

**Fig. 1**

## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Druckgesteuerte Kraftstoffinjektoren mit Druckverstärker, hydraulischem Düsenöffnungsdruck und einer Steuerung über nur ein Steuerventil sind zum Beispiel aus DE 102 18 904 A1 bekannt. Die dort offenbarte Kraftstoffeinspritzeinrichtung umfasst einen von einer Kraftstoffhochdruckquelle versorgbaren Kraftstoffinjektor mit einer Druckübersetzungseinrichtung. Bei dieser ragt ein Schließkolben des Kraftstoffinjektors in einen Schließdruckraum hinein, so dass ein Schließkolben mit Kraftstoffdruck beaufschlagbar ist zur Erzielung einer in Schließrichtung auf den Schließkolben wirkenden Kraft. Der Schließdruckraum und der Rückraum der Druckübersetzungseinrichtung werden durch einen gemeinsamen Schließdruck-Rückraum gebildet, wobei sämtliche Teilbereiche des Schließdruck-Rückraumes permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind. Damit lässt sich trotz einer relativ niedrigen Druckverstärkung durch die Druckübersetzungseinrichtung ein relativ niedriger Einspritzöffnungsdruck erreichen. Im geöffneten Zustand eines bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes ist die wirksame Fläche, auf die ein Dämpferraumdruck wirkt, genauso groß wie die Fläche, auf die der Einspritzdruck wirkt. Aufgrund dieses Umstandes beginnt das Einspritzventilglied erst dann mit dem Schließvorgang, sobald ein Druck  $p_{TR}$  in einem Düsenraum kleiner als ein Druck  $p_{ST}$  in einem Steuerraum wird. Da das Einspritzventilglied jedoch eine bestimmte Zeit  $t_s$  benötigt, bis es wieder in seinen Sitz im Injektorkörper des Kraftstoffinjektors angelangt ist und die unterhalb des Sitzes angeordneten Einspritzöffnungen verschließt, spritzt der Kraftstoffinjektor in der Schlussphase des Einspritzvorganges mit einem Einspritzdruck ein, der unterhalb des im Hochdruckspeicher herrschenden Druckes liegt. Aufgrund dessen ist die Einspritzrate eines derartigen Kraftstoffinjektors durch ein Plateau, d.h. eine Eindellung, gekennzeichnet. Aufgrund des in der Schlussphase der Einspritzung abnehmenden Einspritzdruckes verändert sich jedoch die Emissionszusammensetzung einer derart betriebenen Verbrennungskraftmaschine zum Negativen, d.h. im Abgas sind zu viele Schadstoffe enthalten.

**[0002]** Es ist bekannt, Piezoaktoren zum Antrieb mechanischer oder hydraulischer Steuerglieder oder Ventile einzusetzen. Insbesondere zum Antrieb und zur Betätigung von Einspritzventilen in Kraftstoffeinspritzeinrichtungen bei direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen finden Piezoaktoren zunehmend Verwendung. Besonders vorteilhaft erscheinen direktgesteuerte Systeme, da diese sehr schnell reagieren und das mehrfache Einspritzen von Kraftstoff in kurzen zeitlichen Abständen während eines Verbrennungstaktes erlauben. Mehrfacheinspritzungen erweisen sich in Bezug auf Geräuschkomfort und Abgasqualität als sehr vorteilhaft. Bei direktgesteuerten Kraftstoffeinspritzventilen umgibt das

einzuspritzende Medium, d.h. im Regelfall der Kraftstoff, den das Einspritzventil betätigenden Aktor. In diesem Zusammenhang wird auch von einem "nassen" Aktor gesprochen.

**[0003]** Da einzuspritzende Medien, wie zum Beispiel Dieselmotorkraftstoff, teilweise elektrisch leitend sind und korrosive Eigenschaften haben können, ist das eingesetzte Piezoaktormodul gegenüber dem einzuspritzenden Medium zu isolieren. Im Stand der Technik erfolgt diese Isolation des Aktormoduls gegen das einzuspritzende Medium durch einen auf den Aktor aufgetragenen Überzug in Gestalt eines Schrumpfschlauches oder durch aufwändig aufgetragene Beschichtungen. Eine dergestalt auf einem Piezoaktor aufgetragene Isolierung erweist sich insbesondere bei hohen Systemdrücken, die mehr als 1600 bar betragen können, als problematisch, einerseits bezüglich der Kosten und andererseits bezüglich der erzielbaren Dauerhaltbarkeit. Die Notwendigkeit zur Verbesserung der Abgasqualität direkt einspritzender Verbrennungskraftmaschinen durch eine weitere Anhebung der Einspritzdrücke verschärft diese Problematik zusätzlich.

