(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 46 732 B4** 2004.07.15

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **199 46 732.3**
(22) Anmeldetag: **29.09.1999**
(43) Offenlegungstag: **12.04.2001**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **15.07.2004**

(51) Int Cl.[7]: **F02M 51/00**
F02M 47/02, F02M 51/06

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

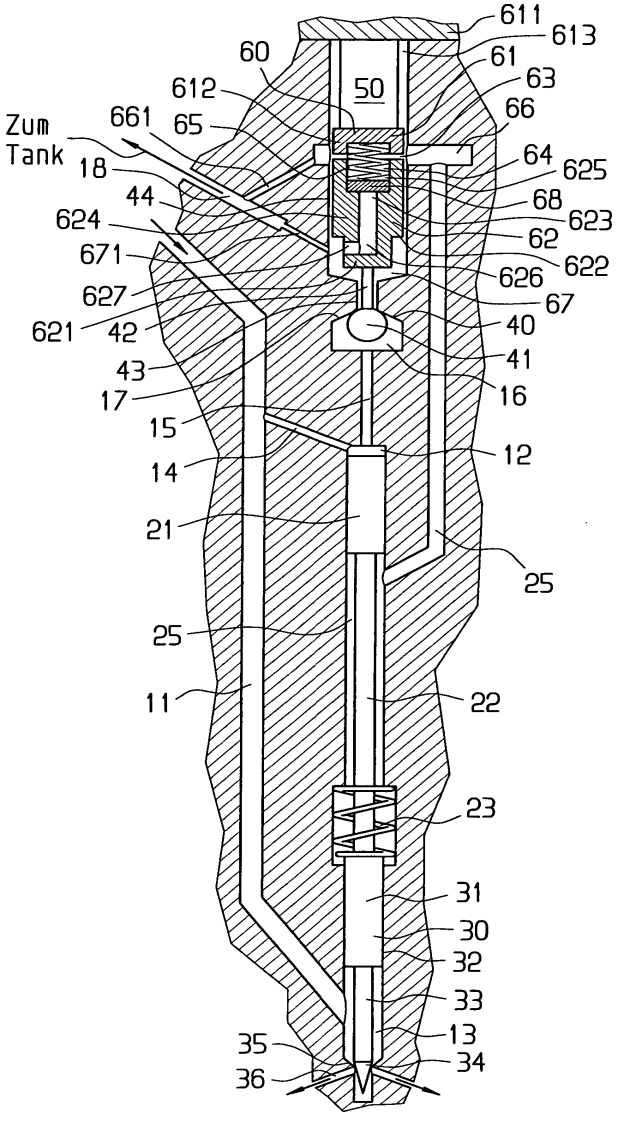
(71) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Schmutzler, Gerd, Dr., 93138 Lappersdorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 195 19 192 C1
DE 37 42 241 C2
DE 197 08 304 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Übertragen einer Auslenkung eines Aktors auf ein Stellglied und Kraftstoffinjektor mit einer solchen Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Übertragen einer Auslenkung eines Aktors (50) auf ein Stellglied (40) mit einem spielausgleichenden Übertragungsmodul (60), das eine Wirkverbindung zwischen dem Aktor (50) und dem Stellglied (40) herstellt und das eine Druckkammer (64) umfaßt, die über eine Drosselverbindung (63) mit einem mit einem hydraulischen Medium gefüllten Raum (66) in Verbindung steht,
bei der das Übertragungsmodul (60) aus zwei axial gegeneinander verschiebbaren Teilelementen besteht, dessen erstes Teilelement (61, 610) in einer Wirkverbindung mit dem Aktor (50) steht und dessen zweites Teilelement (62, 620) in einer Wirkverbindung mit dem Stellglied (40) steht,
bei der in dem von dem ersten Teilelement und dem zweiten Teilelement umschlossenen Raum die Druckkammer (64) ausgebildet ist, die über die im Übertragungsmodul (60) ausgebildete Drosselverbindung (63) mit dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Raum (66) in Verbindung steht, und
bei der eine zwischen der Druckkammer (64) und einem mit dem hydraulischen Medium gefüllten...



Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 1 of 10

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Übertragen der Bewegung eines Aktors auf ein Stellglied gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine solche Vorrichtung, im weiteren auch als Übertragungsmodul bezeichnet, ist aus der DE 195 19 192 C1 bekannt.

[0002] In der Kraftfahrzeugtechnik werden zunehmend Speichereinspritzsysteme eingesetzt, bei denen mit sehr hohen Einspritzdrücken gearbeitet wird. Bei solchen zum Beispiel unter der Bezeichnung "Common Rail-System" bekannten Einspritzsystemen wird Kraftstoff unter hohem Druck an die in den Zylindern einer Brennkraftmaschine angeordneten Kraftstoffinjektoren angelegt. Der Einspritzvorgang in die Zylinder wird durch Öffnen und Schließen von Einspritzdüsen in den Kraftstoffinjektoren ausgelöst, wobei die Einspritzdüsen über Aktoren angesteuert werden, die nach dem elektromagnetischen oder, um hohe Schaltgeschwindigkeiten zu erreichen, auch nach dem piezoelektrischen Prinzip arbeiten.

[0003] Der Aktor im Kraftstoffinjektor betätigt dabei in der Regel ein Servoventil, das hydraulisch einen Druck auf die Einspritzdüse im Kraftstoffinjektor steuert. Um die Auslenkung des Aktors auf einen Antriebsstempel des Servoventils zu übertragen, ist aus der DE 197 08 304 A1 ein Übertragungsmodul bekannt, das im wesentlichen zylinderförmig ausgebildet ist und eine Druckkammer aufweist, die von einer flexiblen Membran begrenzt wird. An dieser flexiblen Membran liegt der Antriebsstempel des Servoventils an. Die Druckkammer des Übertragungsmoduls ist über eine Verbindungsbohrung mit Drosselwirkung mit einer weiteren, im Inneren des Übertragungsmoduls vorgesehenen Ausgleichskammer verbunden, wobei die Druckkammer und die Ausgleichskammer mit einer Hydraulikflüssigkeit gefüllt sind.

