(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 009 148 A1** 2006.09.07

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 009 148.2**
(22) Anmeldetag: **01.03.2005**
(43) Offenlegungstag: **07.09.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***F02M 51/06*** (2006.01)
F02M 61/18 (2006.01)

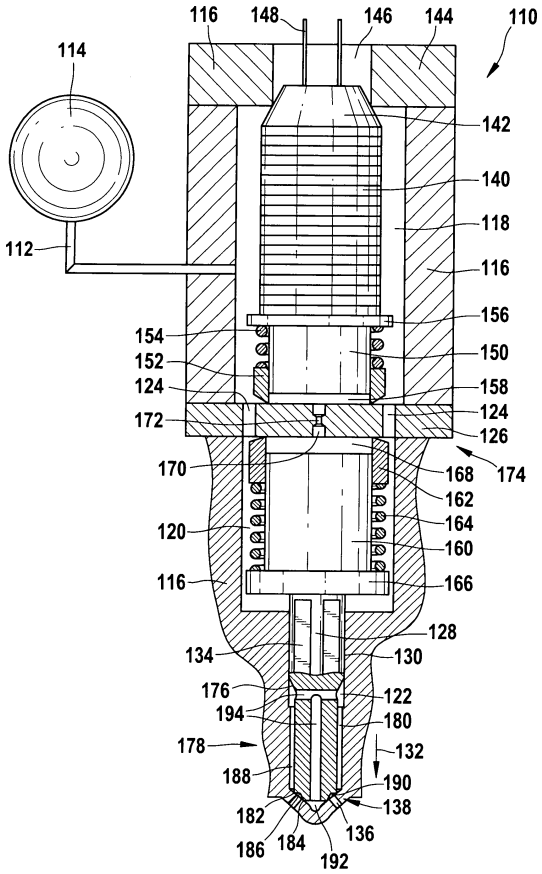
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Magel, Hans-Christoph, 72793 Pfullingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffinjektor mit direktgesteuertem Einspritzventilglied mit Doppelsitz**

(57) Zusammenfassung: Zur Versorgung von Brennräumen selbstzündender Verbrennungskraftmaschinen mit Kraftstoff wird ein Kraftstoffinjektor (110) vorgeschlagen, welcher über eine Hochdruckquelle (114) mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgt wird. Der vorgeschlagene Kraftstoffinjektor (110) verfügt über eine direkte Steuerung eines Einspritzventilglieds (128) durch einen Piezo-Aktor (140) über einen hydraulischen Übersetzer (174). Weiterhin weist das Einspritzventilglied (128) des Kraftstoffinjektors (110) einen Doppelsitz auf. Für diesen Zweck ist das Einspritzventilglied (128) mit zwei Dichtsitzen (182, 184) versehen. Diese beiden Dichtsitze (182, 184) unterteilen einen Düsenraum (122) des Kraftstoffinjektors (110) in drei Teilräume (188, 190, 192). Dabei stehen bei geschlossenem Einspritzventilglied (128) ein erster Teilraum (188) und ein dritter Teilraum (192) fluidisch miteinander in Verbindung und werden mit Kraftstoff versorgt. Der zweite Teilraum (190), welcher mit Einspritzöffnungen (136) in Verbindung steht, ist hingegen durch die Dichtsitze (182, 184) fluidisch von den Teilräumen (188, 192) entkoppelt. Die vorgeschlagene Anordnung mit einer Kombination aus direkter Nadelsteuerung und Doppelsitz des Einspritzventilglieds (128) weist den Vorteil auf, dass eine Entdrosselung des Kraftstoffinjektors (110) bei sehr geringem Einspritzventilgliedhub auftritt. Dadurch lassen sich insbesondere auch kurze Piezo-Aktoren (140) einsetzen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von über eine Hochdruckquelle dem Kraftstoffinjektor zugeführtem Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Kraftstoffinjektor mit direktgesteuertem Einspritzventilglied mit Doppelsitz.

Stand der Technik

[0002] Zur Versorgung von Brennräumen selbstzündender Verbrennungskraftmaschinen mit Kraftstoff können sowohl druckgesteuerte als auch hubgesteuerte Einspritzsysteme eingesetzt werden. Als Kraftstoffeinspritzsysteme kommen neben Pumpe-Düse-Einheiten, Pumpe-Leitung-Düse-Einheiten auch Speichereinspritzsysteme zum Einsatz. Speichereinspritzsysteme (Common-Rail) ermöglichen in vorteilhafter Weise, den Einspritzdruck an Last und Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine anzupassen.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Common-Rail-Injektoren mit Piezo-Aktoren bekannt, bei welchen eine Düsennadel über den Druck in einem oder mehreren Steuerräumen gesteuert wird. Der Druck in diesem bzw. diesen Steuerräumen wird über den Piezo-Aktor und gegebenenfalls ein oder mehrere Steuerventil gesteuert. Bei derartigen Aufbauten wird also die Düsennadel indirekt durch den Piezo-Aktor gesteuert.

[0004] Neben diesen indirekt gesteuerten Common-Rail-Injektoren sind mittlerweile aus dem Stand der Technik auch Systeme bekannt, bei denen eine Düsennadel direkt von einem Piezo-Aktor gesteuert wird. Derartige Injektoren weisen eine große Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit sowie zumeist einen vergleichsweise einfachen Injektoraufbau auf. Derartige Injektoren benötigen jedoch lange Piezo-Aktoren, um den notwendigen Düsennadelhub zu erreichen.

[0005] Aus der DE 195 19 191 C1 ist ein Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzsysteme bekannt, welches eine Düsennadel und eine die Düsennadel antreibenden Stößel aufweist sowie eine piezoelektrische Ansteuereinrichtung, die über einen Primär- und einen Sekundärkolben hydraulisch übersetzt ist. Über den Sekundärkolben treibt die piezoelektrische Ansteuereinrichtung den Stößel an, der wiederum die Düsennadel direkt steuert. Der in der DE 195 19 191 Cl beschriebene Aufbau ist jedoch vergleichsweise komplex und weist insbesondere den Nachteil auf, dass vergleichsweise lange Piezo-Aktoren eingesetzt werden müssen, um den nötigen Hub für den Einspritzvorgang zu erzielen und die Düsennadel zu entdrosseln.

[0006] Alternativ können hydraulische Übersetzer eingesetzt werden. Dabei sind jedoch meist große hydraulische Übersetzungen zwischen Aktorhub und Düsennadelhub erforderlich sowie eine Verwendung langer mechanischer Verbindungsteile. Daher weisen diese Injektoren in der Regel ein schlechtes, indirektes Übertragungsverhalten von der Schaltkraft des Aktors auf die Düsennadel auf.

