

(19)



(11)

EP 2 649 320 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.05.2015 Patentblatt 2015/21

(51) Int Cl.:
F04C 14/10^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11773297.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/068651

(22) Anmeldetag: **25.10.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/076241 (14.06.2012 Gazette 2012/24)

(54) KRAFTSTOFFFÖRDERSYSTEM EINER BRENNKRAFTMASCHINE, MIT EINER ROTATIONS Pumpe

FUEL DELIVERY SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, COMPRISING A ROTARY PUMP

SYSTÈME DE TRANSPORT DE CARBURANT D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE COMPORTANT UNE POMPE ROTATIVE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **08.12.2010 DE 102010062668**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.2013 Patentblatt 2013/42

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **FLO, Siamend**
70499 Stuttgart (DE)

- **NITSCHKE, Frank**
71686 Remseck Am Neckar (DE)
- **ALLGEIER, Thorsten**
74199 Untergruppenbach (DE)
- **ARNOLD, Juergen**
71672 Marbach Am Neckar (DE)
- **BAUER, Michael**
70839 Gerlingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B3-102004 010 324 US-A- 4 102 606
US-A- 6 086 337 US-A1- 2009 196 772

EP 2 649 320 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstofffördersystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Vom Markt her bekannt sind Kraftstoffsysteme von Brennkraftmaschinen, beispielsweise für Ottomotoren, welche mit einer Direkteinspritzung von Kraftstoff arbeiten, wobei Einspritzdrücke von beispielsweise 200 bar erforderlich sind. Häufig wird der benötigte Kraftstoffdruck in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine beispielsweise in einem Bereich von 40 bar bis 200 bar geregelt.

[0003] Dazu ist es bekannt, zur Erzeugung des erforderlichen Kraftstoffdrucks eine Kolbenpumpe zu verwenden, die mechanisch von der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Ein den Druck ermittelnder Hochdrucksensor und ein die Kraftstoffmenge steuerndes Mengensteuerventil können für die Regelung des Drucks verwendet werden. Dies erfolgt unter Mitwirkung einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung ("Steuergerät") der Brennkraftmaschine. Die Ansteuerung der zylinderindividuellen Einspritzventile erfolgt in Abhängigkeit des jeweils von dem Hochdrucksensor ermittelten Kraftstoffdrucks.

[0004] Ferner ist es möglich, den Kraftstoffdruck mechanisch ohne die Verwendung eines Hochdrucksensors zu regeln. Dies ist aus dem Stand der Technik in Verbindung mit mechanisch arbeitenden Einspritzsystemen bekannt.

[0005] Die typischerweise zur Hochdruckerzeugung eingesetzten ventilsteuerten Kolbenpumpen sind vergleichsweise aufwändig hergestellt. Zudem erzeugen Einkolbenpumpen häufig hohe Druckpulsationen auf der Hoch- und Niederdruckseite.

[0006] Eine alternative Möglichkeit der Kraftstoffförderung ist die Verwendung von Rotationspumpen, welche in Bezug auf Kolbenpumpen vergleichsweise geringe Druckpulsationen erzeugen. Um bei einem Start der Brennkraftmaschine die erforderliche Kraftstoffmenge zum Druckaufbau und zur Einspritzung zu erzeugen, müssen diese Pumpen häufig überdimensioniert ausgeführt werden. Der bei höheren Drehzahlen zu viel geförderte Kraftstoff wird in den Niederdruckbereich des Kraftstofffördersystems zurückgeführt.

[0007] Weiterhin ist es bekannt, Flügelzellenpumpen mittels einer druckgesteuerten Veränderung der Exzentrizität bedarfsgerecht zu steuern, so dass die in den Niederdruckbereich zurückgeführte Kraftstoffmenge zumindest verkleinert werden kann.

[0008] Viele der bei Kolbenpumpen angewandten einfacheren Methoden zur Bedarfsregelung versagen jedoch bei Rotationspumpen, da diese vom Prinzip her zwangsgesteuert sind. Bei Rotationspumpen sind die Einlass- und Auslassmengen weniger von einem jeweiligen Druck bestimmt, sondern sind im Wesentlichen von der Geometrie der so genannten "Steuernieren" - also der Einlass-Abschnitte und Auslass-Abschnitte - der Ro-

tationspumpe abhängig.

[0009] Patentveröffentlichungen aus diesem Fachgebiet sind beispielsweise die EP 1 927 754 A1, die US 4 102 606 A, die US 6 086 337 A sowie die US 2009/196772 A1.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Kraftstofffördersystem nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

[0011] Das erfindungsgemäße Kraftstofffördersystem hat den Vorteil, dass die Erzeugung eines hohen Kraftstoffdrucks mittels einer sauggedrosselten Rotationspumpe mindestens abschnittsweise und/oder schrittweise bedarfsgerecht gesteuert werden kann, wobei das Betriebsgeräusch und Druckpulsationen der sauggedrosselten Rotationspumpe minimiert werden können. Somit kann die Förderleistung entsprechend einem jeweiligen Bedarf auf einfache Weise gedrosselt werden. Außerdem ist das erfindungsgemäße Kraftstofffördersystem kostengünstig herstellbar.

[0012] Es wird von der Überlegung ausgegangen, dass Rotationspumpen im Allgemeinen überdimensioniert werden, um auch bei niedrigen Drehzahlen einer Brennkraftmaschine einen genügenden Kraftstoffdruck zu erzeugen. Dabei macht es sich die Erfindung zunutze, dass die Förderung des Kraftstoffs - abhängig von der Drehzahl und/oder dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine - auch ohne eine über den gesamten Bereich der benötigten Förderleistung stufenlose Regelung erfolgen kann. Beispielsweise kann es bereits ausreichend sein, nach erfolgtem Start bzw. Kaltstart der Brennkraftmaschine das wirksame Verdrängungsvolumen der Rotationspumpe gestuft zu begrenzen. Die Begrenzung des Verdrängungsvolumens geschieht dabei in zumindest mittelbarer Abhängigkeit von der Saugdrosselung.