[0004] Im Ruhezustand wird über die Verbindungsbohrung der in der Ausgleichskammer herrschende Druck der Hydraulikflüssigkeit auf die Druckkammer übertragen, so daß die flexible Membran immer am Antriebsstempel des Servoventils anliegt, auch wenn sich aufgrund thermischer Effekte oder Alterungsprozesse Verschiebungen in der Anordnung der einzelnen Komponenten im Kraftstoffinjektor ergeben. Bei einer Betätigung des Aktors wird die Auslenkung dieses Aktors vom Übertragungsmodul im wesentlichen unverändert auf den Antriebsstempel des Servoventils übertragen. Die Verbindungsbohrung zwischen der Druckkammer und der Ausgleichskammer ist dabei so ausgelegt, daß aufgrund der im Bereich von Millisekunden liegenden Ansteuerungszeiten im wesentlichen keine Hydraulikflüssigkeit aus der Druckkammer abfließen kann.

[0005] Da bei dem in der DE 197 08 304 A1 verwendeten Übertragungsmodul die Hydraulikflüssigkeit im Übertragungsmodul eingeschlossen ist, besteht die Gefahr, daß durch Flüssigkeitsleckage aufgrund von Undichtigkeiten ein Druckabfall im Übertragungsmodul auftritt, der die Funktionsfähigkeit des Übertragungsmoduls und damit des Kraftstoffinjektors beeinträchtigt. Weiterhin wird bei dem bekannten Übertragungsmodul die Auslenkung des Aktors nahezu ungedämpft und zeitlich nicht verzögert auf den Antriebsstempel des Servoventils übertragen. Dies hat wiederum zur Folge, daß das Servoventil ungebremst die Einspritzdüse im Kraftstoffinjektor öffnet, was die Qualität des Verbrennungsprozesses wesentlich verschlechtert.

[0006] Aus der DE 195 19 192 C1 ist eine gattungsgemäße Vorrichtung bekannt. Diese weist eine in einem Ventilkörper angeordnete Düsennadel, einen Kraftstoffzulauf sowie eine Ansteuereinrichtung auf. Hierbei ist ein Übertragungsmodul mit einer Druckkammer vorgesehen, wobei die Druckkammer ein von zwei Teilelementen des Übertragungsmoduls gebildeter Raum ist. Ferner weist die Vorrichtung der DE 195 19 192 C1 eine Drosselverbindung auf, über die die Druckkammer mit einem mit einem hydraulischen Medium gefüllten Raum in Verbindung steht. Zwischen der Druckkammer und dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Füllungsraum ist keine Füllungseinrichtung vorgesehen, so dass die Befüllungseinrichtung bei nicht vollständig gefüllter Druckkammer geschlossen ist.

Aufgabenstellung

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Übertragungsmodul bereitzustellen, das sich durch eine hohe Zuverlässigkeit, einen einfachen Aufbau und eine lange Lebensdauer auszeichnet.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Das erfindungsgemäße Übertragungsmodul wird vorzugsweise in einem Kraftstoffinjektor für Verbrennungsmotoren angewendet und zeichnet sich durch zwei axial gegeneinander verschiebbare Teilelemente aus, wobei ein erstes Teilelement in einer Wirkverbindung mit einem Aktor und ein zweites Teilelement in einer Wirkverbindung mit einem Stellglied steht, wobei in einem von dem ersten Teilelement und dem zweiten Teilelement umschlossenen Raum eine Druckkammer ausgebildet ist, die über eine im Übertragungsmodul ausgebildete Drosselverbindung mit einem mit einem hydraulischen Medium gefüllten Ausgleichsraum in Verbindung steht, und wobei eine zwischen der Druckkammer und diesem Ausgleichsraum vorgesehene Befüllungseinrichtung so ausgelegt ist, daß die Befüllungseinrichtung bei nicht vollständig gefülltem Druckraum offen steht.

[0010] Das erfindungsgemäße Übertragungsmodul weist einen einfachen Aufbau auf, wobei Bauteilveränderungen aufgrund von Herstellungstoleranzen, Temperaturschwankungen sowie Abnutzungseffekten zuverlässig ausgeglichen und überbrückt werden. Weiterhin steht das hydraulische Medium in der

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 2 of 10

Druckkammer des Übertragungsmoduls nicht unter einem erhöhten Druck, der zu einer Flüssigkeitsleckage und damit einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Übertragungsmoduls führen kann. Durch die zusätzliche Befüllungseinrichtung im Übertragungsmodul zwischen der Druckkammer und dem Ausgleichsraum wird verhindert, daß durch einen nicht vollständig mit hydraulischem Medium gefüllten Druckraum, wie er sich zum Beispiel nach längeren Standzeiten einer Brennkraftmaschine aufgrund einer Luftblasenbildung in der Druckkammer des Übertragungsmoduls ergeben kann, die Funktionsfähigkeit des Übertragungsmoduls beeinträchtigt wird, da ein Luftblasen enthaltender Druckraum zur Folge hat, daß die Aktorauslenkung nur unvollständig und verzögert auf das Stellglied übertragen wird.

[0011] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Befüllungseinrichtung ein in der Verbindung zwischen der Druckkammer und dem Ausgleichsraum angeordnetes, von einer Druckfeder belastetes Rückschlagventil, das auf der von der Druckfeder belasteten Seite vom Innendruck der Druckkammer beaufschlagt wird und auf der gegenüberliegenden Seite vom im Ausgleichsraum herrschenden Druck beaufschlagt wird, wobei die Druckfeder so ausgelegt ist, daß das Rückschlagventil dann öffnet, wenn beim Betätigen des Stellgliedes durch das zweite Teilelement eine Druckerhöhung im Ausgleichsraum erfolgt und gleichzeitig eine Druckverminderung in der Druckkammer aufgrund eines unvollständigen Füllzustandes vorliegt. Diese Auslegung ermöglicht ein besonders einfaches und zuverlässiges Entlüften der Druckkammer im Übertragungsmodul.

[0012] Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiel

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

[0014] **Fig.** 1 schematisch einen Kraftstoffinjektor mit einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls;

[0015] **Fig.** 2 schematisch einen Stellantrieb eines Kraftstoffinjektors mit einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls;

[0016] **Fig.** 3 schematisch einen Stellantrieb eines Kraftstoffinjektors mit einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls; und

[0017] **Fig.** 4 eine Aufsicht auf die bei der ersten und dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls eingesetzte Ventilplatte.

[0018] Bei dem in **Fig.** 1 schematisch gezeigten Kraftstoffinjektor mit einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls wird über eine Hochdruckbohrung **11** Kraftstoff mit einem in einem Hochdruckspeicher herrschenden Systemdruck sowohl einer Steuerkammer **12** als auch einer Düsenkammer **13** zugeführt. Zwischen der Hochdruckbohrung **11** und der Steuerkammer **12** ist eine Zulaufdrossel **14** angeordnet. In der Steuerkammer **12** wirkt der dort herrschende Druck auf das hintere Ende eines beweglich angeordneten Steuerkolbens **21**, der mit seinem vorderen Ende über eine Koppelstange **22** auf das hintere Ende eines Nadelschaftes **31** eines Düsenkörpers **30** drückt. Dieses hintere Ende des Nadelschaftes **31** wird zusätzlich von einer Düsenfeder **23** druckbelastet.