Aufgabenstellung

Vorteile der Erfindung

[0007] Insbesondere zur Reduzierung der notwendigen Aktorlänge ist ein Einspritzventilglied erforderlich, das zum vollständigen Öffnen der Einspritzöffnungen nur einen geringen Hub durchlaufen muss. Dies kann mit einem Einspritzventilglied mit Doppelsitz und Kraftstoffversorgung über beide Dichtsitze erreicht werden. Der Kern der Erfindung besteht darin, einen solchen Doppelsitz des Einspritzventilglieds mit Kraftstoffversorgung der Einspritzöffnungen über beide Dichtsitze mit einer direkten Ansteuerung des Einspritzventilglieds durch einen Piezo-Aktor zu kombinieren, um dadurch eine optimierte Injektorauslegung zu erreichen. Zu diesem Zweck wird ein Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von über eine Hochdruckquelle unter Druck dem Kraftstoffinjektor zugeführten Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine vorgeschlagen. Dieser Kraftstoffinjektor weist ein Injektorgehäuse, einen Hochdruckraum, einen Druckraum, einen Düsenraum, einen in dem Hochdruckraum gelagerten elektrisch ansteuerbaren linearen Aktor und ein mit dem linearen Aktor über eine Kopplung gekoppeltes Einspritzventilglied auf. Dabei stehen der Druckraum und der Hochdruckraum sowie der Düsenraum und der Druckraum fluidisch miteinander in Verbindung. Das Einspritzventilglied ist in mindestens einem Führungsabschnitt linear geführt, so dass das Einspritzventilglied parallel bzw. antiparallel zu einer Schließrichtung eine Öffnungs- und eine Schließbewegung ausführen kann. Das Einspritzventilglied weist mindestens zwei Dichtsitze auf, dergestalt, dass in einer geschlossenen Stellung die Dichtsitze an mindestens einer Wand des Düsenraums anliegen. Dadurch wird der Düsenraum in mindestens drei Teilräume unterteilt, wobei ein in Schließrichtung erster und ein in Schließrichtung dritter Teilraum jeweils fluidisch mit dem Druckraum in Verbindung stehen. Ein in Schließrichtung zwischen dem ersten Teilraum und dem dritten Teilraum angeordneter zweiter Teilraum ist fluidisch vom ersten Teilraum und vom dritten Teilraum entkoppelt und steht fluidisch mit mindestens einer Einspritzöffnung zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum in Verbindung.

Petitioner Ex. 1029, p. 2
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

[0008] Bei dem Aktor kann es sich beispielsweise um einen Piezo-Aktor handeln, wobei jedoch auch andere Aktorbauformen, beispielsweise Magnet-Aktoren, einsetzbar sind. Bei der Kopplung kann es sich beispielsweise um eine hydraulische Kopplung handeln. Diese hydraulische Kopplung kann zusätzlich beispielsweise auch einen hydraulischen Übersetzer, insbesondere zum Übersetzen eines Hubes des Aktors in einen Hub des Einspritzventilglieds aufweisen. Auch dies soll im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer „direkten Nadelsteuerung" verstanden werden. Als besonders vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, wenn dieser Übersetzer ein Übersetzungsverhältnis im Bereich von 0,5 bis 2, vorzugsweise im Bereich von 1,0 bis 1,5 und besonders bevorzugt von 1,0 aufweist. Unter einem Übersetzungsverhältnis ist dabei das Verhältnis eines Einspritzventilgliedhubs zum Hub des Aktors zu verstehen.

[0009] Die hydraulische Kopplung kann beispielsweise über einen Kopplungsraum erfolgen, welcher insbesondere mit einem hydraulischen Fluid (vorzugsweise Kraftstoff) gefüllt ist und welcher beispielsweise durch einen mit dem Aktor verbundenen ersten Kopplerkolben und einen mit dem Einspritzventilglied verbundenen zweiten Kopplerkolben sowie mindestens eine Dichthülse begrenzt sein kann. Dabei kann die Dichthülse über mindestens eine Feder mit dem ersten und/oder dem zweiten Kopplerkolben verbunden sein. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn der mindestens eine Kopplungsraum einen ersten Kopplungsraum und einen zweiten Kopplungsraum aufweist, welche über mindestens einen Verbindungskanal fluidisch miteinander in Verbindung stehen. Dabei ist es von besonderem Vorteil, wenn dieser mindestens eine Verbindungskanal mindestens eine Drosselelement aufweist, an welcher der mindestens eine Verbindungskanal in seinem Querschnitt verengt ist. Die Kopplungsräume können beispielsweise über eine mit dem Injektorgehäuse verbundene Trennwand getrennt sein, wobei sowohl eine starre Verbindung wie auch eine flexible Verbindung eingesetzt werden kann. Weiterhin kann die mindestens eine Dichthülse auch zwei einzelne Dichthülsen aufweisen, wobei die erste Dichthülse über eine erste Feder mit dem ersten Kopplerkolben und die zweite Dichthülse über eine zweite Feder mit dem zweiten Kopplerkolben verbunden ist und wobei die erste Dichthülse und die zweite Dichthülse jeweils mit der Trennwand verbunden sind. Alternativ könnte auch die erste Dichthülse mit dem ersten Kopplerkolben und die zweite Dichthülse mit dem zweiten Kopplerkolben verbunden sein, wobei beide Dichthülsen jeweils über eine Feder an der Trennwand abgestützt sind. Auch eine Konstruktion, bei der jede Dichthülse jeweils mit einer Feder am jeweiligen Kopplerkolben und mit einer zweiten Feder an der Trennwand abgestützt ist, ist denkbar.

[0010] Die fluidische Verbindung zwischen dem Druckraum und dem Düsenraum bzw. dem Druckraum und dem ersten Teilraum und/oder dem zweiten Teilraum kann beispielsweise über mindestens einen in das Einspritzventilglied eingelassenen Strömungskanal erfolgen. Insbesondere bietet es sich dabei an, einen Strömungskanal in Form einer in das Einspritzventilglied eingelassenen Nut oder mehrerer derartiger Nuten zu verwenden.

[0011] Durch den erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor wird die erforderliche Aktorlänge zur direkten Nadelsteuerung stark reduziert. Zudem ist zwischen Aktor und Einspritzventilglied keine oder nur eine kleine Wegübersetzung notwendig, um den erforderlichen Einspritzventilgliedhub zu erreichen. Dabei ist eine Auslegung des hydraulischen Kopplers mit einem Hubübersetzungsverhältnis um Eins möglich. Somit ergibt sich ein sehr steifes Übertragungsverhalten der Aktorstellkräfte auf das Einspritzventilglied, wodurch eine optimale Stellgenauigkeit des Einspritzventilglieds erreicht wird. Eine solche Injektorauslegung erlaubt die genaue Zumessung kleiner Mengen an Kraftstoff. Durch die hohe Übertragungssteifigkeit und die schnelle Nadelbewegung wird ein robustes Design mit geringen Einflüssen von Fertigungstoleranzen erreicht.

Ausführungsbeispiel

Zeichnung

[0012] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

[0013] Es zeigt:

[0014] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines Kraftstoffinjektors mit einem Einspritzventilglied mit Doppelsitz und einer direkten Steuerung des Einspritzventilglieds über einen Aktor und einen hydraulischen Übersetzer;

[0015] Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines Kraftstoffinjektors mit einem Einspritzventilglied mit Doppelsitz und direkter Steuerung des Einspritzventilglieds mit einem einfachen Kopplungsraum; und

[0016] Fig. 3 ein drittes, zu Fig. 2 alternatives Ausführungsbeispiel mit einem einfachen Kopplungsraum und einer auf einem einzelnen Kopplerkolben geführten Dichthülse.