**[0004]** Ein weiteres Problemfeld in Bezug auf die in Rede stehenden Kraftstoffinjektoren stellen hydraulische Druckschwingungen dar, die im einzuspritzenden Medium, in der Regel Kraftstoff, durch schnelles Öffnen und schnelles Schließen des Einspritzventilgliedes hervorgerufen werden. Damit diese auftretenden Druckschwingungen die einzuspritzende Kraftstoffmenge nicht unkontrolliert beeinflussen, was zur unerwünschten Abweichungen im Verbrennungsablauf und hinsichtlich der erzielbaren Abgasqualität führen kann, sind diese Druckschwingungen durch ausreichend große Flüssigkeitsvolumina innerhalb des Kraftstoffinjektors zu bedämpfen.

**[0005]** Bei zukünftig zu erwartenden Neuentwicklungen von Kraftstoffinjektoren für Hochdruckeinspritzsysteme wird der Schwerpunkt auf Robustheit und kostengünstiger Herstellbarkeit liegen. Des Weiteren haben künftige Injektorgenerationen die neuen nochmals verschärften Abgasnormen, so zum Beispiel die Norm EU5 und weitere zu erwartende Normen, zu erfüllen. Die Abgaswerte werden bei heutigen und zukünftigen Systemauslegungen mehrheitlich über eine Druckerhöhung, so zum Beispiel über eine Systemdruckerhöhung im Hochdruckspeicherraum (Common-Rail) sowie über intelligente Ansteuerstrategien, welche eine sehr eng gelagerte Mehrfacheinspritzung voraussetzen, zu reduzieren sein. Die heute eingesetzten, insbesondere bei Hochdruckspeichereinspritzsystemen (Common-Rail) eingesetzten Kraftstoffinjektoren sind hinsichtlich ihres Aufbaus sehr teuer, da sie eine Vielzahl von hochgenau zu bearbeitenden Komponenten aufweisen und für zukünftig zu erwartende Ansteuerstrategien nur bedingt tauglich sind.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Der erfindungsgemäß vorgeschlagene Kraftstoffinjektor erlaubt eine Realisierung von kurz aufeinanderfolgenden Mehrfacheinspritzungen und eine sehr gute Reproduzierbarkeit hinsichtlich der eingebrachten Kraftstoffmenge, d.h. eine besonders gute Hub/Hub-Stabilität. Im erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor ist ein schnellschaltendes, toleranzunempfindliches Schaltventil eingebaut, welches auch bei höheren Systemdrücken, die im Hochdruckspeicherkörper mittels eines Hochdruckaggregates erzeugt werden, problemlos schaltet. Das Schaltventil wird bevorzugt druckausgeglichen ausgebildet, so dass geringere Schaltkräfte notwendig sind. Dies wiederum begünstigt die Beaufschlagung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors mit höheren Systemdrücken, d.h. höheren im Hochdruckspeicher erzeugten Drücken. Durch die Entkopplung des Betätigungsorganes, bei dem es sich z. B. um einen Piezoaktor handelt, vom Kraftstoff, insbesondere vom Dieseldieselkraftstoff, wird die Integration des Aktormoduls in den Kraftstoffinjektor wesentlich einfacher und damit kostengünstiger, da der Aktor der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung nunmehr nicht mehr gegen den Kraftstoff abzuschirmen ist. Die erheblich reduzierte Anzahl der Bauteile führt zu einem kostengünstig in Großserienproduktion herstellbaren Kraftstoffinjektor, der insbesondere an Hochdruckspeichereinspritzsystemen (Common-Rail) eingesetzt werden kann.

**[0007]** Der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung folgend, wird das bevorzugt als Piezoaktor ausgebildete Betätigungsorgan in einem kraftstofffreien, insbesondere in einem dieseldieselkraftstofffreien Raum im Haltekörper untergebracht, welcher zum einen durch eine zum Beispiel als O-Ring ausgebildete Abdichtung und zum anderen durch ein Federelement vom Niederdruckpfad des Kraftstoffinjektors getrennt ist, so dass das Aktormodul nicht durch den noch unter einem Restdruckniveau stehenden Kraftstoff, insbesondere Dieseldieselkraftstoff, beaufschlagt ist.