[0019] Der Düsenkörper **30** ist axial beweglich, jedoch mit seinem Nadelschaft **31** gegen den Systemdruck in der Düsenkammer **13** abdichtend in einer Nadelführung **32** eingesetzt. Der Nadelschaft **31** des Düsenkörpers **30** geht im Bereich der Düsenkammer **13** über eine Schulter oder einen Absatz in eine Düsennadel **33** über, deren Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser der Nadelführung **32** im Bereich der Düsenkammer **13**, so daß Kraftstoff zum unteren Ende der Düsennadel **33** gelangen kann. An seinem unteren Ende weist die Düsennadel **33** einen Konus **34** auf, der im Ruhezustand auf eine ebenfalls konische Dichtfläche **35** am vorderen Ende der Nadelführung **32** gedrückt wird. Im Bereich der konischen Dichtfläche **35** oder anschließend daran, ist in der Nadelführung **32** eine Anzahl von Kraftstoffspritzlöchern **36** ausgebildet. Die Spritzlöcher **36** öffnen sich in den Brennraum einer Brennkraftmaschine und sind passend zum Brennraum unter verschiedenen Winkeln angebracht. Wenn sowohl in der Steuerkammer **12** als auch in der Düsenkammer **13** der volle Systemdruck anliegt, wird der Düsenkörper **30** aufgrund der größeren Wirkfläche in der Steuerkammer **12** sowie des Haltedrucks der Düsenfeder **23** nach unten gedrückt, so daß die Düsennadel **33** mit ihrem Konus **34** die Kraftstoffspritzlöcher **36** verschließt.

[0020] Wie **Fig.** 1 zeigt, ist die Steuerkammer **12** des Kraftstoffinjektors über eine Ablaufdrossel **15** mit einem Ventilraum **16** eines als Servoventil ausgebildeten Stellglieds **40** verbunden. Das Servoventil **40** setzt sich aus einem als Kugel ausgebildeten Ventilelement **41** und einem auf dem Ventilelement anliegenden Ventilstößel **42**, der in einer Führung **43** angeordnet ist, zusammen. Der Ventilraum **16** des Servoventils **40** ist über die Führung **43** an einen Kraftstoffrücklauf **18** angeschlossen, der zu einem Kraftstofftank (nicht gezeigt) führt. Der Ventilstößel **42** des Servoventils **40** steht weiterhin über ein Übertragungsmodul **60** mit einem Aktor **50** in Verbindung.

[0021] Im Ruhezustand, bei nicht angesteuertem Aktor **50**, wird das Ventilelement **41** durch den im Ventilraum **16** herrschenden Kraftstoffdruck auf einen Ventilsitz **17** gedrückt, so daß das Servoventil **40** geschlossen ist und in der Steuerkammer **12** der volle Systemdruck ansteht, wodurch die Düsennadel **33** am vorderen Ende des Düsenkörpers **30** die Spritzlöcher **36** verschließt. Bei einer Ansteuerung des Aktors **50** hebt der Aktor mit Hilfe des Übertragungsmoduls **60** und des Ventilstößels **42** das Ventilelement **41** vom Ventilsitz **17** ab, so daß Kraftstoff aus der Steuerkammer **12** über die Ablaufdrossel **15** und den Ventilraum **16** am Ventilelement **41** vorbei zum Kraft-

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 3 of 10

stoffrücklauf **18** abfließen kann. Diese Kraftstoffströmung führt an der Zulaufdrossel **14** und der Ablaufdrossel **15** zu einem definierten Druckabfall, so daß der Druck in der Steuerkammer **12** abgebaut wird. Hierdurch verringert sich die auf den Steuerkolben **21** wirkende Kraft, so daß der in der Düsenkammer **13** auf den Düsenkörper **30** wirkende Kraftstoffdruck die Düsennadel **33** mit ihrem Konus **34** von der Dichtfläche **35** abhebt und sich die Spritzlöcher **36** zum Außenraum öffnen und Kraftstoff eingespritzt werden kann.

[0022] Um jegliches Spiel zwischen dem Aktor **50** und dem Ventilstößel **42** des Servoventils **40** auszuschließen, ist das Übertragungsmodul **60** als hydraulisches Ausgleichselement ausgebildet. Dazu besteht das im wesentlichen zylinderförmige Übertragungsmodul **60** aus einem ersten kurzen Kolbenelement **61**, im weiteren als auch als Antriebselement bezeichnet, und einem zweiten langen Kolbenelement **62**, im weiteren als auch als Aufnahmeelement bezeichnet, die einander gegenüberliegen und durch einen Quetschspalt **63** voneinander getrennt sind. Das kurze Antriebselement **61** weist einen im wesentlichen U-förmigen Querschnitt mit einer Bodenplatte **611** und einer ringförmigen Seitenwandung **612** auf, die eine innenliegende Sackbohrung **613** festlegen. Die Bodenplatte **611** des Antriebselements **61** ist fest mit dem Aktor **50** verbunden oder einstückig damit ausgebildet.

[0023] Das Aufnahmeelement **62** ist in seinem Querschnitt ebenfalls im wesentlichen U-förmig ausgebildet, wobei eine umlaufende Seitenwandung **622** eine zweistufige Sackbohrung **623** festlegt.

[0024] Diese zweistufige Sackbohrung **623** wird von einer umlaufenden Ringschulter **624** in einen oberen Sackbohrungsabschnitt **625**, dessen Durchmesser im wesentlichen dem Durchmesser der Sackbohrung **613** im Antriebselement **61** entspricht, und einen unteren Sackbohrungsabschnitt **626**, dessen Durchmesser gegenüber dem Durchmesser des oberen Sackbohrungsabschnitts **625** vermindert ist, unterteilt. Die umlaufende Seitenwandung **622** des Aufnahmeelements **62** weist im an eine Bodenplatte **621** angrenzenden Bereich einen Abschnitt mit einem verminderten Außendurchmesser auf, in dem seitlich eine Durchgangsbohrung **627** eingebracht ist, die den unteren Sackbohrungsabschnitt **626** der zweistufigen Sackbohrung **623** nach außen verbindet. Die Bodenplatte **621** des Aufnahmeelements **62** ist fest mit dem Ventilstößel **42** verbunden oder einstückig mit diesem ausgebildet.

