die jeweiligen Einsatzzwecke in optimaler Weise angepasst werden.

[0028] Der Darstellung gemäß Figur 6 ist eine als Spiralfeder ausgebildete Vorspannfeder zu entnehmen.

[0029] Analog zur Darstellung gemäß Figur 5 umfasst in dieser Ausführungsvariante die Vorhubhülse 13 einen Aufnahmeraum 54, in dem die als Spiralfeder ausgebildete Vorspannfeder 21 untergebracht ist. Die Vorspannfeder 21 gemäß der in Figur 6 dargestellten Ausführungsvariante stützt sich an einer Oberseite 52 des Aufnahmeraumes 54 einerseits und auf der Auflage 53 des Bundes 22 des zweiten Kolbens 14 andererseits ab. Eine als Spiral- oder Schraubenfeder ausgeführte Vorspannfeder 21 stellt ein besonders kostengünstiges Bauteil dar.

[0030] Der Darstellung gemäß Figur 7 ist eine weitere

Ausführungsvariante einer Vorspannfeder zu entnehmen, die an einem Kolbenelement ausgebildet ist.

[0031] Gemäß der in Figur 7 dargestellten Ausführungsvariante ist am symmetrisch zur Symmetrieachse 51 ausgebildeten zweiten Kolben 14 ein integriertes Federelement 56 ausgebildet. Dieses kann mindestens eine Kontaktfläche 58 aufweisen, welche an der Unterseite der Vorhubhülse 13 anschlägt. Zur Beeinflussung der Federcharakteristik des integrierten Federelementes 56 umfasst dieses eine Ringkehle 57, welche sich kreisförmig im integrierten Federelement 56 erstreckt. Das am zweiten Kolben 14 integriert ausgebildete Federelement 56 zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass dieses kaum toleranzbehaftet gefertigt werden kann. Mit Δx ist der Hubspalt bezeichnet, der identisch zum Hubweg h_V der Vorhubhülse ist.

[0032] Der Darstellung gemäß Figur 8 ist ein Kraftstoffinjektor mit einem über einen Piezoaktor direkt betätigbaren Einspritzventilglied mit variabler Übersetzeranordnung zu entnehmen.

[0033] Aus der Darstellung gemäß Figur 8 geht hervor, dass der dort wiedergegebene Kraftstoffinjektor 1 analog zum in Figur 1 dargestellten Kraftstoffinjektor einen Piezoaktor 8 aufweist, der innerhalb eines Hohlraums 7 angeordnet ist. Der Hohlraum 7 wird über den Hochdruckanschluss 6 mit Systemdruck p_{CR} von einer nicht näher dargestellten Hochdruckquelle mit Kraftstoff beaufschlagt. Der Injektorkörper 2 ist über eine Spannhülse 4 mit dem Düsenkörper 3 verbunden. Zwischen dem Injektorkörper 2 und dem Düsenkörper 3 befindet sich, ebenfalls von der Spannhülse 4 umschlossen, eine Kolbenführung 73. Die Kolbenführung 73 ist ebenso wie der Düsenkörper 3 von einem Düsenraumzulauf 11 durchzogen, der im Düsenraum 10 mündet. Der Piezoaktor 8 beaufschlagt einen ersten Kolben 12, der einen Außendurchmesser d_A aufweist. Der erste Kolben 12 ragt in den Kopplungsraum 23 hinein, in welchem ebenfalls der Bund 22, in dieser Ausführungsvariante mit dem Einspritzventilglied 9 verbunden ist. Zwischen dem Bund 22 und der dem Kopplungsraum 23 zuweisenden Stirnseite des ersten Kolbens 12 befindet sich ein Steuerraum-Federelement 15. Die Vorhubhülse 13 schlägt an der Unterseite des Bundes 22 an und ist über ein Federelement 70 beaufschlagt, welches sich seinerseits im Düsenkörper 3 abstützt. Vom Düsenraum 10 aus verläuft ein Ringspalt 71 in Richtung des Sitzes des Einspritzventilgliedes 9. Über den Ringspalt 71 strömt unter Systemdruck p_{CR} stehender Kraftstoff den in Figur 8 nicht dargestellten Einspritzöffnungen am brennraumseitigen Ende des Düsenkörpers 3 zu. In der Ausführungsvariante des Kraftstoffinjektors 1 gemäß Figur 8 ist die Vorspannfeder 21 zwischen der Unterseite des der Kolbenführung 73 und der dem Kopplungsraum 23 zuweisenden Stirnseite der Vorhubhülse 13 angeordnet.