[0017] Fig. 1 zeigt ein erstes, bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Kraftstoffinjektors **110** zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine. Der Kraftstoffinjektor **110** ist über eine Hochdruckleitung **112** mit einem Druckspeicher (Common-Rail) **114** verbunden. Weiterhin weist der Kraftstoffinjektor **110** ein Injektorgehäuse **116** auf. Das Injektorgehäuse **116** weist einen Hoch-

Petitioner Ex. 1029, p. 3
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

druckraum **118** auf, welcher über die Hochdruckleitung **112** mit dem Druckspeicher **114** in Verbindung steht und mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgt wird. Weiterhin weist das Injektorgehäuse **116** einen Druckraum **120** sowie einen Düsenraum **122** auf. Der Druckraum **120** steht mit dem Hochdruckraum **118** über Kraftstoffkanäle **124** in Verbindung, welche in eine Trennwand **126** eingelassen sind, welche den Druckraum **120** vom Hochdruckraum **118** trennt. Die Kraftstoffkanäle **124** sind in diesem Ausführungsbeispiel als zylindrische Bohrungen ausgeführt, welche in die Trennwand **126** eingebracht sind. Auch andere Ausgestaltungen der Kraftstoffkanäle sind denkbar.

[0018] In den Druckraum **120** und den Düsenraum **122** ist ein Einspritzventilglied **128** eingebracht, welche entlang eines Führungsabschnitts **130** im Düsenraum **122** geführt ist. Somit kann sich das Einspritzventilglied **128** parallel oder antiparallel zu einer Schließrichtung **132** des Kraftstoffinjektors **110** bewegen. Im Führungsabschnitt **130** des Einspritzventilglieds **128** sind Strömungskanäle **134** in Form von in das Einspritzventilglied **128** eingelassenen Abflachungen vorgesehen. Auch andere Ausgestaltungen der Strömungskanäle **134** sind denkbar, beispielsweise Bohrungen etc. Diese Strömungskanäle **134** erstrecken sich vertikal und sind in diesem Ausführungsbeispiel entlang des Umfangs des Einspritzventilglieds gleichmäßig verteilt. Die Strömungskanäle **134** bewirken, dass trotz der Führung des Einspritzventilglied **128** im Führungsabschnitt **130** der Düsenraum **122** mit dem Druckraum **120** des Kraftstoffinjektors **110** fluidisch in Verbindung steht. Auf diese Weise kann Kraftstoff vom Hochdruckraum **118** durch den Druckraum **120** in Schließrichtung **132** hin zu einem oder einer Mehrzahl von Einspritzöffnungen **136** fließen, welche im unteren Bereich des Kraftstoffinjektors **110** in die Wand eines konisch zulaufenden Bereichs **138** des Düsenraums **122** eingelassen sind. Die Ausgestaltung dieser Einspritzöffnungen **136** ist aus dem Stand der Technik bekannt und kann, in Abhängigkeit von dem Verbrennungsmotor, beispielsweise in ihrer Gestalt, Anzahl und Anordnung variieren.

[0019] In den Hochdruckraum **118** ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Piezo-Aktor **140** eingebracht, welcher sich in Schließrichtung **132** des Einspritzventilglieds **128** ausdehnen bzw. zusammenziehen kann. Der Piezo-Aktor **140** ist an seiner Oberfläche durch eine geeignete Abdichtung gegenüber dem Umgebungsmedium (Kraftstoff) abgedichtet, damit die Funktionalität des Piezo-Aktors **140** durch den Kraftstoff nicht beeinträchtigt wird. Der Piezo-Aktor **140** ist an seiner Oberseite über eine Dichtelement **142** gegen eine obere Wand **144** des Injektorgehäuses **116** abgestützt. In die obere Wand **144** ist eine Öffnung **146** eingebracht, über welche elektrische Kontakte **148** zur Ansteuerung des Piezo-Aktors **140** aus dem Injektorgehäuse **116** herausgeführt werden. Die Öffnung **146** kann nach dem Herausführen der elektrischen Kontakte **148** durch eine geeignete Dichtmasse, beispielsweise einen Kunststoff, dicht verschlossen werden.

[0020] An seinem unteren Ende ist der Piezo-Aktor **140** mit einem ersten Kopplerkolben **150** verbunden. Diese erste Kopplerkolben **150** ist an seinem unteren Rand von einer ersten Dichthülse **152** umgeben, welche über eine erste Spiralfeder **154** gegenüber einem Vorsprung **156** des ersten Kopplerkolbens **150** abgestützt ist und somit gegen die Trennwand **126** gepresst wird. Die erste Dichthülse **152** hat ringförmige Gestalt und liegt dicht am ersten Kopplerkolben **150** an. Somit bildet sich zwischen dem ersten Kopplerkolben **150** und der Trennwand **126** ein erster Kopplungsraum **158**, welcher durch die Trennwand **126**, den ersten Kopplerkolben **150** und die Dichthülse **152** begrenzt wird. Die erste Dichthülse **152** ist an ihrem unteren Ende spitz zulaufend ausgeformt, so dass eine Dichtkante gebildet wird. Der erste Kopplungsraum **158** kann beispielsweise durch eine entsprechende Spaltströmung in der Führung oder auch durch andere Drosselelemente mit Kraftstoff befüllt werden.

[0021] Das obere Ende des Einspritzventilglieds **128** weist einen zweiten Kopplerkolben **160** auf. Wie auch der erste Kopplerkolben **150** ist auch der zweite Kopplerkolben **160** zylindrisch ausgestaltet. An seinem oberen Ende ist der zweite Kopplerkolben **160** umgeben von einer zweiten, kreisringförmigen Dichthülse **162**, deren Rand nach oben hin in diesem Ausführungsbeispiel wiederum spitz zuläuft. Auch andere Ausgestaltungen der Dichthülsen **152**, **162** sind denkbar. Die zweite Dichthülse **162** ist durch eine zweite Spiralfeder **164** auf einem Vorsprung **166** des zweiten Kopplerkolbens **160** abgestützt und wird dadurch gegen die Trennwand **126** gepresst. Die Dichthülse **162**, die obere Fläche des zweiten Kopplerkolbens **160** und die Trennwand **126** begrenzen einen zweiten Kopplungsraum **168**. Wiederum kann dieser zweite Kopplungsraum **168** beispielsweise über eine Spaltströmung oder andere Drosselelemente mit Kraftstoff befüllt werden.

[0022] In die Trennwand **126** ist weiterhin ein Verbindungskanal **170** eingelassen, über welchen Kraftstoff aus dem ersten Kopplungsraum **158** in den zweiten Kopplungsraum **168** strömen kann und umgekehrt. Der Verbindungskanal **170** weist im Wesentlichen die Gestalt einer zylindrischen Bohrung auf. Auch andere Ausgestaltungen sind denkbar, beispielsweise eine Mehrzahl von Bohrungen oder auch nicht-geradliniger Verlauf der des Verbindungskanals **170**. Vorzugsweise näherungsweise mittig weist der Verbindungskanal **170** ein Drosselelement **172** in Form einer räumlich gegenüber der Länge des Verbindungskanals **170** begrenzten Verengung auf.

Petitioner Ex. 1029, p. 4
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

Auch andere Ausgestaltungen des Drosselelements **172** sind denkbar.

[0023] Die beiden Kopplungsräume **158** und **168** realisieren eine hydraulische Kraft-Übertragung zwischen dem ersten Kopplerkolben **150** (und damit dem Piezo-Aktor **140**) und dem Einspritzventilglied **128**. Durch diese hydraulische Kraft-Übertragung wird insbesondere ein Ausgleich von Temperaturdehnungen und Fertigungstoleranzen der Bauelemente bewirkt. Gleichzeitig kann durch diesen hydraulischen Koppler eine Weg-Kraft-Übertragung zwischen Piezo-Aktor **140** und Einspritzventilglied **128** realisiert werden.