[0025] Das Antriebselement **61** und das Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls **60** sind so zueinander angeordnet, daß sich die Stirnfläche der Seitenwandung **612** des Antriebselements **61** und die Stirnfläche der Seitenwandung **622** des Aufnahmeelements **62** gegenüberliegen, so daß die Sackbohrung **613** des Antriebselements **61** und der obere Sackbohrungsabschnitt **625** der zweistufigen Sackbohrung **623** eine zylindrische Druckkammer **64** ausbilden. In dieser Druckkammer **64** ist ein Federelement **65**, vorzugsweise eine Spiralfeder angeordnet, die auf der Bodenplatte **611** des Antriebselements **61** abgestützt ist und ein Ventilplättchen **68** im Ruhezustand gegen die Ringschulter **624** in der zweistufigen Sackbohrung **623** des Aufnahmeelements **62** drückt. Das Ventilplättchen **68** ist so ausgebildet, daß es beim Anlegen auf der Ringschulter **624** im Aufnahmeelement **62** den unteren Sackbohrungsabschnitt **626** verschließt.

[0026] Wie die in **Fig.** 4 dargestellte Draufsicht zeigt, ist das Ventilplättchen **68** scheibenförmig ausgebildet, wobei der Scheibendurchmesser im wesentlichen dem Durchmesser des oberen Sackbohrungsabschnitts **625** der zweistufigen Sackbohrung **623** im Aufnahmeelement **62** entspricht, jedoch an zwei sich gegenüberliegenden Seiten abgeplattet ist. Diese Auslegung des Ventilplättchens **68** sorgt einerseits dafür, daß das Ventilplättchen vom oberen Sackbohrungsabschnitt **625** der zweistufigen Sackbohrung **623** geführt wird, durch die abgeplatteten Seitenflächen aber ein ausreichender Strömungsspalt zwischen dem Ventilplättchen **68** und der Innenwandung des oberen Sackbohrungsabschnittes **625** verbleibt.

[0027] Das Federelement **65** in der Druckkammer **64** bewirkt neben dem Verschließen des unteren Sackbohrungsabschnitts **626** der zweistufigen Sackbohrung **623** mit dem Ventilplättchen **68** auch, daß der Ventilstößel **42** im Ruhezustand unabhängig von Längentoleranzen, thermischen Längenänderungen oder Verschleiß immer spielfrei auf dem Ventilelement **41** des Servoventils **40** anliegt.

[0028] Das Übertragungsmodul **60** wird in einer zylindrischen Bohrung **44**, die sich an die Führung **43** für den Ventilstößel **42** anschließt, geführt. Im Bereich des Quetschspaltes **63** zwischen dem Antriebselement **61** und dem Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls **60** ist die Bohrung **44** zu einem ringförmigen Ausgleichsraum **66** erweitert, der über einen Leckagekanal **24** an einem Leckageraum **25** um die Koppelstange **22** zwischen dem Steuerkolben **21** und dem Düsenkörper **30** angeschlossen ist. In diesem Leckageraum **25** wird der aus der Düsenkammer **13** bzw. aus der Steuerkammer **21** entweichende Kraftstoff gesammelt. Der Ausgleichsraum **66** ist an dem Kraftstoffrücklauf **18** angeschlossen, damit der sich im Leckageraum **25** ansammelnden Kraftstoff über den Leckagekanal **24** und den Kraftstoffrücklauf **18** in den Kraftstofftank abgesteuert werden kann. Um dafür zu sorgen, daß der Ausgleichsraum **66** ständig mit Kraftstoff gefüllt ist, ist in der Verbindung zwischen dem Ausgleichsraum **66** und dem Kraftstoffrücklauf **18** eine Leckagedrossel **661** angeordnet, die gewährleistet, daß sich beim Absteuern des Kraftstoffs ein Kraftstoffrückstau im Ausgleichsraum **66** einstellt. Alternativ zu der Leckagedrossel **661** kann in der Verbindung zwischen dem Ausgleichsraum **66** und dem Kraftstoffrücklauf **18** auch ein Rückschlagventil angeordnet werden.

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 4 of 10

[0029] Im unteren Bereich der zylindrischen Bohrung **44** um den unteren Abschnitt des Aufnahmeelements **62** mit der Durchgangsbohrung **627** herum ist weiterhin ein Kraftstoffbefüllungsraum **67** ausgebildet. Der Kraftstoffbefüllungsraum **67** ist so angeordnet, daß der vom Servoventil **40** bei geöffnetem Ventilelement **41** abgesteuerte Kraftstoff aus der Steuerkammer **12** über die Ventilführung **43** in den Kraftstoffbefüllungsraum **67** fließt und von dort an den Kraftstoffrücklauf **18** abgegeben wird, wobei in der Verbindung zwischen dem Kraftstoffbefüllungsraum **67** und dem Kraftstoffrücklauf **18** eine Rücklaufdrossel **671** vorgesehen ist.

[0030] Im Betrieb ist sowohl der Ausgleichsraum **66** als auch der Befüllungsraum **67**, wie dargestellt, ständig mit Kraftstoff gefüllt. Da der Ausgleichsraum **66** über den Quetschspalt **63** mit der Druckkammer **64** und der Befüllungsraum **67** über die Durchgangsbohrung **627** mit dem unteren Abschnitt **626** der zweistufigen Sackbohrung **623** im Aufnahmelement **62** in Verbindung steht, wird auch die Druckkammer **64** bzw. der untere Sackbohrungsabschnitt **626** ständig mit Kraftstoff gefüllt. Der Kraftstoff im Ausgleichsraum **66**, der Druckkammer **64**, dem Befüllungsraum **67** und dem unteren Sackbohrungsabschnitt **626** im Aufnahmeelement **62** steht dabei im wesentlichen unter Normaldruck.