[0034] Aus der Darstellung gemäß Figur 9 geht eine tellerförmig konfigurierte Ausführungsvariante der Vorspannfeder 21 hervor. Die Vorspannfeder 21 stützt sich einerseits neben dem Bund 22 liegend an der Stirnseite

52 der Vorhubhülse 13 und andererseits an einer Anlagefläche 74 an der Unterseite der Kolbenführung 73 ab. Das symmetrisch zur Symmetrieachse 51 ausgebildete Einspritzventilglied 9 weist einen Durchmesser d_N auf. Die Vorhubhülse 13 umschließt das Einspritzventilglied 9 und liegt an der Unterseite des Bundes 22 an. Die Vorspannfeder 21 ist entlang des Hubweges h_V wirksam, wobei der Hubweg h_V dem Hubspalt Δx entspricht.

[0035] Figur 9.1 zeigt einen abgewickelten Schnitt durch die Kolbenführung 73, an deren Anlagefläche 74 Radialnuten 59 zum Druckausgleich ausgebildet sind.

[0036] Den Darstellungen gemäß der Figur 10 bzw. 10.1 sind weitere Ausführungsvarianten von Vorspannfedern zu entnehmen, die am Kraftstoffinjektor gemäß der Ausführung in Figur 8 eingesetzt werden können.

[0037] Die Vorspannfeder 21 kann als Rohrfeder mit einem eckigen Windungsquerschnitt 80 gemäß der Darstellung in Figur 10 oder als Rohrfeder gemäß Figur 5.1 oder auch mit einem runden Federdrahtquerschnitt gemäß der Darstellung in Figur 10.1 gefertigt werden. In beiden Fällen ist die derart ausgestaltete Vorspannfeder 21 teilweise in die Kolbenführung 73 eingelassen und liegt an dieser an der Anlagefläche 74 an. Die Vorspannfeder 21 stützt sich andererseits auf der Stirnseite 52 der Vorhubhülse 13 ab. Mit Δx ist der Hubspalt bezeichnet, während dessen Überbrückung ein Vorspannkraftaufbau erfolgt.

[0038] Die erfindungsgemäß vorgeschlagene sehr steif ausgelegte Vorspannfeder 21 lässt sich wie oben stehend beschrieben sowohl an Kraftstoffinjektoren gemäß der Ausführungsvariante in Figur 1 als auch Kraftstoffinjektoren gemäß der Ausführungsvariante in Figur 8 einsetzen. Die Vorspannfeder 21, die sowohl als Tellerfeder, als Rohrfeder, als Schraubenfeder oder auch als am Kolben 14 integriertes Federelement ausgebildet werden kann, vermeidet den in Figur 2 dargestellten Kraftsprung 73 und ersetzt diesen durch einen kontinuierlich erfolgenden Kraftaufbau gemäß der Kennlinie 44 gemäß Figur 2. Damit lässt sich während der Wirkung der ersten Übersetzungsstufe die Kraft für den bisher erforderlichen Kraftsprung 43 allmählich aufbauen, ohne dass das Einspritzventilglied 9 stillsteht, sondern ständig in Bewegung bleibt. Damit lässt sich innerhalb der ersten Übersetzungsstufe aufgrund eines erweiterten Spannungsbereiches zwischen U_{krit} und U_{min} des Aktors 8 die Voreinspritzmenge wesentlich genauer einstellen als dies bei Kraftstoffinjektoren mit Druckübersetzung möglich war, die beim Umschalten von der ersten Übersetzungsstufe in die zweite Übersetzungsstufe einen Kraftsprung 43 gemäß der Darstellung in Figur 2 aufweisen.