[0024] Im Ruhezustand herrscht in den beiden Kopplungsräumen **158** und **168** der gleiche Druck wie im Hochdruckraum **118**, also näherungsweise der Druck des Druckspeichers **114** (Rail-Druck). Das Einspritzventilglied **128** ist dann geschlossen. Der Piezo-Aktor **140** ist im Ruhezustand elektrisch aufgeladen und weist somit seine maximale Längenausdehnung auf. Zur Ansteuerung des Kraftstoffinjektors **110** wird der Piezo-Aktor **140** entladen, wodurch sich der Piezo-Aktor **140** verkürzt und der erste Kopplerkolben **150** entgegen der Schließrichtung **132** bewegt wird. Dadurch fällt der Druck im ersten Kopplungsraum **158** ab. Zum Druckausgleich strömt Kraftstoff aus dem zweiten Kopplungsraum **168** durch den Verbindungskanal **170** in den ersten Kopplungsraum **158**, wodurch wiederum im zweiten Kopplungsraum **168** kurzfristig ein Unterdruck entsteht. Dieser Unterdruck wird ausgeglichen, indem sich der zweite Kopplerkolben **160** und somit das gesamte Einspritzventilglied **128** nach oben, also entgegen der Schließrichtung **132**, bewegt. Dadurch wird ein Öffnungsvorgang des Einspritzventilglieds **128** eingeleitet. Zum Schließen des Einspritzventilglieds **128** wird der Piezo-Aktor **140** wieder elektrisch geladen und dehnt sich dabei wieder aus (in Schließrichtung **132**). Dadurch entsteht kurzfristig im ersten Kopplungsraum **158** ein Überdruck, welcher dadurch ausgeglichen wird, dass durch den Verbindungskanal **170** Kraftstoff in den zweiten Kopplungsraum **168** strömt, wodurch wiederum ein Druck auf den zweiten Kopplerkolben **160** ausgeübt wird. Damit schließt sich das Einspritzventilglied **128**, indem sie eine Bewegung in Schließrichtung **132** ausführt.

[0025] Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung mit den beiden Kopplungsräumen **158** und **168** wirkt nicht nur als hydraulische Kraft-Übertragung, sondern kann auch als hydraulischer Übersetzer **174** zum Übersetzen eines Hubs des Piezo-Aktors **140** in einen Hub des Einspritzventilglieds **128** wirken. Dieser hydraulischer Übersetzer **174** setzt sich also in diesem Ausführungsbeispiel aus dem ersten Kopplerkolben **150**, dem ersten Kopplungsraum **158**, dem Verbindungskanal **170**, dem zweiten Kopplungsraum **168** und dem zweiten Kopplerkolben **160** zusammen. Das Übersetzungsverhältnis des hydraulischen Übersetzers **174** ergibt sich aus dem Verhältnis der hydraulischen Flächen der Kopplerkolben **150** und **160**, also der jeweils dem ersten Kopplungsraum **158** zugewandten Stirnfläche des ersten Kopplerkolbens **150** und der dem zweiten Kopplungsraum **168** zugewandten Stirnfläche des zweiten Kopplerkolbens **160**. Auf diese Weise kann, beispielsweise durch eine im Vergleich zur hydraulischen Fläche des ersten Kopplerkolbens **150** verringerte hydraulische Fläche des zweiten Kopplerkolbens **160** eine Hubübersetzung mit einem Übersetzungsverhältnis größer als Eins herbeigeführt werden, wodurch auch mit einem geringen Hub des Piezo-Aktors **140** ein größerer Hub des Einspritzventilglieds **128** bewirkt werden kann. Dadurch lässt sich die Baulänge des Piezo-Aktors **140** verkürzen. Auch mit einem Flächenverhältnis von Eins, also einer 1:1-Hubübersetzung, lässt sich der dargestellte Kraftstoffinjektor **110** betreiben, wobei der hydraulische Übersetzer **174** in diesem Fall beispielsweise, wie oben beschrieben, zum Ausgleich von Temperaturdehnungen und Fertigungstoleranzen vorteilhaft eingesetzt werden kann.

[0026] Das Einspritzventilglied **128** weist neben dem bereits beschriebenen zweiten Kopplerkolben **160** einen an den Kopplerkolben **160** in Schließrichtung **132** nach unten anschließenden Führungsabschnitt **130**, gefolgt von einem konischen Abschnitt **176** und einem zylindrischen Frontabschnitt **178** auf. Der zylindrische Frontabschnitt **178** des Einspritzventilglieds **128** weist einen geringeren Durchmesser als der Düsenraum **122** auf, so dass zwischen dem Frontabschnitt **178** und der Wand des Düsenraums **122** ein Ringspalt **180** entsteht. Kraftstoff, welcher aus dem Druckraum **120** über die Strömungskanäle **134** im Führungsabschnitt **130** des Einspritzventilglieds **128** strömt, kann durch diesen Ringspalt **180** in Schließrichtung **132** des Einspritzventilglieds **128** in Richtung auf die Einspritzöffnungen **136** strömen.

[0027] Weiterhin weist das Einspritzventilglied **128** in seinem Frontabschnitt **178** an seinem unteren Ende zwei Dichtsitze **182**, **184** auf. Diese Dichtsitze **182**, **184** sind als umlaufende, kreisförmige Kanten einer Einschnürung **186** im Bereich der Spitze des Einspritzventilglieds **128** ausgebildet. Im geschlossenen Zustand des Einspritzventilglieds **128**, also wenn das Einspritzventilglied **128** sich in seiner in Bezug auf die Schließrichtung **132** untersten Stellung befindet, liegen die Dichtsitze **182**, **184** fest an der Innenwand des konisch zulaufenden Bereichs **138** des Düsenraums **122** an. Dabei sind die Dichtsitze **182**, **184** so ausgestaltet, dass sie bei Anliegen der Spitze des Einspritzventilglieds **128** an der Innenwand des konisch zulaufenden Bereichs **138** des Düsenraums **122** im Bereich der ringförmigen Einschnürung **186** einen ringförmigen Hohlraum (zweiter Teilraum **190**, s. u.) ausbilden. Die Einspritzöffnungen **136** sind im Bereich dieses ringförmigen Hohlraums in der Wand

Petitioner Ex. 1029, p. 5
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

des konisch zulaufenden Bereichs **138** angeordnet. Die Dichtsitze **182**, **184** unterteilen also den Düsenraum **122** in drei Teilräume **188**, **190**, **192**: Einen ersten Teilraum **188**, welcher in Schließrichtung **132** oberhalb des Dichtsitzes **182** angeordnet ist, einen zweiten Teilraum **190**, welcher zwischen den beiden Dichtsitzen **182** und **184** angeordnet ist und einen dritten Teilraum **192**, welcher unterhalb des Dichtsitzes **184** angeordnet ist, in einem Bereich, welcher durch den Frontabschnitt **178** des Einspritzventilglieds **128** nicht vollständig ausgefüllt wird.

[0028] Im Bereich des Frontabschnitts **178** des Einspritzventilglieds **128** sind Strömungskanäle **194** in das Einspritzventilglied **128** eingelassen, beispielsweise in Form von zentralen Bohrungen in dem Einspritzventilglied **128**. Über diese Strömungskanäle **194** kann Kraftstoff vom ersten Teilraum **188** in den dritten Teilraum **192** strömen, so dass beide Teilräume **188**, **192** fluidisch miteinander in Verbindung stehen und in diesen Teilräumen **188**, **192** gleicher Kraftstoffdruck herrscht.