**[0008]** Das druckausgeglichen ausgebildete Schaltventil umfasst einen Führungsstift, einen Ventilbolzen sowie eine Druckfeder, welche den Ventilbolzen in einer Ruhestellung gegen einen Dichtsitz drückt. An der den Einspritzöffnungen zugewandten Stirnfläche des Führungsstiftes steht ein in einem Steuerraum herrschender Druck an, so dass der Führungsstift stets gegen eine Einstellscheibe gedrückt wird. Bedingt durch den relativ großen Druckunterschied zwischen dem Hochdruckbereich und dem Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors, kommt es zu einer kontinuierlichen Leakage durch die Radialführung zwischen dem Führungsstift, der im Ventilbolzen verschieblich aufgenommen ist. Diese Leakage wird durch die Radialführung zwischen Ventilbolzen und Ventilbohrung über mindestens eine Querbohrung in einen Niederdruckraum und von dort in einen Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors geleitet.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

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

**[0010]** Es zeigt:

Figur 1 einen Schnitt durch den erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektor, einen Haltekörper einer Drosselplatte sowie ein Düsenmodul umfassend, die zusammen mit einer Düsenspannmutter einen Schraubverbund bilden,

Figur 1.1 ein niederdruckseitiges Drosselrückschlagventil,

Figur 2 eine vergrößerte Darstellung des druckausgeglichen ausgebildeten, als 2/2-Wege-Ventil ausgebildeten Schaltventiles,

Figur 3 eine alternative Ausgestaltung der Ankopplung eines hydraulischen Kopplers.

## Ausführungsformen

**[0011]** Figur 1 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors, einen Haltekörper, eine Drosselplatte, ein Düsenmodul umfassend, die miteinander über eine Düsenspannmutter zu einem Schraubverbund gefügt sind.

**[0012]** Der Darstellung gemäß Figur 1 ist entnehmbar, dass ein erfindungsgemäß ausgebildeter Kraftstoffinjektor 10 ein Düsenmodul 12, eine Drosselplatte 14 sowie einen Haltekörper 18 umfasst, die über eine Düsenspannmutter 16 miteinander gefügt sind und einen Schraubverbund bilden. Die in den Kraftstoffinjektor 10 eingebrachte Axialkraft, mit der das Düsenmodul 12, die Drosselplatte 14 sowie der Haltekörper 18 miteinander verspannt sind, ist abhängig von dem Anzugsdrehmoment, mit dem die Düsenspannmutter 16 bei der Montage beaufschlagt wird.

**[0013]** Im Haltekörper 18 des Kraftstoffinjektors 10 befindet sich ein Aktormodul 20. Mittels des Aktormoduls 20 wird ein hydraulisches 2/2-Wege-Schaltventil 22 angesteuert. Der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung folgend, ist das Aktormodul 20 in einem kraftstofffreien Raum 24 im Haltekörper 18 angeordnet. Der kraftstofffreie Raum 24 ist durch eine Abdichtung 26, die in einfacher und wirksamer Weise als O-Ring ausgebildet ist, und zum anderen durch ein Federelement 28 vom Niederdruckpfad des Kraftstoffinjektors 10 getrennt. Das Federelement 28 ist einerseits an einem oberen Bund 32 mit einem Kopplerkopf 34 stoffschlüssig verbunden, so zum Beispiel verklebt oder verschweißt, und hält den Aktor des Aktormoduls 20 in jedem seiner Betriebszustände unter einer definierten Vorspannung. Des Weiteren ist das Federelement 28 am unteren Bund 36 derart ausgebildet, dass ein Radialspiel zwischen dem Kopp-

lerkopf 34 und dem Federelement 28 einen kurzzeitigen Druckaufbau innerhalb eines Kopplerraumes 38 zulässt. Die Einstellung der durch das Federelement 28 erzeugten Federkraft erfolgt durch die Einstellscheibe 40, die im unteren Bereich des Haltekörpers 18 oberhalb einer oberen Planseite der Drosselplatte 14 eingelegt ist. Zwischen der Einstellscheibe 40, dem Haltekörper 18 und dem unteren Bund 36 befindet sich die Abdichtung 26, die in bevorzugter Weise als O-Ring ausgebildet ist.