[0031] Der in **Fig.** 1 dargestellte Stellantrieb für einen Kraftstoffinjektor mit Übertragungsmodul **60** arbeitet wie folgt: Im Ruhezustand, d.h. bei geschlossener Düsennadel **33** und nicht angesteuertem Aktor **50**, ist die Druckkammer **64** über den Quetschspalt **63**, der zwischen dem Antriebselement **61** und dem Aufnahmeelement **62** ausgebildet ist, mit dem Ausgleichsraum **66** verbunden, so daß Kraftstoff zwischen der Druckkammer **64** und dem Ausgleichsraum **66** ausgetauscht werden kann. Es herrscht deshalb im Ruhezustand in der Druckkammer **64** der gleiche Druck wie im Ausgleichsraum **66**, wobei vorzugsweise, wie dargestellt, ein druckloser Zustand eingestellt ist. Weiterhin ist der untere Sackbohrungsabschnitt 626 im Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls **60** über die Durchgangsbohrung **627** mit Kraftstoff aus dem Befüllungsraum **67** angefüllt. Das Federelement **65** drückt im Ruhezustand das Ventilplättchen **68** gegen die Ringschulter **624** in der zweistufigen Sackbohrung **623** des Aufnahmeelements **62**, so daß die Verbindung zwischen dem unteren Sackbohrungsabschnitt **626** und der Druckkammer **64** unterbrochen ist.

[0032] Bei einer Ansteuerung des Aktors **50** wird dieser in Richtung auf das Antriebselement **61** des Übertragungsmoduls **60** hin verschoben. Dabei wird das fest mit dem Aktor **50** verbundene Antriebselement **61** des Übertragungsmoduls **60** ebenfalls ausgelenkt, wodurch der Druck auf dem Kraftstoff in der Druckkammer **64** des Übertragungsmoduls **60** ansteigt. Da der Kraftstoff diesen schnellen Druckanstieg in der Druckkammer **64** nicht durch Abströmen durch den engen Quetschspalt **63** zwischen dem Antriebselement **61** und dem Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls **60** abbauen kann, gibt der Kraftstoff den Druck über das Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls an den Ventilstößel **42** weiter, so daß das Antriebselement **61**, das Aufnahmeelement **62** und der Ventilstößel **42** zusammen nach unten bewegt werden und das Ventilelement **41** des Servoventils **40** vom Ventilsitz **17** weggedrückt wird. Dieses Öffnen des Ventilelements **41** des Servoventils **40** wiederum bewirkt, daß Kraftstoff aus der Steuerkammer **12** über die Ablaufdrossel **15** und dem Ventilraum **16** am Ventilelement **41** vorbei in den Befüllungsraum **67** und von dort in den Kraftstoffrücklauf **18** abfließen kann. Der sich so ergebende Druckabbau in der Steuerkammer **12** wiederum verringert die auf den Steuerkolben **21** wirkende Kraft, so daß der in der Düsenkammer **13** auf die Düsennadel **33** wirkende Kraftstoffdruck diese abhebt und die Spritzlöcher **36** des Kraftstoffinjektors öffnet, wodurch ein Einspritzvorgang ausgelöst wird.

[0033] Wie dargestellt, kann der Quetschspalt **63** zwischen dem Antriebselement **61** und dem Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls **60** so bemessen sein, daß während der kurzen Zeit der Ansteuerung des Aktors **50** kein Kraftstoff über diesen Spalt aus der Druckkammer **64** in den Ausgleichsraum **66** entweichen kann. Andererseits besteht jedoch auch die Möglichkeit den Quetschspalt **63** so auszulegen, daß der durch die Auslenkung des Antriebselements **61** des Übertragungsmoduls **60** hervorgerufene Druckanstieg zuerst immer etwas Kraftstoff aus der Druckkammer **63** in den Ausgleichsraum **66** drückt. Dies bewirkt dann, daß die vom Aktor **50** auf das Antriebselement **61** übertragene Kraft gedämpft auf das Aufnahmeelement **62** des Übertragungsmoduls und damit auf das Ventilelement **41** des Servoventils übertragen wird. Weiterhin kann hierdurch auch erreicht werden, daß das Ventilelement **41** von der Auslenkung des Übertragungsmoduls **60** zeitlich verzögert, bezogen auf die Aktoransteuerung, geöffnet wird. Durch diese zeitlich verzögerte und gedämpfte Übertragung der Aktorauslenkung auf das Ventilelement **41** des Servoventils **40** wird die Dynamik beim Öffnen des Ventilelements **41** vermindert, was eine präzise Ansteuerung der Düsennadel **33** bei den im Kraftstoffinjektor gewünschten hohen Schallgeschwindigkeiten gewährleistet.

[0034] Das Ventilplättchen **68** in der Druckkammer **64** des Übertragungsmoduls **60** wird bei einer vollständig gefüllten Druckkammer durch die Haltekraft des Federelements **65** sowie durch den vom Kraftstoff in der Druckkammer **64** auf das Ventilplättchen **68** ausgeübten Druck während des gesamten Arbeitstaktes gegen die Ringschulter **624** in der zweistufigen Sackbohrung **623** des Aufnahmeelements **62** gedrückt, so daß die Verbindung zwischen dem unteren Sackbohrungsabschnitt **626** und der Druckkammer **64** unterbrochen ist. Sollte die Druckkammer **63** jedoch zum Beispiel aufgrund einer Luftblasenbildung, wie sie sich nach längerer Standzeit der Brenn-

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 5 of 10

kraftmaschine ergeben könnte, nicht vollständig mit Kraftstoff gefüllt sein, so bewirkt der beim Öffnen des Ventilelements **41** des Servoventils **40** aufgrund des aus der Steuerkammer **12** erfolgenden Kraftstoffstroms sich ergebende schnelle Druckanstieg im Befüllungsraum **67** und damit auch im unteren Sackbohrungsabschnitt **626**, daß das Ventilplättchen **68** gegen die Haltekraft des Federelements **65** von der Ringschulter **624** abhebt. Bei geöffneten Ventilplättchen **68** kann dann Kraftstoff aus dem unteren Sackbohrungsabschnitt **626** an den abgeplatteten Seitenflächen des Ventilplättchens **68** vorbei in die Druckkammer **64** fließen, so daß sich diese mit Kraftstoff füllt und die Luftblasen aus der Druckkammer **64** herausgedrückt werden. Sobald die Druckkammer **64** wieder vollständig mit Kraftstoff gefüllt ist, steigt der Innendruck der Druckkammer **64** und damit der Druck auf das Ventilplättchen **68** wieder an, so daß dieser Innendruck zusammen mit der Haltekraft des Federelements **65** das Ventilplättchen **68** zurück auf die Ringschulter **624** drückt, wodurch die Verbindung zwischen dem unteren Sackbohrungsabschnitt **626** und der Druckkammer **64** wieder unterbrochen wird.