[0029] Im geschlossenen Zustand des Einspritzventilglieds **128** sind die Einspritzöffnungen **136** durch die beiden Dichtsitze **182**, **184** des Einspritzventilglieds **128** abgedichtet. Beim Öffnen des Einspritzventilglieds **128**, also bei einer Bewegung entgegen der Schließrichtung **132**, werden somit zwei Dichtsitze **182**, **184** im Wesentlichen gleichzeitig geöffnet. Diese Dichtsitze **182**, **184** weisen zudem vorteilhafter Weise einen großen Durchmesser auf, also einen Durchmesser, welcher möglichst nahe beim Durchmesser des ersten Teilraums **188** liegt. Durch diese Ausgestaltung wird eine Entdrosselung des Kraftstoffinjektors (und damit der Beginn eines Einspritzvorgangs) bereits bei geringem Einspritzventilgliedhub erreicht, zum Beispiel bei einem Hub des Einspritzventilglieds **128** von 40 µm. Ein derart kleiner Hub kann bereits von sehr kurzen Piezo-Aktoren **140**, wie sie derzeit in Serienproduktion beherrschbar sind, bereitgestellt werden. Typische Piezo-Aktoren **140** weisen Aktorlängen von ca. 35 mm und einen Hub von ca. 45 Mikrometern auf. Der beschriebene Aufbau bewirkt, dass der hydraulische Übersetzer **174** bereits mit einer sehr geringen hydraulischen Übersetzung, insbesondere mit einem Übersetzungsverhältnis zwischen 0,5 und 2, vorteilhafter Weise im Bereich von Eins, ausgelegt werden kann. Dadurch wird ein steifes Übertragungsverhalten zwischen dem Piezo-Aktor **140** und des Einspritzventilglieds **128** erzielt, wodurch die Schalteigenschaften des Kraftstoffinjektors **110** stark verbessert werden. Insbesondere wird die exakte Zumessung sehr kleiner Voreinspritzmengen ermöglicht. Weiterhin ist das beschriebene Ausführungsbeispiel sehr robust gegenüber Fertigungstoleranzen.

[0030] Durch die optionale Verwendung des Drosselelementes **172** zwischen dem ersten Kopplungsraum **158** und dem zweiten Kopplungsraum **168** kann die Öffnungscharakteristik des Einspritzventilglieds **128** weiter optimiert werden. Durch eine Dämpfung der Öffnungsgeschwindigkeit des Einspritzventilglieds **128** durch geeignete Einstellung das Drosselelement **172** kann eine optimierte Kleinstmengenfähigkeit und ein vorteilhafter Einspritzratenverlauf erreicht werden.

[0031] Bei Verwendung eines Übersetzungsverhältnisses des hydraulischen Übersetzers **174** von Eins ergeben sich gleiche hydraulische Flächen für den ersten Kopplerkolben **150** und den zweiten Kopplerkolben **160**, insbesondere (bei zylindrischer Ausgestaltung) gleiche Durchmesser dieser Kolben **150**, **160**. Dadurch ist eine Vereinfachung des konstruktiven Aufbaus möglich. In Fig. 2 ist schematisch ein entsprechendes Ausführungsbeispiel mit geändertem Aufbau des hydraulischen Übersetzers **174** dargestellt.

[0032] Wiederum weist der Kraftstoffinjektor **110** gemäß dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ein Injektorgehäuse **116** mit einem Hochdruckraum **118**, einem Druckraum **120** und einem Düsenraum **122** auf. Die Ausgestaltung des Einspritzventilglieds **128** ist analog zur Ausgestaltung des Einspritzventilglieds **128** gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1. Auch die Funktion der Kraftstoffzufuhr zu den Einspritzöffnungen **136**, insbesondere die Ausgestaltung des Einspritzventilglieds **128** mit zwei Dichtsitzen **182** und **184** und den Teilräumen **188**, **190**, **192**, ist identisch bzw. funktionsgleich zu Fig. 1.

[0033] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 lediglich in der Ausgestaltung des hydraulischen Übersetzers **174**. Wiederum ist der Piezo-Aktor **140** an seinem in Schließrichtung **132** unteren Ende mit einem ersten Kopplerkolben **150** verbunden, welcher wiederum einen Vorsprung **156** aufweist. Auch das Einspritzventilglied **128** weist wiederum an seinem oberen Ende einen zweiten Kopplerkolben **160** auf. In diesem Ausführungsbeispiel sind der erste Kopplerkolben **150** und der zweite Kopplerkolben **160** jedoch beide von einer einzelnen Dichthülse **210** umschlossen, welche sich an ihrem oberen Ende am Vorsprung **156** des ersten Kopplerkolbens **150** abstützt. Am unteren Ende stützt sich die Dichthülse **210** über eine Spiralfeder **212** auf dem Vorsprung **166** des zweiten Kopplerkolbens **160** ab. Somit entsteht, begrenzt durch den ersten Kopplerkolben **150**, den zweiten Kopplerkolben **160** und die Dichthülse **210**, ein Kopplungsraum **214**. Die Trennwand **126** steht in diesem Ausführungsbeispiel nicht in Verbindung mit dem Kopplungsraum **214**, sondern weist eine zylindrische Bohrung **216** auf, durch welche die Dichthülse **210** geführt wird. Somit bildet sich zwischen der Dichthülse **210** und der Trennwand **126** ein Ringspalt **218**, über welchen Kraftstoff aus dem

Petitioner Ex. 1029, p. 6
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

Hochdruckraum **118** in den Druckraum **120** strömen kann. Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel hat insbesondere den Vorteil, dass gegenüber dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 die Anzahl der Bauteile erheblich verringert ist. Alternativ zu dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel kann die Dichthülse **210** auch als integraler Bestandteil des ersten Kopplerkolbens **150** ausgestaltet sein. Alternativ kann die Dichthülse **210** auch als integraler Bestandteil es zweiten Kopplerkolbens **160** ausgestaltet sein, in welchem Fall die Dichthülse **210** an ihrem oberen Ende mittels der Feder **212** gegen den Vorsprung **156** des ersten Kopplerkolbens **150** abzustützen wäre. Weiterhin lassen sich alternativ auch zwei Spiralfedern **210** einsetzen, wobei die Dichthülse **210** sowohl gegenüber dem Vorsprung **166** des zweiten Kopplerkolbens **160** als auch gegenüber dem Vorsprung **156** des ersten Kopplerkolbens **150** abgestützt wäre. Zu einer Erreichung minimaler Volumina im Kopplungsraum ist jedoch eine zweiteilige Ausführung mit getrennter Dichthülse **210**, wie in Fig. 2 dargstellt, vorteilhaft. Durch ein minimales Volumen im Kopplungsraum wird die Kraftübertragung verbessert und werden Verluste minimiert.