**[0014]** Unterhalb der Einstellscheibe 40, die unter Zwischenschaltung der Abdichtung 26 in den Haltekörper 18 des Kraftstoffinjektors 10 eingelassen ist, befindet sich das druckausgeglichene ausgebildete 2/2-Wege-Schaltventil 22.

**[0015]** Figur 1.1 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Niederdruckseite.

**[0016]** In der Niederdruckleitung, über welche Leckage aus der Leckagebohrung 64 in den Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors 10 abgesteuert wird, ist zur Erhöhung des niederdruckseitigen Restdrucks ein Drosselrückschlagventil 100 eingelassen. Anstelle des in Figur 1.1 in vergrößerter Darstellung wiedergegebenen Drosselrückschlagventils 100 kann auch in der Leitung unmittelbar eine Drosselstelle ausgebildet sein.

**[0017]** Der Darstellung gemäß Figur 2 ist entnehmbar, dass das 2/2-Wege-Ventil 22 einen Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 aufweist, der eine Durchgangsöffnung, insbesondere eine Durchgangsbohrung, aufweist, in der sich ein Führungsstift 42 befindet. Der Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 des 2/2-Wege-Schaltventils 22 wird über eine Druckfeder 46 beaufschlagt, die sich - wie in Figur 1 dargestellt - an der Unterseite der in den Haltekörper 18 eingelegten Einstellscheibe 40 abstützt. An der dem Düsenmodul 12 zuweisenden Stirnseite ist der Führungsstift 42 mit in einem Steuerraum 86 herrschenden Systemdruck beaufschlagt. Dadurch wird der Führungsstift 42 mit seiner gegenüberliegenden Stirnseite gegen die untere Stirnseite der Einstellscheibe 40 gedrückt. Bedingt durch den großen Druckunterschied zwischen einem Hochdruckbereich 52, d.h. einem Bereich, in dem Systemdruck vom Steuerraum 86 aus anliegend, herrscht, und einem Ventilraum 54 oberhalb des Ventilbolzens oder Ventilkolbens 44, kommt es zu einer kontinuierlichen Leckage entlang einer Radialführung 56, in der der Führungsstift 42 im Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 des druckausgeglichene ausgebildeten 2/2-Wege-Ventils 22 geführt ist. Diese kontinuierlich über die Radialführung 56 abströmende Leckagemenge wird wiederum durch die Radialführung zwischen dem Ventilbolzen beziehungsweise Ventilkolben 44 und einer Ventilbohrung 58 über mindestens eine Querbohrung 60, eine Leckagebohrung 64 und einen Niederdruckraum 62 in den Niederdruckbereich 66 des Kraftstoffinjektors abgesteuert.

**[0018]** Zurückkommend auf die Darstellung gemäß Figur 1, ist im Düsenmodul 12 des Schraubverbundes des Kraftstoffinjektors 10 ein Düsenraum 68 ausgebildet. Der Düsenraum 68 ist durch eine Steuerrraumhülse 85 vom

Steuerraum 86 getrennt. Die Steuerrraumhülse 85 ist durch eine Druckfeder beaufschlagt, die sich an einem Bund eines bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 abstützt. Der Düsenraum 68 wird über eine Hochdruckpumpe 7 oder eine andere Hochdruckquelle, wie zum Beispiel einen Hochdrucksammelraum (Common-Rail) eines Kraftstoffeinspritzsystems mit unter jeweiligem Systemdruck stehenden Kraftstoff versorgt. Der unter Systemdruck stehende Kraftstoff strömt über Versorgungsbohrungen 70 durch den Haltekörper 18 und die Drosselplatte 14 dem Düsenraum 68 zu. Der Steuerraum 86 wird über einen Abzweig von der Versorgungsbohrung 70, in der eine Zulaufdrossel 96 ausgebildet ist, mit unter Systemdruck stehendem Kraftstoff beaufschlagt. Die Druckentlastung des Steuerraumes 86 erfolgt mittels des druckausgeglichene ausgebildeten 2/2-Wege-Schaltventils 22 und über eine den Steuerraum 86 druckentlastende, zum Führungsstift 42 im Ventilbolzen oder Ventilkolben 44 fluchtend angebrachte Ablaufdrossel 88. Bezugszeichen 90 bezeichnet den Durchmesser, den das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 im Bereich seines Sitzes oberhalb der mindestens einen Einspritzöffnung 94 im Düsenmodul 12 aufweist. Der Darstellung gemäß Figur 1 kann überdies entnommen werden, dass das Aktormodul 20 einen aus einem Piezokristallstapel geschichtet aufgebauten Aktor 74 aufnimmt, der über eine elektrische Kontaktierung 56 bestrombar ist. Mit Bezugszeichen 80 ist ein Aktorfuß bezeichnet, Bezugszeichen 84 bezeichnet einen Ventilsitz gemäß der Darstellung in Figur 2, auf dem eine auch ballig ausbildbare Unterseite des Ventilbolzens oder Ventilkolbens 44 des druckausgeglichene ausgebildeten 2/2-Wege-Schaltventils 22 aufsitzt. Der in Figur 2 dargestellte Bereich stellt eine vergrößerte Darstellung des in Figur 1 bereits dargestellten 2/2-Wege-Schaltventils 22 dar.