[0013] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die sauggedrosselte Rotationspumpe mindestens zwei in Drehrichtung gesehen hintereinander liegende und voneinander getrennte Auslass-Abschnitte umfasst, wobei mindestens ein in Drehrichtung gesehen vorderer Auslass-Abschnitt - abhängig vom Grad der Saugdrosselung - hydraulisch zugeschaltet oder abgeschaltet werden kann. Damit ist es in Abhängigkeit des jeweiligen Kraftstoffbedarfs möglich, die Förderleistung der Rotationspumpe mittels eines vergleichsweise einfachen Schaltventils zu beeinflussen, bei trotz Saugdrosselung günstigem und leisem Betriebsverhalten der Rotationspumpe.

[0014] In einer Ausgestaltung des Kraftstofffördersystems ist zwischen einerseits dem vorderen Auslass-Ab-

schnitt und andererseits einem in Drehrichtung gesehen hinteren Auslass-Abschnitt und dem Hochdruckbereich ein erstes Rückschlagventil angeordnet, welches zu dem vorderen Auslass-Abschnitt hin sperrt. Damit ist eine Förderung von Kraftstoff grundsätzlich über beide Auslass-Abschnitte möglich. Ist aber die einlassseitige Ventileinrichtung aktiv, arbeitet die Rotationspumpe also sauggedrosselt, bleibt der Druck im vorderen Auslass-Abschnitt niedrig und dieser daher vom Hochdruckbereich (und auch vom hinteren Auslass-Abschnitt) getrennt. Dadurch ergibt sich eine einfache und kostengünstige Regelung. Weiterhin ist es möglich, auch mehr als zwei Auslass-Abschnitte vorzusehen, welche abhängig von der konkreten Ausführungsform entweder unmittelbar oder über jeweils ein weiteres Rückschlagventil mit dem Hochdruckbereich hydraulisch verbunden bzw. von dem diesen trennbar sind. Dadurch kann das wirksame Verdrängungsvolumen der Rotationspumpe noch feiner gestuft eingestellt bzw. begrenzt werden.

[0015] Das Kraftstofffördersystem ist kostengünstig herstellbar, wenn die Rotationspumpe eine Planetenrotorpumpe ist. Planetenrotorpumpen sind für die erfindungsgemäße Anwendung auch in technischer Hinsicht besonders geeignet.

[0016] Weiterhin ist vorgesehen, dass die steuerbare Ventileinrichtung elektrisch oder mechanisch/hydraulisch angesteuert wird. Bei einer elektrischen Steuerung kann das Ventil beispielsweise von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine gesteuert werden, wodurch der Betrieb der Rotationspumpe bzw. die Höhe des erzeugten Kraftstoffdrucks besonders gut kontrolliert werden kann. Bei einer mechanisch/hydraulischen Steuerung kann die Ventileinrichtung beispielsweise von dem in dem Hochdruckbereich herrschenden Druck gesteuert werden, so dass eine Regelung des Kraftstoffdrucks allein aus lokal vorliegenden Größen möglich ist.

[0017] Eine weitere Ausgestaltung des Kraftstofffördersystems sieht vor, dass die Auslass-Abschnitte so dimensioniert und angeordnet sind, dass bei Vollförderung jeder Auslass-Abschnitt ungefähr die Hälfte eines Gesamt-Verdrängungsvolumens fördert. Der vordere Auslass-Abschnitt (und damit die volle Antriebsleitung der Rotationspumpe) wird dann nur während des Startes zum schnellen Aufbau und Halten des Raildrucks benötigt. Während des normalen Betriebs mit einem Kraftstoffbedarf, der maximal der Hälfte des Start-Kraftstoffbedarfs entspricht, bleibt das erste Rückschlagventil dagegen geschlossen, da aufgrund der Saugdrosselung erreicht wird, dass die Verdrängerräume im Regelfalle maximal zur Hälfte gefüllt sind. Wird so stark sauggedrosselt, dass die Verdrängerräume weniger als zur Hälfte befüllt sind (oder beispielsweise gar nicht gefüllt sind), wird maximal die Vollastmenge dissipiert und auch die Rückströmmenge (und damit auch die Druckpulsationen) deutlich reduziert. Dabei sind mögliche Leckagen mit einbezogen. Die Dimensionierung erfolgt über die jeweilige Geometrie der - in diesem Fall zwei - Auslass-

Abschnitte, welche auch als "Drucknieren" bezeichnet werden. Die Zuschaltung bzw. Abschaltung erfolgt selbsttätig durch das erste Rückschlagventil in Abhängigkeit der zwischen dem vorderen und dem hinteren Auslass-Abschnitt herrschenden Druckdifferenz, die wiederum vom Umfang der Saugdrosselung abhängt. Es versteht sich, dass die Auslass-Abschnitte auch eine beliebig andere Geometrie als "nierenförmig" oder "sichel-förmig" aufweisen können.