[0034] In Fig. 3 ist ein drittes, zur Ausführung gemäß Fig. 2 alternatives Ausführungsbeispiel eines Kraftstoffinjektors **110** dargestellt. Das Einspritzventilglied **128** und die Funktionalität der Dichtsitze **182**, **184** sind hierbei analog zur Ausführung gem. Fig. 2 ausgestaltet. Auch dieses Ausführungsbeispiel weist wiederum einen Kopplungsraum **310** zur Kraftübersetzung zwischen Piezo-Aktor **140** und Einspritzventilglied **128** auf. Der Kopplungsraum **310** ist wiederum durch eine Dichthülse **312** umgeben. Die Ausführung gemäß Fig. 3 unterscheidet sich von der Ausführung gemäß Fig. 2 im Wesentlichen in der Führung der Dichthülse **312**: Die Kopplung gemäß Fig. 3 weist lediglich einen Kopplerkolben **150** auf, auf welchem die Dichthülse **312** geführt ist. Auf eine Führung der Dichthülse **312** durch einen zweiten Kopplerkolben (analog zum Kopplerkolben **160** gem. Fig. 2) ist hier verzichtet worden. Die Dichthülse **312** ist an ihrem nach unten (d. h. zum Einspritzventilglied **128** hin) weisenden Ende mit einer Dichtkante **314** versehen und stützt sich direkt auf dem Vorsprung **166** des Einspritzventilgliedes **128** ab. Ein Federelement **316**, welches sich an seinem oberen Ende auf dem Vorsprung **156** des mit dem Piezo-Aktor **140** verbundenen Kopplerkolbens **150** abstützt, beaufschlagt die Dichthülse **312** mit einer Kraft in Schließrichtung **132**.

[0035] In diesem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist auf den zweiten, mit dem Einspritzventilglied **128** verbundenen Kopplerkolben **160** verzichtet worden, und die Dichthülse **312** wird lediglich auf dem ersten, mit dem Piezo-Aktor **140** verbundenen Kopplerkolben **150** geführt. Alternativ könnte auch auf den Kopplerkolben **150** verzichtet werden und eine Führung der Dichthülse **312** auf dem Kopplerkolben **160** erfolgen. Diese Ausführungsformen, bei denen die Dichthülse **312** lediglich auf einem Kopplerkolben (**150** oder **160**) erfolgt, sind besonders vorteilhaft, da hierbei Verspannungen zwischen Piezo-Aktor **140** und Einspritzventilglied **128**, welche beispielsweise aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten bei einem mehrteiligen Injektorkörper auftreten können, vermieden werden. Weiterhin ergibt sich ein einfacher konstruktiver Aufbau mit einer geringen Teileanzahl.

[0036] Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 2 und Fig. 3 bewirkt der Kopplerraum **214**, **310** lediglich einen Ausgleich von Fertigungstoleranzen. Durch den einfachen Aufbau mit lediglich einem Kopplerraum **214**, **310** ergibt sich in der Regel immer eine direkte Kraftübertragung zwischen dem Piezo-Aktor **140** und dem Einspritzventilglied **128** mit einem Übersetzungsverhältnis von 1.

Bezugszeichenliste

110	Kraftstoffinjektor
112	Hochdruckleitung
114	Druckspeicher
116	Injektorgehäuse
118	Hochdruckraum
120	Druckraum
122	Düsenraum
124	Kraftstoffkanäle
126	Trennwand
128	Einspritzventilglied
130	Führungsabschnitt
132	Schließrichtung
134	Strömungskanäle
136	Einspritzöffnungen
138	konisch zulaufender Bereich des Düsenraums
140	Piezo-Aktor
142	Dichtelement
144	obere Wand des Injektorgehäuses
146	Öffnung
148	elektrische Kontakte
150	erster Kopplerkolben
152	erste Dichthülse
154	erste Spiralfeder
156	Vorsprung
158	erster Kopplungsraum
160	zweiter Kopplerkolben
162	zweite Dichthülse
164	zweite Spiralfeder
166	Vorsprung
168	zweiter Kopplungsraum
170	Verbindungskanal
172	Drosselelement
174	
176	konischer Abschnitt
178	Frontabschnitt
180	Ringspalt
182	Dichtsitz
184	Dichtsitz

Petitioner Ex. 1029, p. 7
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

186 ringförmige Einschnürung
188 erster Teilraum
190 zweiter Teilraum
192 dritter Teilraum
194 Strömungskanäle
210 Dichthülse
212 Spiralfeder
214 Kopplungsraum
216 zylindrische Bohrung
218 Ringspalt
310 Kopplungsraum
312 Dichthülse
314 Dichtkante
316 Federelement

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (**110**) zum Einspritzen von über eine Hochdruckquelle (**114**) unter Druck dem Kraftstoffinjektor (**110**) zugeführtem Kraftstoff in einen Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Injektorgehäuse (**116**), einem Hochdruckraum (**118**), einem Druckraum (**120**), wobei der Druckraum (**120**) und der Hochdruckraum (**118**) fluidisch in Verbindung stehen, einem Düsenraum (**122**), wobei der Düsenraum (**122**) und der Druckraum (**120**) fluidisch in Verbindung stehen, einem in dem Hochdruckraum (**118**) aufgenommenem elektrisch ansteuerbaren linearen Aktor (**140**) und einem mit dem linearen Aktor (**140**) über eine Kopplung (**174**) gekoppelten Einspritzventilglied (**128**),
– wobei das Einspritzventilglied (**128**) in mindestens einem Führungsabschnitt (**130**) linear geführt ist, dergestalt dass das Einspritzventilglied (**128**) parallel bzw. antiparallel zu einer Schließrichtung (**132**) eine Öffnungs- und eine Schließbewegung ausführen kann,
– wobei das Einspritzventilglied (**128**) mindestens zwei Dichtsitze (**182**, **184**) aufweist, dergestalt, dass in einer geschlossenen Stellung die Dichtsitze (**182**, **184**) an mindestens einer Wand des Düsenraums (**122**) anliegen, wodurch der Düsenraum (**122**) in mindestens drei Teilräume (**190**, **192**, **194**) unterteilt wird, wobei ein in Schließrichtung (**132**) erster Teilraum (**188**) und ein in Schließrichtung dritter Teilraum (**192**) jeweils fluidisch mit dem Druckraum (**120**) in Verbindung stehen, und wobei ein in Schließrichtung (**132**) zwischen dem ersten Teilraum (**188**) und dem dritten Teilraum (**192**) angeordneter zweiter Teilraum (**190**) fluidisch vom ersten Teilraum (**188**) und vom dritten Teilraum (**192**) entkoppelt ist und fluidisch mit mindestens einer Einspritzöffnung (**136**) zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum in Verbindung steht.

2. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (**140**) einen Piezo-Aktor (**140**) aufweist.

3. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplung (**174**) eine hydraulische Kopplung (**174**) aufweist.

4. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Kopplung (**174**) einen hydraulischen Übersetzer (**174**) zum Übersetzen eines Druckes und/oder zum Übersetzen eines Hubs des Aktors (**140**) in einen Hub des Einspritzventilglieds (**128**) aufweist.

5. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der hydraulische Übersetzer (**174**) ein Übersetzungsverhältnis im Bereich von 0,5 bis 2, vorzugsweise im Bereich von 1,0 bis 1,5 und besonders bevorzugt ein Übersetzungsverhältnis von 1,0 aufweist.

6. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß einem der drei vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Kopplung (**174**) mindestens einen Kopplungsraum (**158**, **168**; **214**; **310**) aufweist, wobei der mindestens eine Kopplungsraum (**158**, **168**; **214**) im Wesentlichen begrenzt wird durch mindestens eine Dichthülse (**152**, **162**; **210**; **312**) und mindestens zwei der folgenden Elemente: einen mit dem Aktor (**140**) verbundenen ersten Kopplerkolben (**150**), einen mit dem Einspritzventilglied (**128**) in Verbindung stehenden zweiten Kopplerkolben (**160**) und/oder das Einspritzventilglied (**128**).

7. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Dichthülse (**152**, **162**; **210**; **312**) über mindestens eine Feder (**154**, **164**; **212**; **316**) mit dem ersten Kopplerkolben (**150**) und/oder dem zweiten Kopplerkolben (**160**) verbunden ist.

8. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß einem der beiden vorhergehendem Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Kopplungsraum (**158**, **168**; **214**; **310**) einen ersten Kopplungsraum (**158**) und einen zweiten Kopplungsraum (**168**) aufweist, wobei der erste Kopplungsraum (**158**) und der zweite Kopplungsraum (**168**) über mindestens einen Verbindungskanal (**170**) fluidisch in Verbindung stehen.

9. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Verbindungskanal (**170**) mindestens ein Drosselelement (**172**) aufweist, wobei der mindestens eine Verbindungskanal (**170**) an dem mindestens einen Drosselelement (**172**) in seinem Querschnitt verengt ist.

10. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Kopplungsraum (**158**) und

Petitioner Ex. 1029, p. 8
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

der zweite Kopplungsraum (**168**) über eine mit dem Injektorgehäuse (**116**) verbundene Trennwand (**126**) getrennt sind, wobei die Trennwand (**126**) mindestens einen Verbindungskanal (**170**) aufweist.

11. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Dichthülse (**152**, **162**; **210**; **312**) mindestens eine erste Dichthülse (**152**) und mindestens eine zweite Dichthülse (**162**) aufweist, wobei die erste Dichthülse (**152**) über eine erste Feder (**154**) mit dem ersten Kopplerkolben (**150**) verbunden ist, wobei die zweite Dichthülse (**162**) über eine zweite Feder (**164**) mit dem zweiten Kopplerkolben (**160**) verbunden ist und wobei die erste Dichthülse (**152**) und die zweite Dichthülse (**162**) mit der Trennwand (**126**) verbunden sind.

12. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Verbindung zwischen dem Druckraum (**120**) und dem Düsenraum (**122**) bzw. dem Druckraum (**120**) und dem ersten Teilraum (**188**) und/oder dritten Teilraum (**192**) über mindestens einen in das Einspritzventilglied (**128**) eingelassenen Strömungskanal (**134**, **194**) erfolgt.

13. Kraftstoffinjektor (**110**) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Kopplungsraum (**310**) begrenzt wird durch den mit dem Aktor (**140**) verbundenen ersten Kopplerkolben (**150**), das Einspritzventilglied (**128**) und eine Dichthülse (**312**), wobei die Dichthülse (**312**) auf dem ersten Kopplerkolben (**150**) geführt ist und wobei die Dichthülse (**312**) abdichtend gegen das Einspritzventilglied (**128**) abgestützt ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Petitioner Ex. 1029, p. 9
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