**[0019]** Im Zusammenhang mit der Darstellung gemäß Figur 2 ist noch zu erwähnen, dass mit  $p_K$  der Druck im Kopplerraum 38 bezeichnet ist und  $p_N$  einen Druck bezeichnet, der im Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors 10 herrscht.

**[0020]** Die Funktionsweise des erfindungsgemäß vorgeschlagenen, in den Figuren 1 und 2 dargestellten Kraftstoffinjektors stellt sich folgendermaßen dar:

**[0021]** Während der Öffnungsphase des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 wird der Aktor 74 über die elektrische Kontaktierung 76, die über eine niederdruckfeste Abdichtung 78 am Aktorfuß 80 aus dem Kraftstoffinjektor 10 geführt wird, invers angesteuert. Das inverse Ansteuern des Aktors 74 bedeutet, dass in der Ruhestellung des Aktors 74 eine positive Spannung an diesem anliegt. Der Aktor 74 hat somit in seiner Ruhestellung seine maximale Länge in axiale Richtung, d.h. in Richtung der Mittellinie des Piezokristallstapels - wie in Figur 1 angedeutet.

**[0022]** Wird der Piezoaktor 74 entladen, verkürzt sich seine Länge. Aufgrunddessen bewegt sich der Kopplerkopf 34 in vertikale Richtung nach oben. Bedingt durch

das eng tolerierte Spiel zwischen dem Kopplerkopf 34 und dem Federelement 28 im Bereich des unteren Bundes 36 baut sich der Druck  $p_K$  innerhalb des Koplerrumes 38 ab. Über die Verbindungsbohrung 82 baut sich im Ventilraum 54 der Druck ebenfalls ab. Da der Ventilsitz 84 am Ventilkolben 44 den Sitzdurchmesser  $d_S$  aufweist, wirkt in Öffnungsrichtung eine hydraulische Kraft  $F_{\text{Öff}}$  an der Fläche  $\pi/4 \cdot (d_V^2 - d_S^2)$ . Der Druck im Rücklaufsystem liegt höher als 1 bar, bedingt durch eine dort angeordnete Drossel 100 oder ein Drosselrückschlagventil 100, vergleiche Figur 1.1.

**[0023]** Der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 verfährt erst aus seinem Dichtsitz 48, wenn eine in Schließrichtung wirkende Kraft  $F_{\text{Schließ}} \leq F_{\text{Öff}}$  beträgt, wobei  $F_{\text{Schließ}}$  aus der Federkraft  $F_F$  und der hydraulischen Kraft  $F_{\text{Hyd}}$ , die ebenfalls an der Fläche  $\pi/4 \cdot (d_V^2 - d_S^2)$  wirkt, gebildet wird. Der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 verfährt bis zum Anschlag, der durch die Unterkante der Einstellscheibe 40 gebildet wird. Da nun der Niederdruckpfad freigegeben wird, baut sich der Druck im Steuerraum 86 oberhalb des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 über die Ablaufdrossel 88 ab. Bedingt durch die Ausbildung einer Druckstufe oberhalb des Nadelsitzdurchmessers 90 bewegt sich das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 aus seinem Sitz und ermöglicht eine Einspritzung von unter Systemdruck stehendem Kraftstoff über die mindestens eine am brennraumseitigen Ende des Düsenmoduls 12 angeordnete Einspritzöffnung 94. Über die Dimensionierung der Ablaufdrossel 88 sowie die Dimensionierung der Zulaufdrossel 96 kann die Öffnungsgeschwindigkeit beziehungsweise die Schließgeschwindigkeit des nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes vorgegeben werden.