Bezugszeichenliste

[0039]

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 | Kraftstoffinjektor |
| 2 | Injektorkörper (Haltekörper) |
| 3 | Düsenkörper |

- | | |
|--------------|--|
| 4 | Spannhülse |
| 5 | Verschraubung |
| 6 | Hochdruckanschluss (p_{CR}) |
| 7 | Hohlraum |
| 5 8 | Aktor |
| 9 | Einspritzventilglied |
| 10 | Düsenraum |
| 11 | Düsenraumzulauf |
| 12 | erster Kolben |
| 10 13 | Vorhubhülse |
| 14 | zweiter Kolben |
| 15 | Steuerraum-Federelement |
| 16 | inneres Federelement |
| 17 | äußeres Federelement |
| 15 18 | Anschlag |
| d_A | Durchmesser erster Kolben 12 |
| d_N | Durchmesser Einspritzventilglied 9 |
| 19 | Kolbenstirnfläche zweiter Kolben 14 |
| h_V | Vorhubweg |
| 20 20 | Steuerraum |
| 21 | Vorspannfeder |
| 22 | Bund |
| 23 | Kopplungsraum |
| p_0 | Öffnungsdruck |
| 25 a,b,c | Schaltenergie Aktor ohne Stufen-Übersetzung |
| $p_{0,1}$ | Öffnungsdruck für Hubbeginn |
| $p_{0,2}$ | Öffnungsdruck nach Umschaltung Übersetzungsverhältnis |
| $p_{0,3}$ | Öffnungsdruck ohne Stufen-Übersetzung |
| 30 U_{max} | Maximalspannung |
| U_{krit} | Umschaltspannung |
| U_{min} | Minimalspannung |
| h_{max} | Maximalhub Einspritzventilglied 9 |
| 40 | Öffnungskraftverlauf Kraftstoffinjektor ohne Übersetzungsumschaltung |
| 35 | Öffnungskraftverlauf Kraftstoffinjektor mit Übersetzungsumschaltung |
| 41 | Schaltenergieaktor mit Stufenübersetzung |
| 42 | Systemdruck |
| 40 p_{CR} | Kraftsprung |
| 43 | kontinuierlicher Kraftverlauf |
| Δx | Hubspalt |
| s | Dicke Federelement (Tellerfeder) |
| 45 50 | Trennfuge |
| 51 | Symmetrieachse |
| 52 | Stirnseite Vorhubhülse |
| 53 | Auflagefläche Bund 22 |
| 54 | Aufnahmeraum |
| 50 55 | abgewickelte Mantelfläche Rohrfeder |
| 56 | integriertes Federelement |
| 57 | Ringkehle |
| 58 | Kontaktfläche |
| 59 | Radialnut |
| 55 70 | Federelement Vorhubhülse |
| 71 | Ringspalt d_V Durchmesser Vorhubhülse |
| 73 | Kolbenführung |
| 74 | Anlagefläche |