Anhängende Zeichnungen

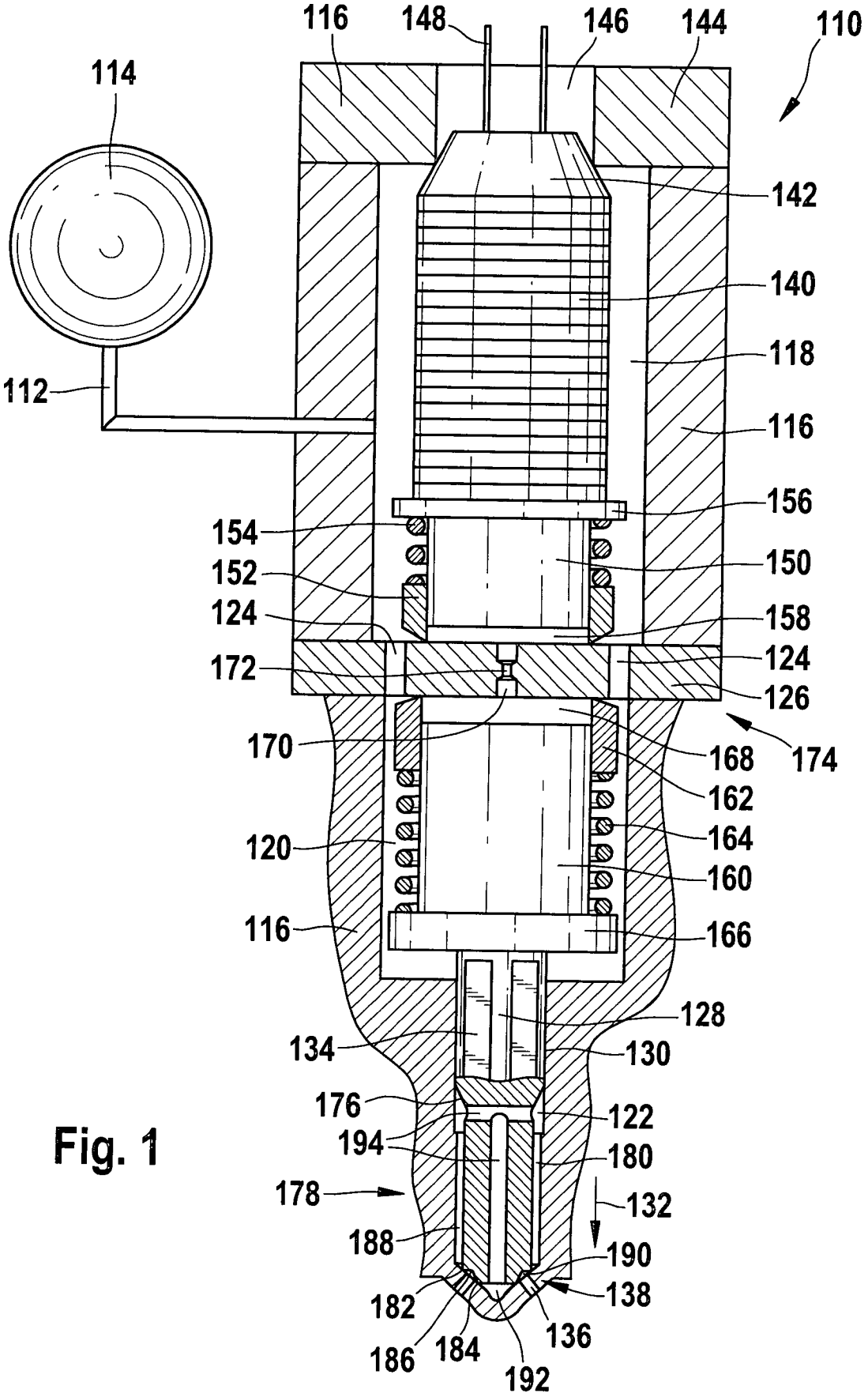


Fig. 1

Petitioner Ex. 1029, p. 10
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

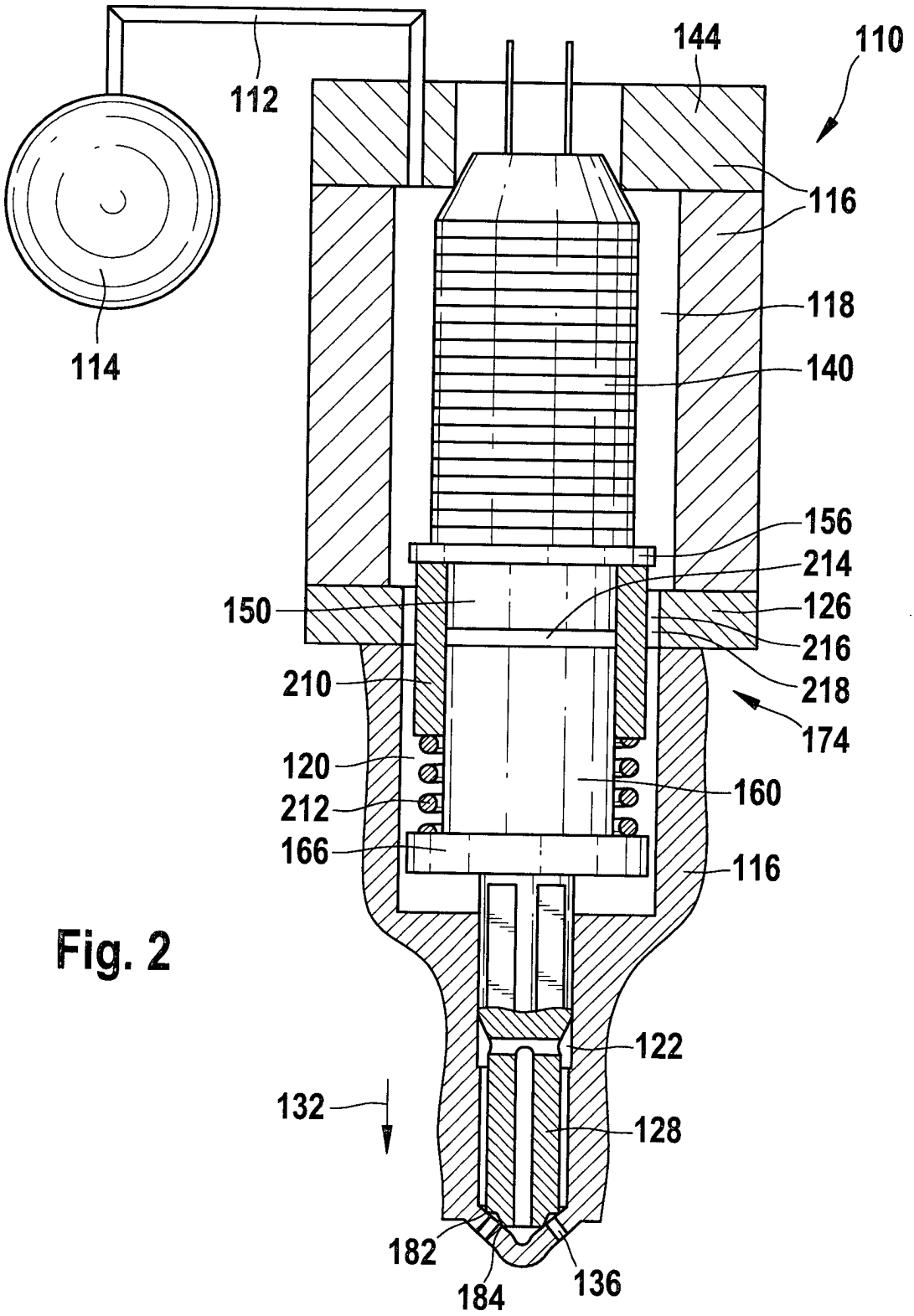


Fig. 2

Petitioner Ex. 1029, p. 11
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292

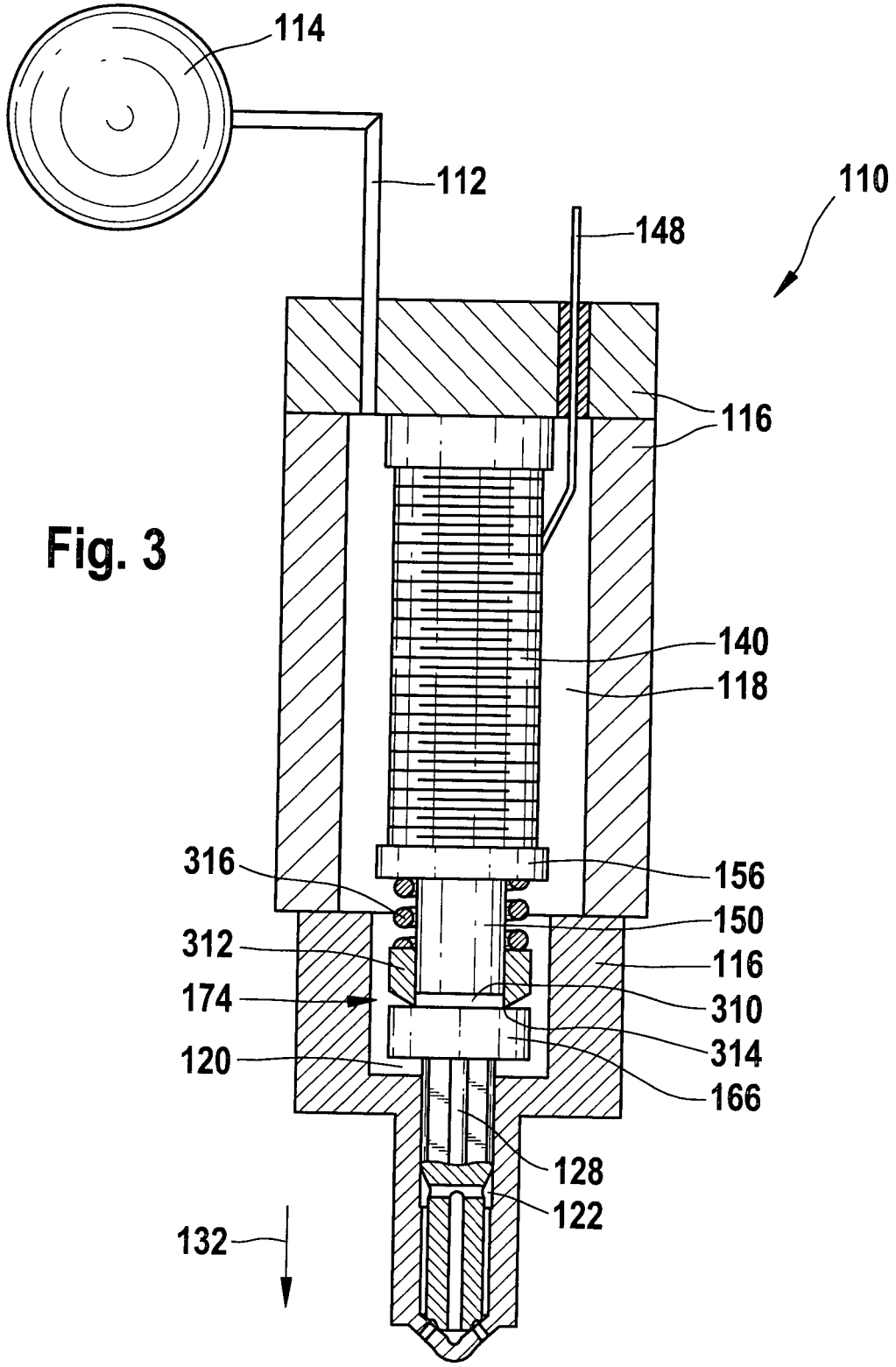


Fig. 3

Petitioner Ex. 1029, p. 12
Robert Bosch et al v. Westport
IPR2023-00292