**[0024]** Zur Beendigung der Einspritzung wird der Piezoaktor 74 des Aktormoduls 20 wieder auf seine Basisspannung geladen, so dass sich, im Gegensatz zur Öffnungsphase des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92, in der Schließphase die längste Ausdehnung des Piezokristallstapels des Aktors 74 einstellt. Aufgrund der Längung des Piezokristallstapels des Piezoaktors 74 bei Beaufschlagung mit seiner Basisspannung wird das im Koplerraum 38 enthaltene Kraftstoffvolumen komprimiert, so dass der Druck  $p_K$  im Koplerraum ansteigt. Da nun der Druck  $p_K$  im Koplerraum den im Niederdruckbereich herrschenden Druck  $p_N$  unterhalb der Ventilsitzfläche 84 übersteigt, verfährt der Ventilkolben beziehungsweise der Ventilkolben 44 wieder in den Dichtsitz 48 und entkoppelt die Verbindung zwischen dem Steuerraum 86 und dem niederdruckseitigen Bereich des Kraftstoffinjektors 10. Daraufhin gleicht sich der Druck im Steuerraum 86 durch den Zufluss über die Zulaufdrossel 96 wieder dem Systemdruck an, der im Hochdrucksammelraum herrscht oder durch ein Hochdruckförderaggregat erzeugt wird.

**[0025]** Da am brennraumseitigen Ende des bevorzugt nadelförmig ausgebildeten Einspritzventilgliedes 92 ein

geringerer Druck herrscht als an der dem Brennraum abgewandten Stirnfläche des Einspritzventilgliedes 92 innerhalb des Steuerraumes 86, verfährt das bevorzugt nadelförmig ausgebildete Einspritzventilglied 92 wieder in seinen Düsensitz, so dass die Einspritzung beendet ist.

**[0026]** Alternativ zur in den Figuren 1 und 2 vorstehend beschriebenen Ausführungsform des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Kraftstoffinjektors 10, ist eine Befüllung des kraftstofffreien Raumes 24 mit einem elektrisch isolierenden Fluid denkbar. Durch das elektrisch isolierende Fluid wird bewirkt, dass die Temperatur am Aktor 74, welche im Betrieb des Aktors 74 entsteht, aufgrund des höheren Temperaturleitwertes von Flüssigkeiten gegenüber Luft schneller abgeführt werden kann.