[0018] Alternativ ist vorgesehen, dass die Auslass-Abschnitte so dimensioniert und angeordnet sind, dass bei Vollförderung über den vorderen Auslass-Abschnitt in etwa 75 Prozent des Gesamt-Verdrängungsvolumens gefördert wird. Dadurch weist die Rotationspumpe - insbesondere bei Betriebszuständen mit geringer oder keiner Kraftstoff-Förderung (bspw. Schubbetrieb) eine besonders kleine Verlustleistung auf. Daher muss aus der Rotationspumpe wenig Wärme an die Umgebung abgeführt werden. In einem oberen Teillastbereich oder bei Vollast oder beim Druckaufbau beim Start der Brennkraftmaschine, wenn die maximale Kraftstoffmenge gefördert wird, findet dann möglicherweise ein verstärktes Rückströmen statt. Die dabei erzeugte Verlustleistung kann als Folge der höheren Kraftstoff-Fördermenge ausreichend abgeführt werden, die entstehenden Pulsationen können toleriert oder ausgeglichen werden, und das Pumpengeräusch wird durch das höhere Betriebsgeräusch der Brennkraftmaschine überdeckt.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung des Kraftstofffördersystems sieht vor, dass ein Querschnitt des vorderen Auslass-Abschnitts in etwa die Größe eines Verdrängerraums der Rotationspumpe aufweist. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn die Rotationspumpe eine vergleichsweise geringe Anzahl an Verdrängerräumen aufweist. Der vordere Auslass-Abschnitt ist dabei derart ausgebildet, dass im Wesentlichen nur ein Verdrängerraum zu einer Zeit über das erste Rückschlagventil fördern kann. Damit kann die Förderleistung der Rotationspumpe zumindest bereichsweise entsprechend einer jeweils zu fördernden Kraftstoffmenge stufenlos geregelt werden.

[0020] In einer nochmals weiteren Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die steuerbare Ventileinrichtung zwischen Einlassabschnitt und vorderem Auslass-Abschnitt angeordnet ist. Dabei übernimmt die steuerbare Ventileinrichtung die Aufgabe eines Mengensteuerventils. Wiederum kann ergänzend zwischen dem vorderen und dem hinteren Auslass-Abschnitt das erste Rückschlagventil angeordnet sein, welches zu dem vorderen Auslass-Abschnitt hin sperren kann. Mit dieser Anordnung wird ein gesteuerter hydraulischer Bypass geschaffen, der einen Teil der aus dem vorderen Auslass-Abschnitt geförderten Kraftstoffmenge in den Einlass-Abschnitt bedarfsabhängig zurückführen kann. Dabei kann der Durchflussquerschnitt des Mengensteuerventils kontinuierlich, gestuft oder vorzugsweise schaltend verändert werden.

[0021] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zwi-

schen dem Einlass-Abschnitt und dem in Drehrichtung gesehen hinteren Auslass-Abschnitt ein zweites federbelastetes Rückschlagventil angeordnet ist, welches zum hinteren Auslass-Abschnitt hin sperrt. Das zweite Rückschlagventil hat die Aufgabe, bei einem eventuellen Stillstand der Brennkraftmaschine und/oder der Rotationspumpe eine obere Druckbegrenzung durchzuführen, falls beispielsweise sich der Kraftstoff in Folge einer Erwärmung ausdehnt. Außerdem kann durch das zweite Rückschlagventil eine eventuell zu viel geförderte Kraftstoffmenge zurück in den Einlass-Abschnitt gefördert werden. Das zweite Rückschlagventil weist dazu einen vergleichsweise hohen Auslösedruck auf.

[0022] Weiterhin wird in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, dass die steuerbare Ventileinrichtung eine Hysterese aufweist, derart, dass ein Öffnungsdruck größer, vorzugsweise ungefähr doppelt so groß ist als ein Schließdruck. Hierdurch wird sichergestellt, dass die maximale Fördermenge nur dann bereitgestellt wird, wenn dies wirklich zur Aufrechterhaltung des Raildrucks erforderlich ist.

[0023] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffsystems und eines darin angeordneten Kraftstofffördersystems einer Brennkraftmaschine;
- Figur 2 eine erste Ausführungsform des Kraftstofffördersystems von Figur 1;
- Figur 3 eine andere Ausführungsform des Kraftstofffördersystems; und
- Figur 4 eine weitere Ausführungsform des Kraftstofffördersystems.

[0024] Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0025] Die Figur 1 zeigt ein stark vereinfachtes Schema eines Kraftstoffsystems 10 einer hier nicht dargestellten Brennkraftmaschine. In der Zeichnung von links nach rechts ist ein Kraftstofftank 12 über eine Niederdruckleitung 14 mit einem Kraftstofffördersystem 16 verbunden. Der Bereich stromaufwärts des Kraftstofffördersystems 16 entspricht einem Niederdruckbereich 17. Weiterhin ist an das Kraftstofffördersystem 16 über eine Hochdruckleitung 18 ein Hochdruckspeicher 20 ("Common Rail") angeschlossen. Das Kraftstofffördersystem 16 umfasst eine Rotationspumpe 22, welche von einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 der Brennkraftmaschine gesteuert werden kann. Der Bereich stromabwärts des Kraftstofffördersystems 16 entspricht einem Hochdruckbereich 25.

[0026] Im Betrieb fördert die Rotationspumpe 22 Kraft-

stoff von dem Kraftstofftank 12 in den Hochdruckspeicher 20. Davon ausgehend kann Kraftstoff mittels Einspritzventilen in Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden.