- 80 eckiger Windungsquerschnitt
81 runder Windungsquerschnitt

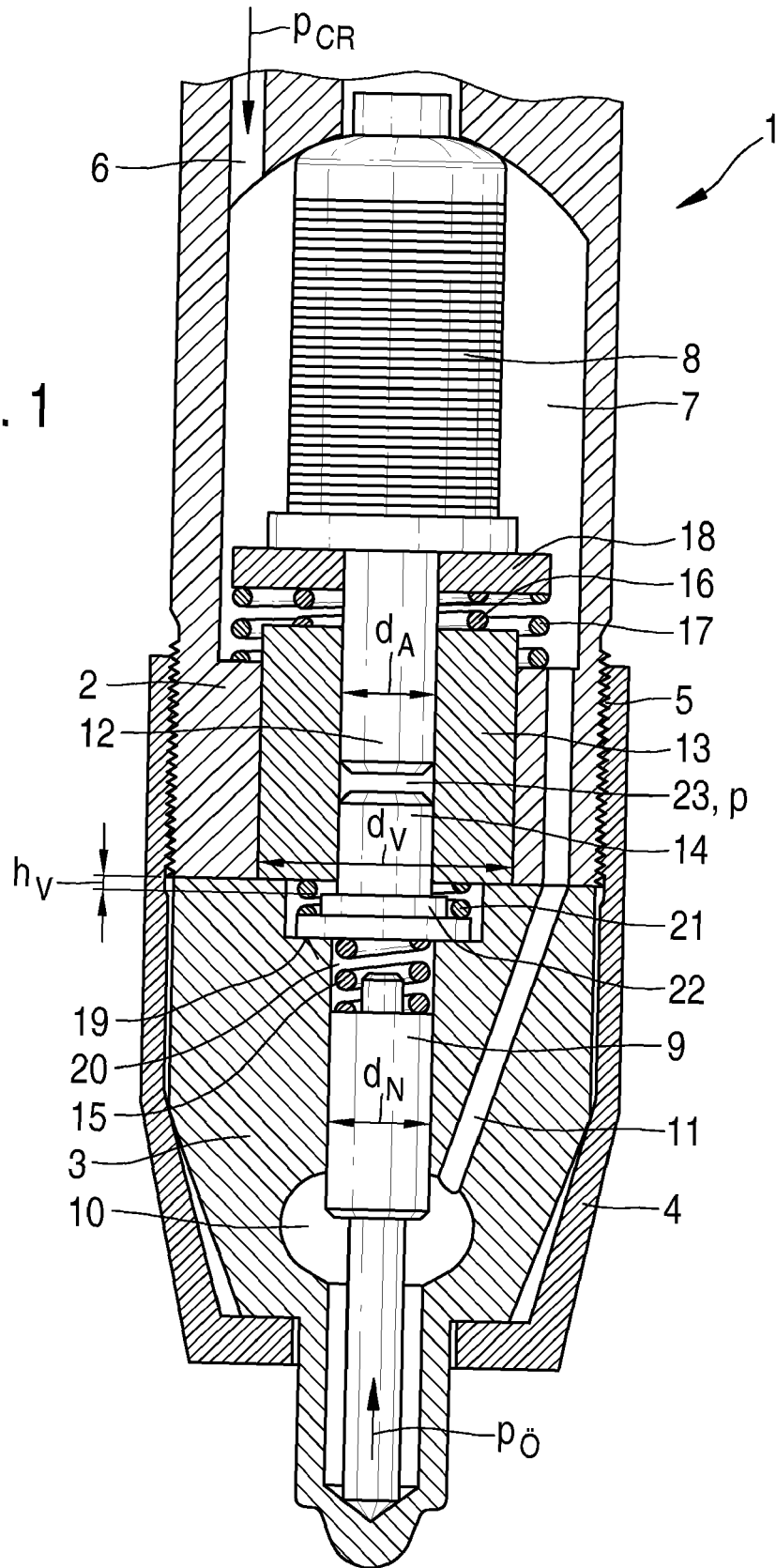
Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit einer mindestens zweistufigen oder mit einer variablen Druckübersetzung sowie einem Aktor (8), mit welchem ein Einspritzventilglied (9) betätigbar ist sowie einem Vorhubelement (13), welches während der Öffnungsbewegung des Einspritzventilgliedes (9) einen Vorhubweg h_V bis zum Erreichen eines Umschaltpunktes der Druckübersetzung zurücklegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Einspritzventilglied (9) oder einem zweiten Kolben (14) ein Vorspann-Federelement (21) zugeordnet ist, welches die zum Umschalten der Druckübersetzung von einem ersten Öffnungsdruck $p_{Ö,1}$ auf einen zweiten Öffnungsdruck $p_{Ö,2}$, erforderliche Kraft während des Vorhubweges h_V kontinuierlich (44) aufbaut. 10
2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorhubelement (13) als Hülse ausgebildet ist, die entweder den ersten Kolben (14) umschließt oder im Kopfbereich des Einspritzventilgliedes (9) federbeaufschlagt aufgenommen ist. 20
3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorspann-Federelement (21) als Tellerfeder, als Rohrfeder, als Schraubfeder oder als in den ersten Kolben (14) integriertes Federelement (56) ausgebildet ist. 30
4. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Windungen des Vorspann-Federelementes (21) rechteckförmig (80), polygonförmig oder kreisrund (81) ausgeführt sind. 40
5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorspann-Federelement (21) an eine Auflagefläche (53) eines Bundes (22) des zweiten Kolbens (14) aufgenommen ist und sich an einer Stirnseite (52) des Vorhubelementes (13) abstützt. 45
6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorspann-Federelement (21) auf einer Stirnseite (52) des Vorhubelementes (13) aufgenommen ist und sich an einer Anschlagfläche (74) einer Kolbenführung (73) abstützt. 50
7. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das in den zweiten Kolben (14) integrierte Federelement (56) eine Kontaktfläche (58) umfasst, welche sich an einer Stirnseite (52) 55

des Vorhubelementes (13) abstützt.

8. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorspann-Federelement (21) eine Querschnittsschwächung (57) aufweist. 5
9. Kraftstoffinjektor gemäß der Ansprüche 2 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** entweder an einer Stirnseite (52) des Vorhubelementes (13) oder an der Anlagefläche (74) der Kolbenführung (73) Radialnutten (59) zum Druckausgleich ausgebildet sind. 10
10. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktor (8) während der Passage des Vorhubweges h_V zur Steuerung einer Voreinspritzmenge mit einer zwischen U_{krit} und U_{min} liegenden Spannung angesteuert ist und dass Einspritzventilglied (9) nach der Passage der dem Vorhubweg h_V entsprechenden Druckübersetzungsstufe kontinuierlich über den Umschaltpunkt weiter bewegt wird. 20

Fig. 1



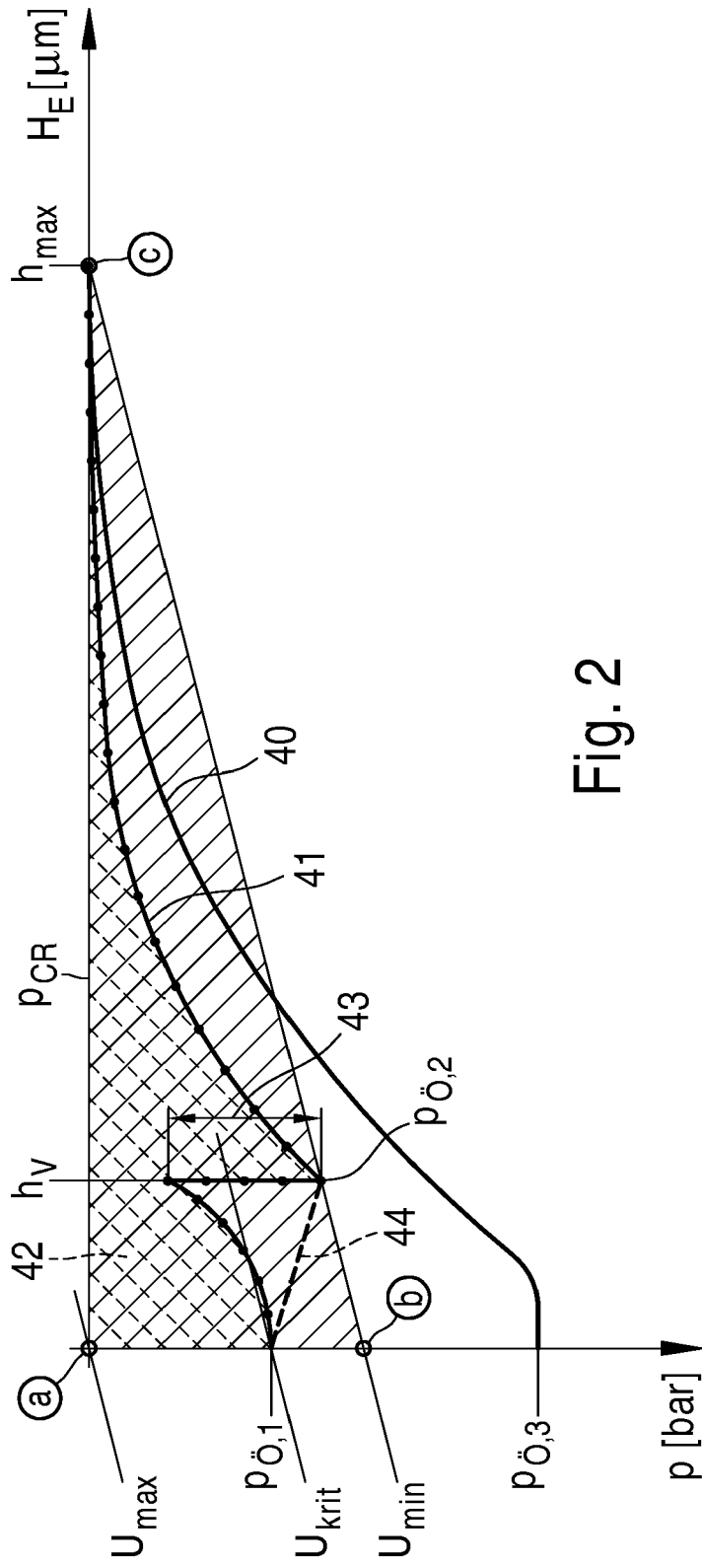


Fig. 2

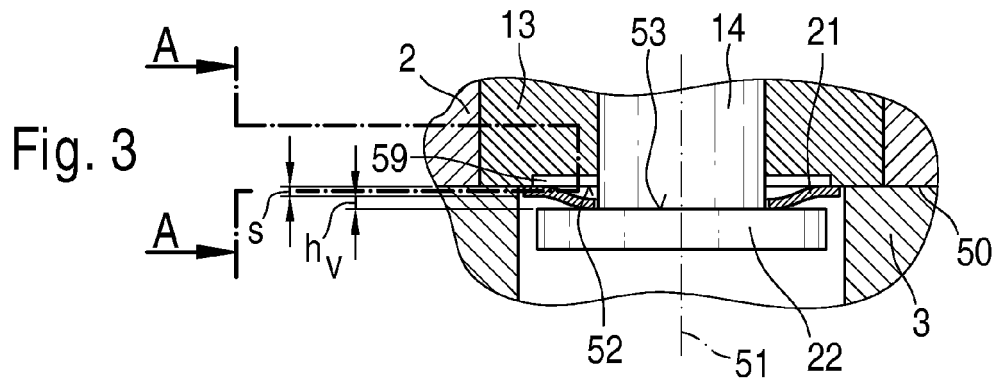


Fig. 3.1
(A-A)

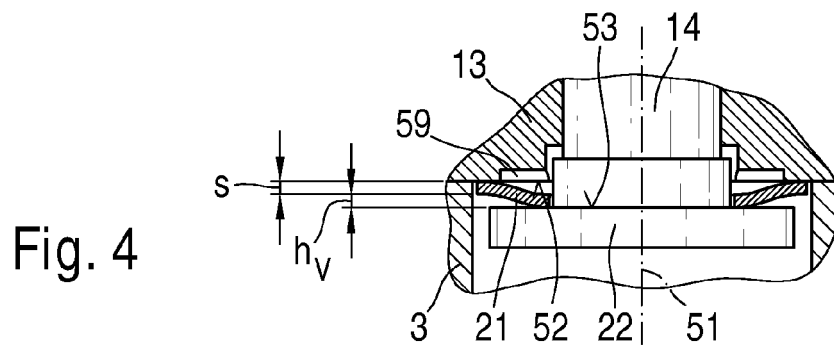
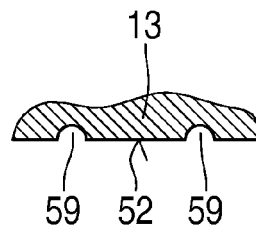