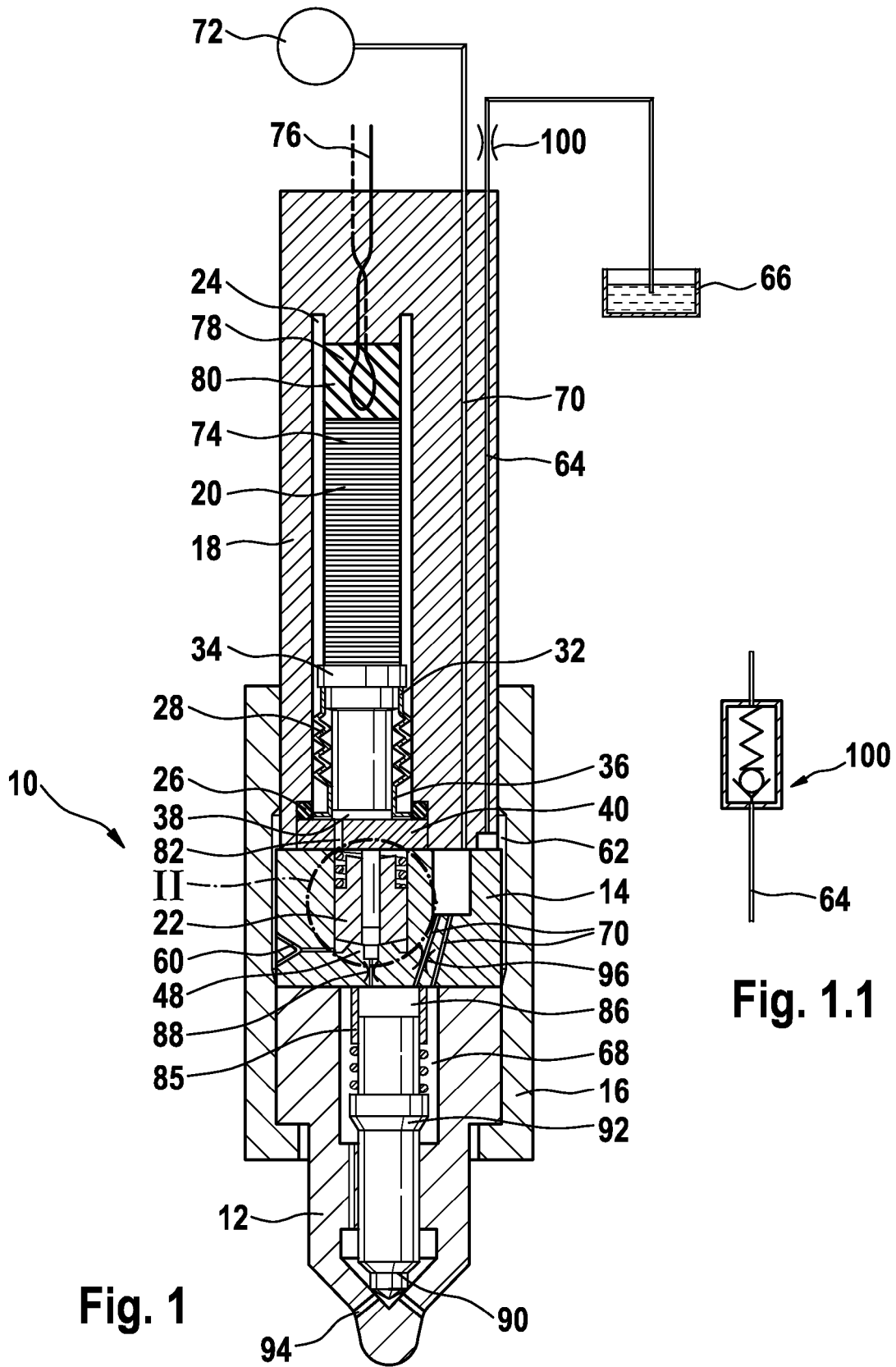
**[0027]** Figur 3 zeigt eine alternative Ausführungsvariante des Kraftstoffinjektors 10, bei der eine zusätzliche Hülse 98 in den Innendurchmesser des Federelementes 28 eingepresst ist. Zu dieser Ausführungsvariante kann dann gegriffen werden, falls die Radialführung zwischen dem Kopplerkopf 34 und dem Federelement 28 am unteren Bund 36 aus fertigungstechnischen Gründen nicht umsetzbar ist.

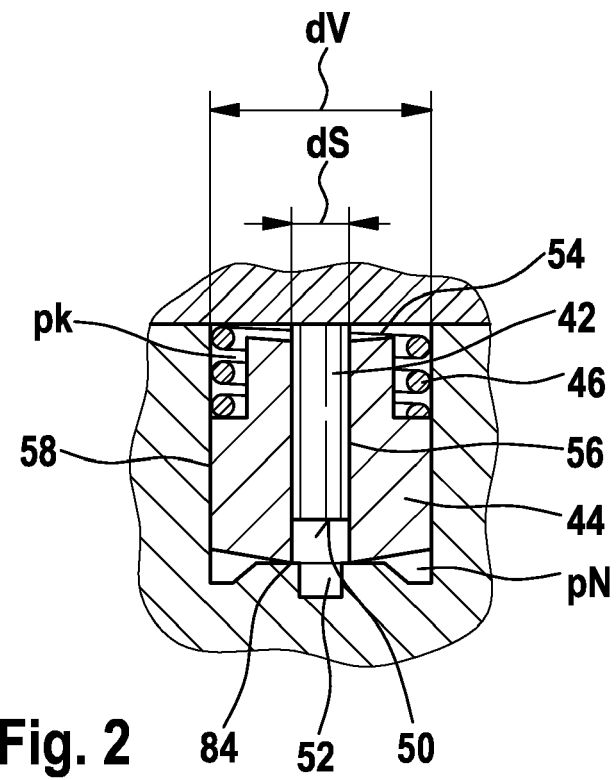
**[0028]** Durch die Drossel 100 beziehungsweise das in der Niederdruckleitung angeordnete Drosselrückschlagventil im Niederdruckbereich wird der Druck angehoben. Anstelle der in Figur 1 dargestellten Drosselstelle 100 kann in der Niederdruckleitung auch das in Figur 1.1 dargestellte Drosselrückschlagventil 100 eingesetzt werden, durch das das niederdruckseitige Druckniveau angehoben wird. Je höher das Niederdruckniveau gehalten werden kann, umso leichter lässt sich die Funktion des Schaltventiles aufgrund des geringen Aktorhubes umsetzen.