[0027] Die Figur 2 zeigt eine erste Ausführungsform des Kraftstofffördersystems 16 und den Hochdruckspeicher 20. Vorliegend umfasst das Kraftstofffördersystem 16 die etwa im mittleren Bereich der Zeichnung dargestellte Rotationspumpe 22, zum Hochdruckspeicher 20 hin ein erstes Rückschlagventil 28, zum Niederdruckbereich 17 hin ein zweites Rückschlagventil 30 und eine steuerbare Ventileinrichtung 32, welche über einen Elektromagneten 33 steuerbar ist. Die Rotationspumpe 22 ist vorliegend als eine Planetenrotorpumpe ausgeführt, welche einen radialsymmetrischen äußeren Gehäuseabschnitt 26, ein auf einer Nabe 34 angeordnetes Innenzahnrad 36, und acht in dem Gehäuseabschnitt 26 auf einem (nicht dargestellten) Kreis radialsymmetrisch angeordnete Planetenzahnräder 38 aufweist. Das Innenzahnrad 36 weist sieben Zähne 37 sowie eine umlaufende Feinverzahnung (ohne Bezugszeichen) auf. Die Planetenzahnräder 38 weisen eine dazu komplementäre Feinverzahnung auf.

[0028] Ein Drehpfeil 39 kennzeichnet die Drehrichtung der Nabe 34 im Betrieb. Radial zwischen dem Innenzahnrad 36 und dem Gehäuseabschnitt 26 bzw. den Planetenzahnrädern 38 sind Verdrängerräume 40, welche nur teilweise mit ihrem Bezugszeichen kenntlich gemacht sind, mit jeweils unterschiedlichen Größen und Geometrien gebildet, deren Volumen mit der Drehbewegung des Innenzahnrad zunächst zu- und dann wieder abnimmt. Im in der Zeichnung oberen Bereich weist die Rotationspumpe 22 einen Einlass-Abschnitt 42 ("Einlassnieren") auf, sowie im unteren Bereich einen in Drehrichtung vorderen Auslass-Abschnitt 44 und einen hinteren Auslass-Abschnitt 46 ("Auslassnieren"). Der Einlass-Abschnitt 42 und die Auslass-Abschnitte 44 und 46 überdecken die Verdrängerräume 40 zumindest teilweise und sind entsprechend mit den Verdrängerräumen 40 fluidisch verbunden.

[0029] Die in der Zeichnung der Figur 2 dargestellten Querschnitte des Einlass-Abschnitts 42 sowie des vorderen Auslass-Abschnitts 44 und des hinteren Auslass-Abschnitts 46 weisen jeweils eine in etwa nierenförmige oder sichelförmige Geometrie auf. Dabei sind die Nieren oder Sicheln in etwa tangential zu der Drehbewegung ausgerichtet.

[0030] Die Niere des Einlass-Abschnitts 42 erstreckt sich in etwa über ein Drittel eines Kreisumfangs und verbreitert sich in Drehrichtung stetig auf etwa 200 Prozent der Anfangsbreite. Die Niere des vorderen Auslass-Abschnitts 44 erstreckt sich in etwa über ein Achtel eines Kreisumfangs und verbreitert sich in Drehrichtung sprunghaft auf etwa 200 Prozent der Anfangsbreite. Die Niere des hinteren Auslass-Abschnitts 46 erstreckt sich in etwa über drei Sechzehntel eines Kreisumfangs und verschmälert sich in Drehrichtung stetig auf etwa 50 Prozent der Ausgangsbreite.

[0031] Das erste Rückschlagventil 28 ist über eine Fluidleitung 48 mit dem vorderen Auslass-Abschnitt 44, und über eine Fluidleitung 50 mit dem hinteren Auslass-Abschnitt 46 und mit dem Kraftstoffspeicher 20 hydraulisch so verbunden, dass das erste Rückschlagventil 28 zum vorderen Auslass-Abschnitt 44 hin sperren kann. Das zweite Rückschlagventil 30 ist über eine Fluidleitung 52 mit dem Einlass-Abschnitt 42 und dem Auslass der steuerbaren Ventileinrichtung 32, und über eine Fluidleitung 54 mit dem hinteren Auslass-Abschnitt 46 hydraulisch so verbunden, dass das zweite Rückschlagventil 30 zum hinteren Auslass-Abschnitt 46 hin sperren kann. Weiterhin ist die steuerbare Ventileinrichtung 32 zwischen der Niederdruckleitung 14 und der Fluidleitung 52 angeordnet.

[0032] Im Betrieb dreht sich das Innenzahnrad 36 in Richtung des Drehpfeils 39 exzentrisch zu dem Kreis, auf welchem die Planetenzahnräder 38 angeordnet sind. Mittels der Feinverzahnung können die sieben Zähne 37 des Innenzahnrad 36 mit den acht Planetenzahnrädern 38 kämmen, wobei die Kämung bzw. die Drehung des Innenzahnrad 36 bzw. die Exzentrizität der Nabe 34 durch eine Art von "eintauchender" Schwebung charakterisiert ist. Die Eintauchbewegungen der Zähne 37 in die Zwischenräume der Planetenzahnräder 38 erfolgen jeweils nacheinander und somit zeitabhängig und ortsabhängig.

[0033] Die Planetenzahnräder 38 drehen sich in zugehörigen Ausnehmungen des Gehäuseabschnitts 26, wobei die Ausnehmungen jeweils die Form eines Kreissegments aufweisen. Vorliegend ist eine das Kreissegment bestimmende Segmenthöhe größer als der Kreisradius. Die Öffnungen der Ausnehmungen sind radial nach innen auf das Innenzahnrad 36 gerichtet.