[0035] Durch diese Entlüftung der Druckkammer **64** des Übertragungsmoduls **60** wird gewährleistet, daß die Druckkammer 64 im wesentlichen immer vollständig mit Kraftstoff gefüllt ist und damit die Funktionsfähigkeit des Übertragungsmoduls **60** ständig gewährleistet bleibt. Eine nicht vollständig gefüllte Druckkammer **64** hätte nämlich zur Folge, daß sich der Effekt des hydraulischen Spielausgleichs beim Übertragungsmodul nicht ausbilden kann und so das Servoventil **40** bei Ansteuerung des Aktors 50 vom Übertragungsmodul nur unvollständig und mit einer unerwünschten Verzögerung geöffnet wird.

[0036] Um zu gewährleisten, daß der Druckstoß im Kraftstoffbefüllungsraum **67** beim Öffnen des Servoventils **40** und damit der Druckstoß im unteren Sackbohrungsabschnitt **626** des Aufnahmeelements **62** ausreicht, das Ventilplättchen **68** bei nicht vollständig gefülltem Druckraum **64** zu öffnen, kann die Größe dieses Druckstoßes durch eine entsprechende Dimensionierung der Rücklaufdrossel **671** zwischen dem Befüllungsraum **67** und dem Kraftstoffrücklauf **18** eingestellt werden. Bei der Auslegung der Rücklaufdrossel **671** ist jedoch auch darauf zu achten, daß ein ausreichender Kraftstoffrückfluß aus der Steuerkammer **12** in den Kraftstofftank bei geöffnetem Servoventil **40** erfolgen kann, so daß die Fähigkeit des Servoventils **40** zum Öffnen der Düsennadel **33** nicht beeinträchtigt wird. Die Stärke des auf das Ventilplättchen **68** wirkenden Druckstoßes beim Öffnen des Servoventils **40** kann auch durch eine geeignete Auslegung des Durchmessers des unteren Sackbohrungsabschnittes **626** des Aufnahmeelements im Übertragungsmodul **60** eingestellt werden.

[0037] Darüber hinaus läßt sich die zum Öffnen des Ventilplättchens **68** notwendige Kraft durch eine geeignete Wahl des Federelements **65** beeinflussen.

[0038] **Fig.** 2 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Übertragungsmoduls, bei dem statt eines Ventilplättchens eine Ventilkugel **680** eingesetzt wird. Durch die Verwendung einer Ventilkugel **680** an Stelle eines Ventilplättchens läßt sich die Trägheit beim Öffnen des Ventils positiv beeinflussen.

[0039] Bei der in **Fig.** 3 gezeigten weiteren Ausführungsform des Übertragungsmoduls ist im Vergleich zu der in **Fig.** 1 gezeigten Ausführungsform das Antriebselement **610** und das Aufnahmeelement **620** als Innen- und Außenteil einer Teleskopanordnung ausgebildet. Das Antriebselement **610** weist hierzu einen etwas größeren Außendurchmesser als das Aufnahmeelement **620** auf, wobei das Aufnahmeelement sich in eine Vertiefung in der Stirnfläche des Antriebselements erstreckt, jedoch ein Quetschspalt **630** zwischen der Stirnfläche des Antriebselements **610** und der Stirnfläche des Aufnahmeelements **620** verbleibt. Diese Auslegung ermöglicht einen besonders kompakten Aufbau des Übertragungsmoduls.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Übertragen einer Auslenkung eines Aktors (**50**) auf ein Stellglied (**40**) mit einem spielausgleichenden Übertragungsmodul (**60**), das eine Wirkverbindung zwischen dem Aktor (**50**) und dem Stellglied (**40**) herstellt und das eine Druckkammer (**64**) umfaßt, die über eine Drosselverbindung (**63**) mit einem mit einem hydraulischen Medium gefüllten Raum (**66**) in Verbindung steht,
bei der das Übertragungsmodul (**60**) aus zwei axial gegeneinander verschiebbaren Teilelementen besteht, dessen erstes Teilelement (**61**, **610**) in einer Wirkverbindung mit dem Aktor (**50**) steht und dessen zweites Teilelement (**62**, **620**) in einer Wirkverbindung mit dem Stellglied (**40**) steht,
bei der in dem von dem ersten Teilelement und dem zweiten Teilelement umschlossenen Raum die Druckkammer (**64**) ausgebildet ist, die über die im Übertragungsmodul (**60**) ausgebildete Drosselverbindung (**63**) mit dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Raum (**66**) in Verbindung steht, und
bei der eine zwischen der Druckkammer (**64**) und einem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) vorgesehene Befüllungseinrichtung so ausgelegt ist, daß die Befüllungseinrichtung bei nicht vollständig gefüllter Druckkammer (**64**) offen steht,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Befüllungseinrichtung ein Federelement (**65**) und ein Ventil (**68**, **680**) aufweist.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Befüllungseinrichtung das in einer zweistufigen Sackbohrung (**623**) zwischen der Druckkammer (**64**) und dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) angeordnete Ventil (**68**, **680**) aufweist, welches die zweistufige Sackbohrung (**623**) bei nicht vollständig gefüllter