Fig. 5

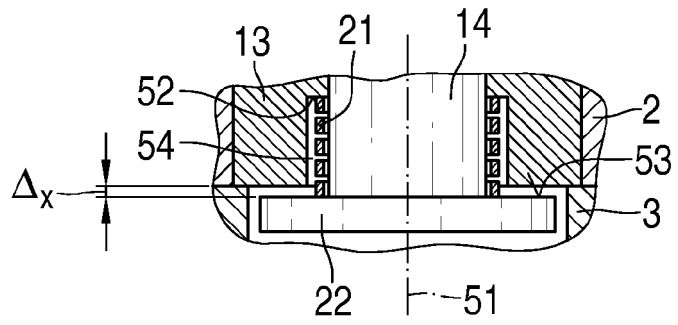


Fig. 5.1

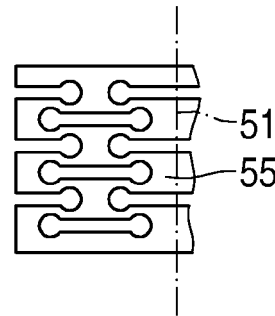


Fig. 6

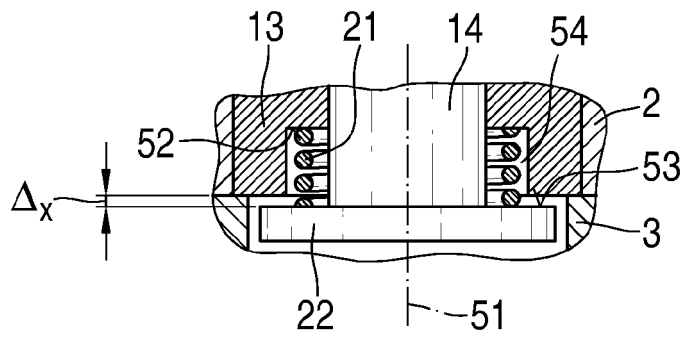
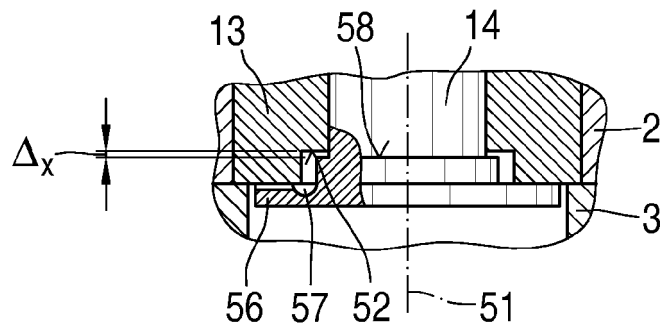


Fig. 7



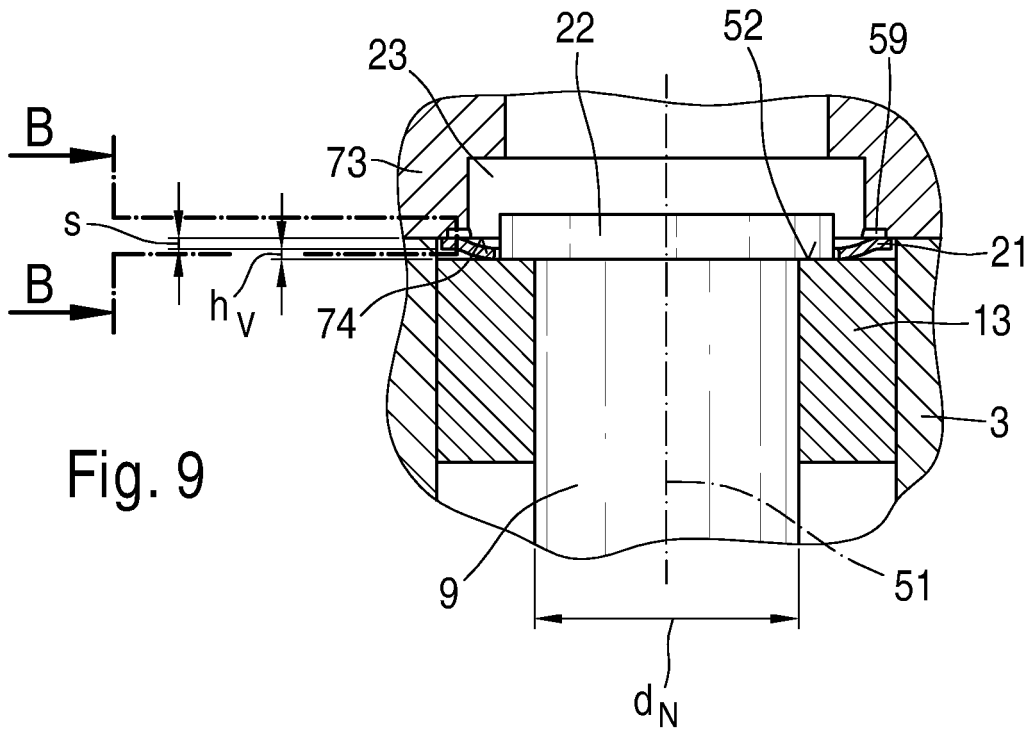
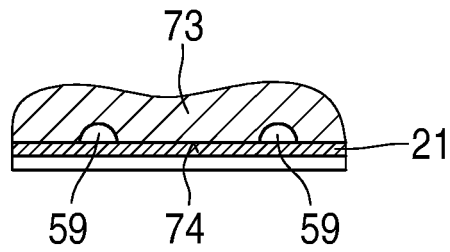