[0034] Durch die Drehbewegung des Innenzahnrad 36 werden die Verdrängerräume 40 fortwährend in Drehrichtung verschoben, wobei die Verdrängerräume 40 im Bereich des Einlass-Abschnitts 42 stetig zunächst größer und dann im Bereich der Auslass-Abschnitte 44 und 46 wieder kleiner werden. Entsprechend den Querschnitten des Einlass-Abschnitts 42, des vorderen Auslass-Abschnitts 44, und des hinteren Auslass-Abschnitts 46 kann dadurch Kraftstoff gefördert werden. Dabei wird der Kraftstoff von der Rotationspumpe 22 über den Einlass-Abschnitt 42 angesaugt, in Drehrichtung transportiert, und - je nach Stellung der Ventileinrichtung 32 - über beide Auslass-Abschnitte 44 und 46 oder nur über den hinteren Auslass-Abschnitt 46 zum Hochdruckspeicher 20 hin abgeben.

[0035] Das zweite Rückschlagventil 30 kann den in dem hinteren Auslass-Abschnitt 46 herrschenden Kraftstoffdruck begrenzen und weist einen entsprechend hohen Auslösedruck auf. Damit kann bei einem Fehler in dem Kraftstoffsystem 10 oder bei einer eventuellen Erhöhung des Kraftstoffdrucks bei gestoppter Brennkraftmaschine (Kraftstofferwärmung) überschüssiger Kraftstoff zurück zu dem Einlass-Abschnitt 42 geleitet werden. Das zweite Rückschlagventil 30 weist somit die Funktion

eines Druckbegrenzungsventils auf.

[0036] Die von der Rotationspumpe 22 zu fördernde Kraftstoffmenge kann über die steuerbare Ventileinrichtung 32 zugemessen werden. Es ergibt sich eine so genannte "Saugdrosselung", wobei die steuerbare Ventileinrichtung 32 mittels des Elektromagneten 33 in Abhängigkeit von dem in dem Hochdruckspeicher 20 herrschenden Kraftstoffdruck von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 gesteuert wird. Dazu ist unter anderem ein Drucksensor (nicht dargestellt) an dem Hochdruckspeicher 20 vorgesehen. Damit kann der Kraftstoffdruck beispielsweise stetig an einen aktuellen Betriebszustand der Brennkraftmaschine angepasst und somit geregelt werden.

[0037] Alternativ kann die steuerbare Ventileinrichtung 32 hydraulisch bzw. mechanisch durch den Kraftstoffdruck des Hochdruckspeichers 20 gesteuert und somit der Kraftstoffdruck auf einen im Allgemeinen festen Wert geregelt werden. Optional kann dies mittels einer zusätzlichen "Druckabsteuerfunktion" ausgeführt sein. Dies ist in der Zeichnung der Figur 2 jedoch nicht dargestellt.

[0038] Vorliegend sind die Querschnitte des vorderen Auslass-Abschnitts 44 und des hinteren Auslass-Abschnitts 46 so bemessen, dass bei einer so genannten "Vollförderung" des Kraftstofffördersystems 16 jeder Auslass-Abschnitt 44 und 46 ungefähr die Hälfte eines Verdrängungsvolumens fördert. Bei Vollförderung - die Ventileinrichtung 32 ist also vollständig und immer geöffnet - werden die Verdrängungsräume 40 über den Einlass-Abschnitt vollständig mit Kraftstoff gefüllt. Beim Kleinerwerden der Verdrängerräume 40 wird der Kraftstoff zunächst über den vorderen Auslass-Abschnitt 44 und das sich öffnende Rückschlagventil 28 und dann über den hinteren Auslass-Abschnitt 46 in den Kraftstoffspeicher 20 gedrückt. Eine solche Vollförderung findet beispielsweise beim Starten der Brennkraftmaschine zum schnellen Druckaufbau im Kraftstoffspeicher 20 statt.

[0039] Bei einer Teilförderung wird die Ventileinrichtung 32 angesteuert und lässt so nur eine Befüllung der Verdrängungsräume 40 mit flüssigem Kraftstoff von beispielsweise ungefähr 50% zu. Am Ende des Füllvorgangs herrscht daher ein vergleichsweise geringer Druck in einem Verdrängerraum, so dass er mit Kraftstoff und Kraftstoffdampf gefüllt ist. Gelangt ein solcher Verdrängerraum 40 nun in den Bereich des vorderen Auslass-Abschnitts 44, reicht trotz der zwischenzeitlichen Volumenverkleinerung des Verdrängerraums 40 der in diesem herrschende Druck nicht aus, um das Rückschlagventil 28 zu öffnen. Erst die weitere Volumenverkleinerung schafft einen solchen Druck, dass der Kraftstoff über den hinteren Auslass-Abschnitt 46 in den Kraftstoffspeicher 20 gedrückt werden kann. Falls weniger als die halbe Menge der Vollförderung gefördert wird, so muss höchstens eine der Vollförderung entsprechende Wärmeleistung aus der Rotationspumpe 22 abgeführt werden, und ebenso bleibt die über das zweite Rückschlagventil 30 in den Einlass-Abschnitt 42 zurück geführte

Kraftstoffmenge vergleichsweise klein. Dadurch können auch Pulsationen des Kraftstoffdrucks deutlich vermindert werden.

[0040] Ein alternative Bemessung der Querschnitte des vorderen Auslass-Abschnitts 44 und des hinteren Auslass-Abschnitts 46 sieht vor, dass bei der Vollförderung der Rotationspumpe 22 der vordere Auslass-Abschnitt 44 in etwa 75 Prozent des Verdrängungsvolumens fördert. Dies kann beispielsweise eine geeignete Bemessung sein, wenn zum Starten der Brennkraftmaschine sehr viel mehr Kraftstoff als im Normalbetrieb benötigt wird.