## Patentansprüche

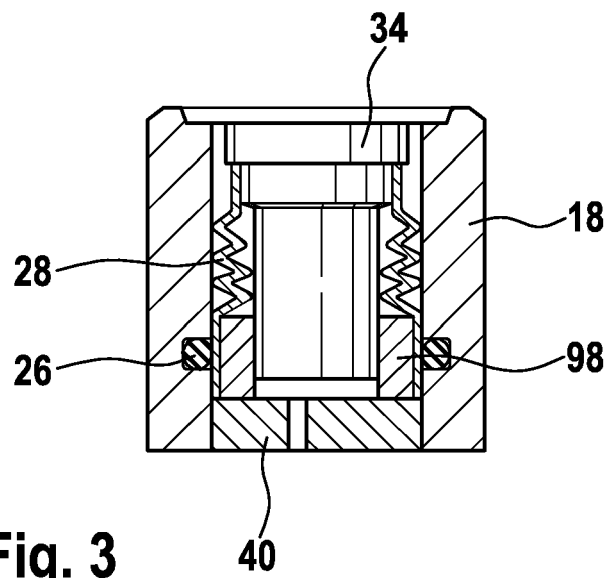
1. Kraftstoffinjektor (10) mit einem Düsenmodul (12), einer Drosselplatte (14) und einem Haltekörper (18), wobei im Haltekörper (18) ein Aktormodul (20, 74) aufgenommen ist, welches ein Schaltventil (22) zur Druckbeaufschlagung oder Druckentlastung eines Steuerraumes (86), über welchen ein bevorzugt nadelförmig ausgebildetes Einspritzventilglied (92) betätigt wird, umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** das 2/2-Wege-Schaltventil (22) druckausgeglichen ist, einen Ventilkörper (44) aufweist, welcher eine Durchgangsöffnung enthält, in der ein Führungsstift (42) geführt ist, der innerhalb eines Hochdruckbereiches (52) mit unter Systemdruck stehendem Kraftstoff beaufschlagt ist.
2. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ventilkörper (44) des 2/2-Wege-Schaltventiles (22) von einer Druckfeder (46) beaufschlagt wird, die sich an einer Einstellscheibe (40) am Haltekörper (18) abstützt.

3. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchgangsöffnung im Ventilkörper (44) mit einem Kanal zur Druckentlastung des Steuerraums (86) fluchtet, in welchem eine Ablaufdrossel (88) ausgebildet ist. 5
  
4. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aktormodul (20), insbesondere ein Piezoaktor (74), in einem kraftstofffreien Raum (24) innerhalb des Haltekörpers (18) aufgenommen ist. 10
  
5. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kraftstofffreie Raum (24) durch eine Abdichtung (26) einerseits und durch einen Kopplerkopf (34) beaufschlagendes Federelement (28) gegen Kraftstoff abgedichtet ist. 15
  
6. Kraftstoffinjektor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Federelement (28) 20 von einem oberen Bund (32) des Kopplerkopfes (34) zu dessen unterem Bund (36) erstreckt und zwischen der Einstellscheibe (40) und dem Haltekörper (18) eingespannt ist. 25
  
7. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aktormodul (20), insbesondere der Aktor (74), in jedem Betriebszustand über das am oberen Bund (32) am Kopplerkopf (34) formschlüssig befestigte Federelement (28) unter Vorspannung gehalten ist. 30
  
8. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Federelement (28) am oberen Bund (32) des Kopplerkopfes (34) formschlüssig befestigt ist und das Federelement (28) über eine zusätzlich eingepresste Hülse (98) am Haltekörper (18) befestigt ist. 35 40
  
9. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einstellscheibe (40) eine Verbindungsbohrung (82) aufweist, über welche ein Kopp- 45 lerraum (38) unterhalb des Kopplerkopfes (34) und ein Ventilraum (54) oberhalb des Ventilkörpers (44) des 2/2-Wege-Schaltventiles (22) hydraulisch in Verbindung stehen. 50
  
10. Kraftstoffinjektor gemäß einem oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über eine Radialführung (56) des Führungsstiftes (52) im Ventilkörper (44) abfließende Leckage über eine Leckagebohrung (64) in den 55 Niederdruckbereich (66) des Kraftstoffeinspritzsystems abgeführt wird.





**Fig. 2**



**Fig. 3**

**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 10218904 A1 [0001]