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 6 of 10

Druckkammer (**64**) öffnet, um der Druckkammer (**64**) das hydraulische Medium zuzuführen.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mit dem hydraulischen Medium gefüllte Befüllungsraum (**67**) so mit dem Stellglied (**40**) verbunden ist, daß beim Betätigen des Stellgliedes (**40**) durch das zweite Teilelement (**62**, **620**) eine Druckerhöhung im mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) erfolgt, welche das Ventil (**68**, **680**) in der zweistufigen Sackbohrung (**623**) dann öffnet, wenn die Druckkammer (**64**) im Übertragungsmodul (**60**) nicht vollständig mit dem hydraulischen Medium gefüllt ist.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil ein mit dem Federelement (**65**) belastetes Rückschlagventil (**68**, **680**) ist,
das an einem Ventilsitz in der zweistufigen Sackbohrung (**623**) angeordnet ist,
das auf der Seite, auf der das Federelement (**65**). angreift, von einem Innendruck der Druckkammer (**64**) beaufschlagt ist und
das auf der gegenüberliegenden Seite von einem Druck in dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) beaufschlagt ist,
wobei der Innendruck bei vollständig gefüllter Druckkammer (**64**) das Rückschlagventil (**68**, **680**) auf den Ventilsitz (**624**) drückt und die zweistufige Sackbohrung (**623**) schließt.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich beim Übertragen der Auslenkung des Aktors (**50**) auf das Stellglied (**40**) mit dem spielausgleichenden Übertragungsmodul (**60**) ein Druckanstieg im mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) ergibt, der das Rückschlagventil (**68**, **680**) von dem Ventilsitz in der zweistufigen Sackbohrung (**623**) gegen die Haltekraft des Federelements (**65**) abhebt, wenn die Druckkammer (**64**) im Übertragungsmodul (**60**) nicht vollständig mit dem hydraulischen Medium gefüllt ist, so daß weiteres hydraulisches Medium aus dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) über die zweistufige Sackbohrung (**623**) in die Druckkammer (**64**) fließen kann.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß das erste Teilelement (**61**, **610**) des Übertragungsmoduls (**60**) ein erstes Kolbenelement mit einem im wesentlichen U-förmigen Querschnitt ist, bei dem eine Bodenplatte (**611**) und eine ringförmige Seitenwandung (**612**) eine Sackbohrung (**613**) festlegen,
dass das zweite Teilelement (**62**, **620**) des Übertragungsmoduls (**60**) ein zweites Kolbenelement mit einem im wesentlichen U-förmigen Querschnitt ist, bei dem eine Bodenplatte (**621**) und eine ringförmige Seitenwandung (**622**) die zweistufige Sackbohrung (**623**) mit einer umlaufenden Ringschulter (**624**) festlegen,
wobei der Durchmesser eines oberen Sackbohrungsabschnitts (**625**) im wesentlichen dem Durchmesser der Sackbohrung (**613**) im ersten Kolbenelement (**61**) entspricht,
wobei in einem unteren Sackbohrungsabschnitt (**626**), der einen gegenüber dem Durchmesser des oberen Sackbohrungsabschnitts (**625**) verminderten Durchmesser aufweist, eine Durchgangsbohrung (**627**) eingebracht ist, die den unteren Sackbohrungsabschnitt (**626**) mit dem mit dem hydraulischen Medium gefüllten Befüllungsraum (**67**) verbindet, und
dass das erste Kolbenelement (**61**, **610**) und das zweite Kolbenelement (**62**, **620**) so zueinander angeordnet sind, daß sich zwischen den Seitenwandungen ein Quetschspalt (**63**) als die Drosselverbindung ausbildet,
wobei die Sackbohrung (**613**) des ersten Kolbenelements und der obere Sackbohrungsabschnitt (**625**) der zweistufigen Sackbohrung (**623**) im Bereich des zweiten Kolbenelements (**62**) die Druckkammer (**64**) ausbilden, in der das Federelement (**65**) auf dem ersten Kolbenelement (**61**) abgestützt ist, um das Rückschlagventil (**68**) im Ruhezustand gegen die Ringschulter (**624**) in der zweistufigen Sackbohrung (**623**) im Bereich des zweiten Kolbenelements (**62**) zu drücken.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Kolbenelement (**610**) und das zweite Kolbenelement (**620**) als Innen- und Außenteil einer Teleskopanordnung ausgebildet sind.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennkennzeichnet, daß das Rückschlagventil als scheibenförmiges Ventilplättchen (**68**) ausgebildet ist,
wobei der Scheibendurchmesser im wesentlichen dem Durchmesser des oberen Sackbohrungsabschnittes (**625**) der zweistufigen Sackbohrung (**623**) im zweiten Kolbenelement (**62**) entspricht und
wobei zwei sich gegenüberliegende Seiten abgeplattet sind, so daß ein ausreichender Strömungsspalt zwischen dem Ventilplättchen (**68**) und der Innenwandung des oberen Sackbohrungsabschnittes (**625**) verbleibt.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennkennzeichnet, daß das Rückschlagventil als Kugelventil (**680**) ausgebildet ist.

10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9 zum Einsatz in einem Kraftstoffinjektor, dadurch gekennzeichnet, daß das hydraulische Medium der Kraftstoff des Kraftstoffinjektors ist, dass das Stellglied ein Servoventil (**40**) zum Betätigen einer Düsennadel im Kraftstoffinjektor ist, und dass das Übertragungsmodul (**60**) in einer zylindrischen Bohrung (**44**) zwischen dem Aktor (**50**) und dem Servoventil (**40**)

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 7 of 10

geführt ist, wobei im Bereich des Quetschspaltes (**63**) zwischen dem ersten Kolbenelement (**61**) und dem zweiten Kolbenelement (**62**) die Bohrung zu einem Ausgleichsraum (**66**) erweitert ist, der an einen Leckageraum (**25**) im Kraftstoffinjektor und an einen Kraftstoffrücklauf (**18**) angeschlossen ist, wobei in der Verbindung zwischen dem Ausgleichsraum (**66**) und dem Kraftstoffrücklauf (**18**) eine Leckagedrossel (**661**) oder ein Rückschlagventil angeordnet ist, um zu gewährleisten, dass der Ausgleichsraum ständig mit Kraftstoff gefüllt ist.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennkennzeichnet, daß der Befüllungsraum ein Kraftstoffbefüllungsraum (**67**) ist, der im unteren Bereich der Bohrung (**44**) um die Durchgangsbohrung (**627**) im zweiten Kolbenabschnitt (**62**) herum so angeordnet ist, daß der bei geöffnetem Servoventil (**40**) abgesteuerte Kraftstoff in den Kraftstoffbefüllungsraum (**67**) fließt und von dort an den Kraftstoffrücklauf (**18**) abgegeben wird, wobei in der Verbindung zwischen dem Kraftstoffbefüllungsraum (**67**) und dem Kraftstoffrücklauf (**18**) eine Rücklaufdrossel (**671**) vorgesehen ist.