[0041] Man erkennt, dass die Auslass-Abschnitte 44 und 46 vorliegend so ausgeführt sind, dass der Querschnitt des vorderen Auslass-Abschnitts 44 in etwa die Größe des Verdrängerraums 40 aufweist. Dadurch können Druckpulsationen des Kraftstoffs vergleichsweise klein gehalten werden. Druckpulsationen können allgemein dann entstehen, wenn ein teilweise gefüllter Verdrängerraum 40 mit einem der Auslass-Abschnitte 44 bzw. 46 verbunden ist, mit dem ein in Drehrichtung vorwärtiger und bereits fördernder Verdrängerraum 40 verbunden ist.

[0042] Die Figur 3 zeigt eine andere Ausführungsform des Kraftstofffördersystems 16, wiederum ergänzt mit dem Hochdruckspeicher 20. Der grundsätzliche Aufbau und einige grundsätzliche Funktion entsprechen denen der Vorrichtung von Figur 2, so dass im Folgenden nur die Unterschiede hinsichtlich der anders angeordneten steuerbaren Ventileinrichtung 32 beschrieben werden.

[0043] In dem Kraftstofffördersystem 16 von Figur 3 ist der vordere Auslass-Abschnitt 44 über eine Fluidleitung 56, die steuerbare Ventileinrichtung 32 und eine Fluidleitung 58 mit dem Einlass-Abschnitt 42 hydraulisch verbunden. Abhängig von dem Zustand der steuerbaren Ventileinrichtung 32 sowie dem jeweiligen hydraulischen Druck kann Kraftstoff von dem vorderen Auslass-Abschnitt 44 zurück zu dem Einlass-Abschnitt 42 fließen. Weiterhin ist die Niederdruckleitung 14 über die Fluidleitung 52 unmittelbar mit dem Einlass-Abschnitt 42 hydraulisch verbunden.

[0044] Darüber hinaus weist die steuerbare Ventileinrichtung 32 der Figur 3 eine Hysterese auf, derart, dass ein Öffnungsdruck erheblich größer ist als ein Schließdruck. Vorliegend ist der Öffnungsdruck doppelt so groß wie der Schließdruck. Die steuerbare Ventileinrichtung 32 öffnet also, wenn der Öffnungsdruck überschritten ist, und schließt, wenn der Schließdruck unterschritten ist. Der Öffnungs- und Schließdruck kann beispielsweise im Kraftstoffspeicher 20 abgenommen werden, kann also der Raildruck sein. Wenn beispielsweise nach dem Überschreiten des Öffnungsdrucks die steuerbare Ventileinrichtung 32 öffnet, bleibt sie auch dann weiterhin geöffnet, wenn der Kraftstoffdruck anschließend nur vergleichsweise wenig absinkt, solange der Schließdruck nicht unterschritten wird. Entsprechendes gilt umgekehrt beim Unterschreiten des Schließdrucks.

[0045] In Figur 3 ist die Aufgabe des zweiten Rück-

schlagventils 30 in Bezug auf die Figur 2 erweitert. Das zweite Rückschlagventil 30 wirkt in dem Kraftstofffördersystem 16 der Figur 3 nicht nur als Druckbegrenzungsventil - beispielsweise für den Fehlerfall - sondern kann auch eine zu viel geförderte Kraftstoffmenge von dem hinteren Auslass-Abschnitt 46 zurück in den Einlass-Abschnitt 42 fördern. Als Folge der durch die steuerbare Ventileinrichtung 32 erreichten Regelung ist die über das zweite Rückschlagventil 30 fließende Kraftstoffmenge im Allgemeinen vergleichsweise klein.

[0046] Bei einem Kaltstart der Brennkraftmaschine ist die steuerbare Ventileinrichtung 32 zunächst gesperrt. Die Rotationspumpe 22 fördert Kraftstoff in den Hochdruckspeicher 20 und baut dort kontinuierlich Kraftstoffdruck auf. Solange der Kraftstoffdruck in dem Hochdruckspeicher 20 noch so klein ist, dass das erste Rückschlagventil 28 öffnen kann, fördern der vordere Auslass-Abschnitt 44 und der hintere Auslass-Abschnitt 46 Kraftstoff in den Hochdruckspeicher 20. Die Förderleistung der Rotationspumpe 22 ist also maximal.

[0047] Nach erfolgtem Kaltstart wird die steuerbare Ventileinrichtung 32 mittels des Elektromagneten 33 geöffnet, so dass Kraftstoff von dem vorderen Auslass-Abschnitt 44 hin zu dem Einlass-Abschnitt 42 fließen kann. Damit ist der normale Betriebsfall der Brennkraftmaschine bzw. des Kraftstofffördersystems 16 erreicht und die steuerbare Ventileinrichtung 32 bleibt geöffnet, solange der Kraftstoffdruck den Schließdruck nicht unterschreitet. Aufgrund des vergleichsweise geringen Drucks in dem Auslass-Abschnitt 44 bleibt das erste Rückschlagventil 28 gesperrt, es wird nur über den hinteren Auslass-Abschnitt 46 gefördert.

[0048] Alternativ zur Steuerung durch den Elektromagneten 33 kann die steuerbare Ventileinrichtung 32 hydraulisch bzw. mechanisch durch den Kraftstoffdruck des Hochdruckspeichers 20 gesteuert werden. Dies ist in der Figur 3 jedoch nicht dargestellt.

[0049] Weiterhin ist es möglich, die Rotationspumpe 22 auch mit mehr als nur zwei Auslass-Abschnitten 44 und 46 auszuführen. Dabei können die Auslass-Abschnitte wahlweise direkt (wie Auslass-Abschnitt 46) oder über ein Rückschlagventil (wie Auslass-Abschnitt 44) mit dem Hochdruckspeicher 20 hydraulisch verbunden sein.