Fig. 9

Fig. 9.1
(B-B)



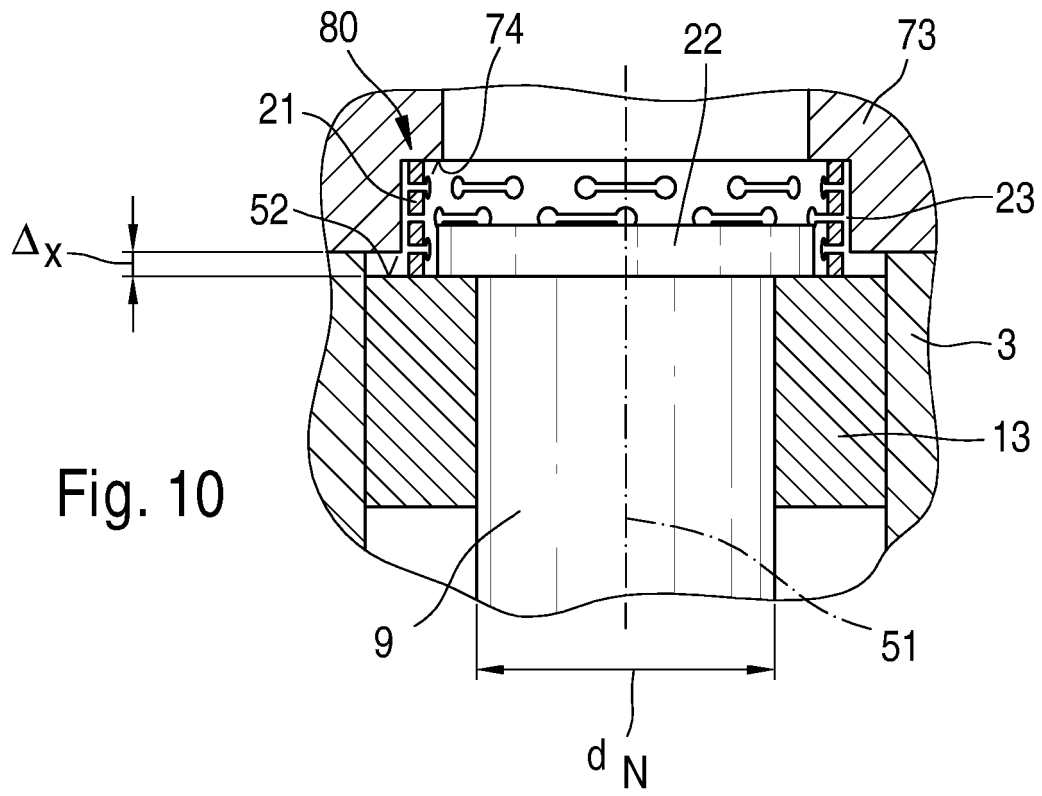


Fig. 10

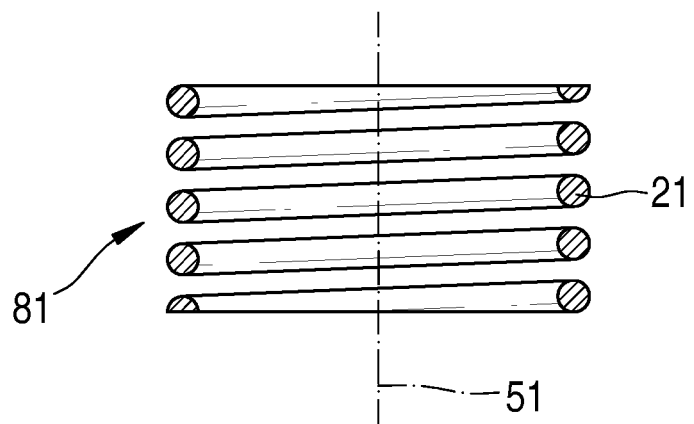


Fig. 10.1

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

- EP 1174615 A2 [0002] [0004]
- DE 102004028522 [0003] [0004]