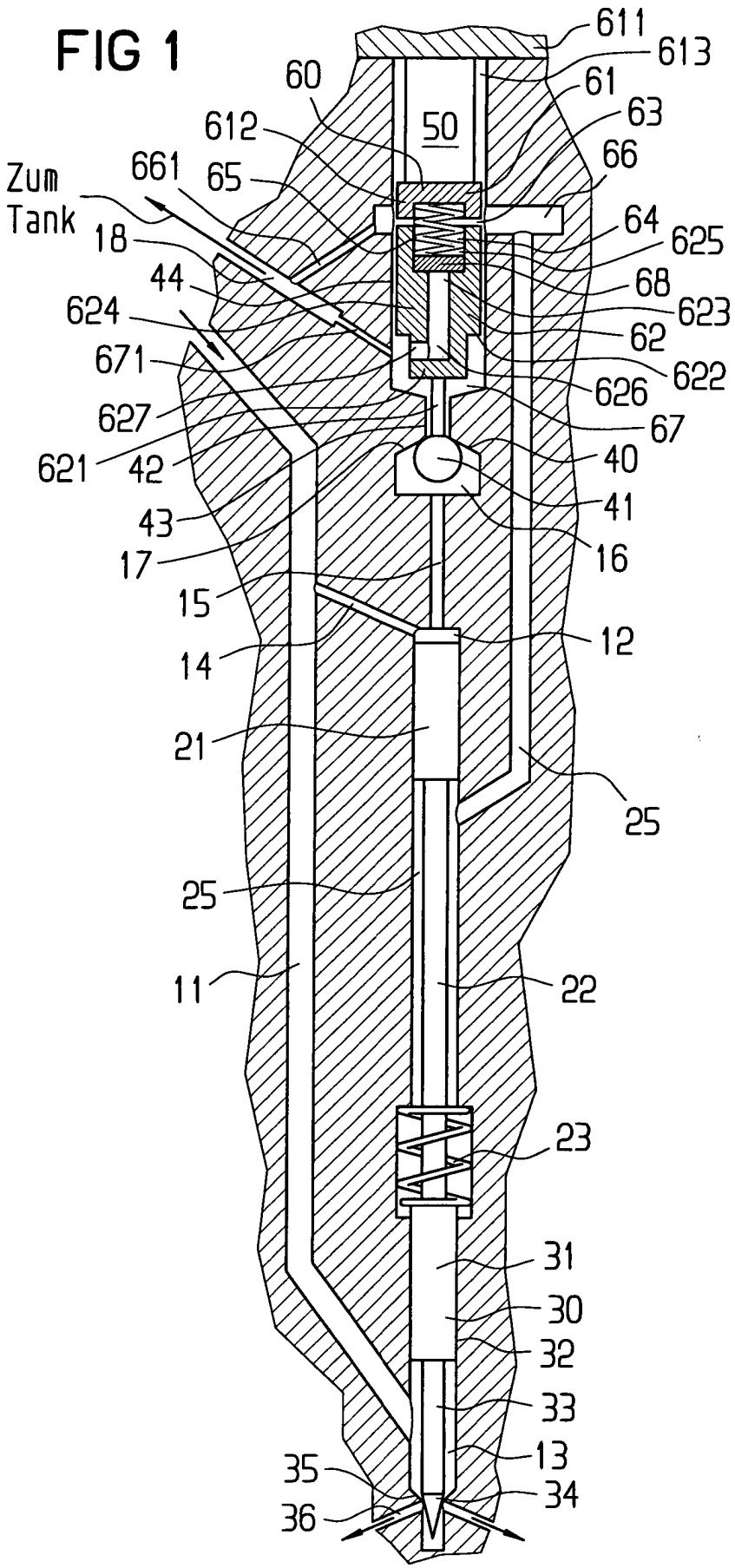
12. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, dadurch gekennkennzeichnet, daß das das Rückschlagventil (**68**, **680**) beaufschlagende Federelement (**65**) und/oder die Rücklaufdrossel (**671**) zwischen dem Kraftstoffbefüllungsraum (**67**) und dem Kraftstoffrücklauf (**18**) so eingestellt sind, daß der Druckstoß im Kraftstoffbefüllungsraum (**67**) beim Öffnen des Servoventils (**40**) das Rückstoßventil bei nicht vollständig mit Kraftstoff gefülltem Druckraum (**64**) im Übertragungsmodul (**60**) öffnet.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 8 of 10

Anhängende Zeichnungen

FIG 1



Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 9 of 10

FIG 2

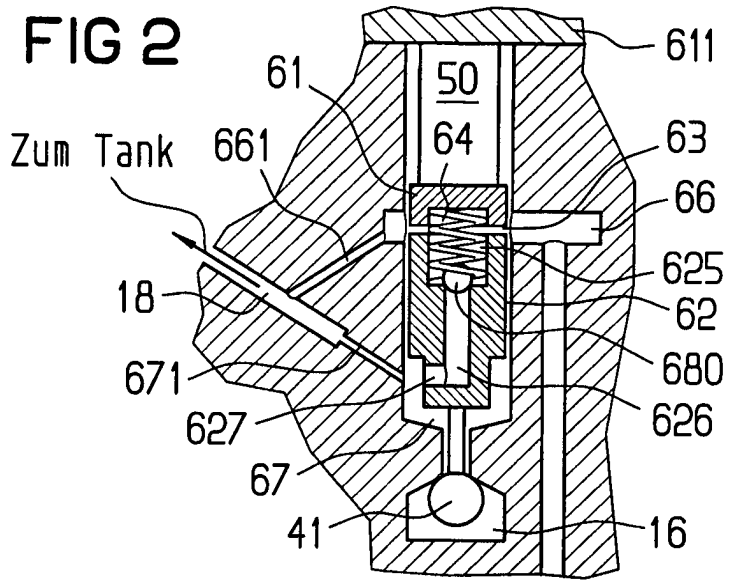


FIG 3

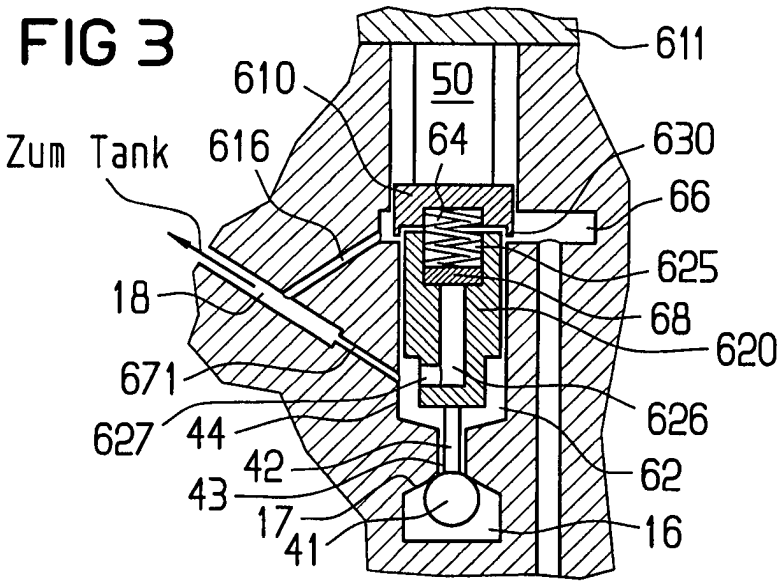
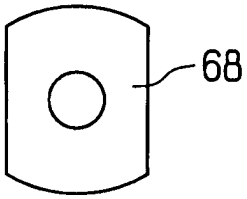


FIG 4



Westport Fuel Systems Canada Inc.
EX 2009
Robert Bosch LLC et al. v. Westport Fuel Systems Canada Inc.
IPR2023-00293
Page 10 of 10