[0050] Die der Rotationspumpe 22 zugewandten Anschlüsse der Fluidleitungen 48, 50, 52, 54, 56 und 58 sind in der Zeichnung der Figuren 2 und 3 jeweils durch einen Punkt gekennzeichnet. Es versteht sich, dass die Punkte lediglich die hydraulische Zuordnung, jedoch nicht die genauen geometrischen Positionen der jeweiligen Anschlüsse zeigen.

[0051] Ferner versteht sich, dass die Ausführungsform der Figur 3 mit allen Varianten der Ausführungsform der Figur 2 kombinierbar ist.

[0052] Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform des Kraftstofffördersystems 16. Vorliegend ist der Einlass-Abschnitt 42 der Rotationspumpe 22 über die Fluidleitung 52 und eine mechanische Drossel 60 an den Nie-

derdruckbereich 17 angeschlossen. Das zweite Rückschlagventil 30 ist zwischen der Fluidleitung 52 und dem Hochdruckspeicher 20 angeschlossen, wobei das zweite Rückschlagventil 30 zum Hochdruckspeicher 20 hin sperren kann.

[0053] Weiterhin ist der hintere Auslass-Abschnitt 46 über ein drittes Rückschlagventil 62 an die Hochdruckleitung 18 bzw. den Hochdruckspeicher 20 angeschlossen, derart, dass das dritte Rückschlagventil 62 zum hinteren Auslass-Abschnitt 46 hin sperren kann. Ergänzend ist in der Figur 4 ein Reservoir 64 gezeichnet, welches eventuelle Leckagen des Kraftstoffs aufnehmen kann. Das Kraftstofffördersystem 16 der Figur 4 weist den Vorteil auf, dass eine eventuelle Rückströmung vom Hochdruckspeicher 20 hin zur Rotationspumpe 22 verhindert wird. Außerdem kann ein Betriebsgeräusch der Rotationspumpe 22 vermindert werden.

Patentansprüche

1. Kraftstofffördersystem (16) einer Brennkraftmaschine, mit einer Rotationspumpe (22), die Kraftstoff von einem Niederdruckbereich (17) in einen Hochdruckbereich (25) pumpt, wobei die Rotationspumpe (22) mindestens einen niederdruckseitigen Einlass-Abschnitt (42) und mindestens einen hochdruckseitigen Auslass-Abschnitt (44, 46) aufweist, und mit einer steuerbaren und zwischen niederdruckseitigem Einlass-Abschnitt (42) und Niederdruckbereich (17) angeordneten Ventileinrichtung (32) zum Steuern des geförderten Kraftstoffstroms, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationspumpe (22) mindestens zwei in Drehrichtung gesehen hintereinander liegende und voneinander getrennte Auslass-Abschnitte (44, 46) umfasst, und dass mindestens ein in Drehrichtung gesehen vorderer Auslass-Abschnitt (44) hydraulisch zugeschaltet oder abgeschaltet werden kann und dass zwischen dem Einlass-Abschnitt (42) und einem in Drehrichtung gesehen hinteren Auslass-Abschnitt (46) ein zweites federbelastetes Rückschlagventil (30) angeordnet ist, welches zum hinteren Auslass-Abschnitt (46) hin sperrt.
2. Kraftstofffördersystem (16) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einerseits dem vorderen Auslass-Abschnitt (44) und andererseits einem in Drehrichtung gesehen hinteren Auslass-Abschnitt (46) und dem Hochdruckbereich (25) ein erstes Rückschlagventil (28) angeordnet ist, welches zu dem vorderen Auslass-Abschnitt (44) hin sperrt.
3. Kraftstofffördersystem (16) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationspumpe (22) eine Planetenrotorpumpe ist.

4. Kraftstofffördersystem (16) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die steuerbare Ventileinrichtung (32) elektrisch oder mechanisch/hydraulisch angesteuert wird.
5. Kraftstofffördersystem (16) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslass-Abschnitte (44, 46) so dimensioniert und angeordnet sind, dass bei Vollförderung über jeden Auslass-Abschnitt (44, 46) ungefähr die Hälfte eines Gesamt-Verdrängungsvolumens gefördert wird.
6. Kraftstofffördersystem (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslass-Abschnitte (44, 46) so dimensioniert und angeordnet sind, dass bei Vollförderung über den vorderen Auslass-Abschnitt (44) in etwa 75 Prozent des Gesamt-Verdrängungsvolumens gefördert wird.
7. Kraftstofffördersystem (16) nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Querschnitt des vorderen Auslass-Abschnitts (44) in etwa die Größe eines Verdrängerraums (40) der Rotationspumpe (22) aufweist.

Claims

1. Fuel delivery system (16) of an internal combustion engine, having a rotary pump (22) which pumps fuel from a low-pressure region (17) into a high-pressure region (25), wherein the rotary pump (22) has at least one low-pressure-side inlet section (42) and at least one high-pressure-side outlet section (44, 46), and having a controllable valve device (32) which is arranged between the low-pressure-side inlet section (42) and low-pressure region (17) and which serves for controlling the delivered fuel flow, **characterized in that** the rotary pump (22) comprises at least two outlet sections (44, 46) which are situated one behind the other as viewed in the direction of rotation and which are separated from one another, and **in that** at least one front outlet section (44) as viewed in the direction of rotation can be hydraulically activated or deactivated, and **in that**, between the inlet section (42) and a rear outlet section (46) as viewed in the direction of rotation, there is arranged a second spring-loaded check valve (30) which blocks in the direction of the rear outlet section (46).
2. Fuel delivery system (16) according to Claim 1, **characterized in that** a first check valve (28) is arranged between, at one side, the front outlet section (44) and, at the other side, a rear outlet section (46) as viewed in the direction of rotation and the high-pres-

sure region (25), which first check valve blocks in the direction of the front outlet section (44).

3. Fuel delivery system (16) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the rotary pump (22) is a planetary rotor pump.
4. Fuel delivery system (16) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the controllable valve device (32) is electrically or mechanically/hydraulically controlled.
5. Fuel delivery system (16) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the outlet sections (44, 46) are dimensioned and arranged such that, under full delivery conditions, approximately half of a total displacement volume is delivered via each outlet section (44, 46).
6. Fuel delivery system (16) according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the outlet sections (44, 46) are dimensioned and arranged such that, under full delivery conditions, approximately 75% of the total displacement volume is delivered via the front outlet section (44).
7. Fuel delivery system (16) according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** a cross section of the front outlet section (44) has approximately the size of a displacement volume (40) of the rotary pump (22).

Revendications

1. Système de transport de carburant (16) d'un moteur à combustion interne, comprenant une pompe rotative (22) qui pompe du carburant à partir d'une région basse pression (17) dans une région haute pression (25), la pompe rotative (22) comprenant au moins une portion d'entrée côté basse pression (42) et au moins une portion de sortie côté haute pression (44, 46), et comprenant un dispositif de soupape (32) pouvant être commandé et disposé entre la portion d'entrée côté basse pression (42) et la région basse pression (17) pour commander le flux de carburant transporté, **caractérisé en ce que** la pompe rotative (22) comporte au moins deux portions de sortie (44, 46) situées l'une derrière l'autre vues dans le sens de rotation et séparées l'une de l'autre, et **en ce qu'**au moins une portion de sortie avant (44) vue dans le sens de rotation peut être mise en circuit ou hors circuit hydrauliquement, et **en ce qu'**une deuxième soupape anti-retour (30) sollicitée par ressort est disposée entre la portion d'entrée (42) et une portion de sortie arrière (46) vue dans le sens de rotation, laquelle deuxième soupape anti-retour se ferme en direction de la portion de sortie arrière (46).

2. Système de transport de carburant (16) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une première soupape anti-retour (28) est disposée entre d'une part la portion de sortie avant (44) et d'autre part une portion de sortie arrière (46) vue dans le sens de rotation et la région haute pression (25), laquelle première soupape anti-retour se ferme en direction de la portion de sortie avant (44).
3. Système de transport de carburant (16) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pompe rotative (22) est une pompe à rotor planétaire.
4. Système de transport de carburant (16) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de soupape (32) pouvant être commandé est commandé électriquement ou mécaniquement/hydrauliquement.
5. Système de transport de carburant (16) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les portions de sortie (44, 46) sont dimensionnées et disposées de telle sorte qu'en cas de plein débit, environ la moitié d'un volume de refoulement total soit transportée par le biais de chaque portion de sortie (44, 46).
6. Système de transport de carburant (16) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les portions de sortie (44, 46) sont dimensionnées et disposées de telle sorte qu'en cas de plein débit, approximativement 75 pour cent du volume de refoulement total soient transportés par le biais de la portion de sortie avant (44).
7. Système de transport de carburant (16) selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une section transversale de la portion de sortie avant (44) présente approximativement la taille d'un espace de refoulement (40) de la pompe rotative (22).

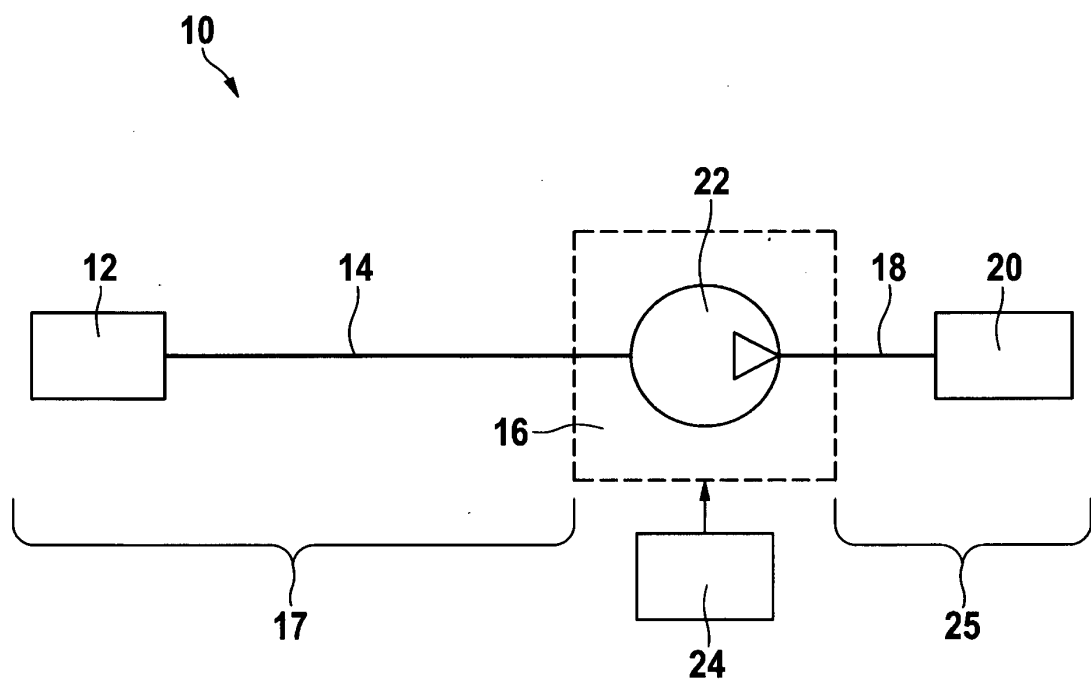


FIG. 1

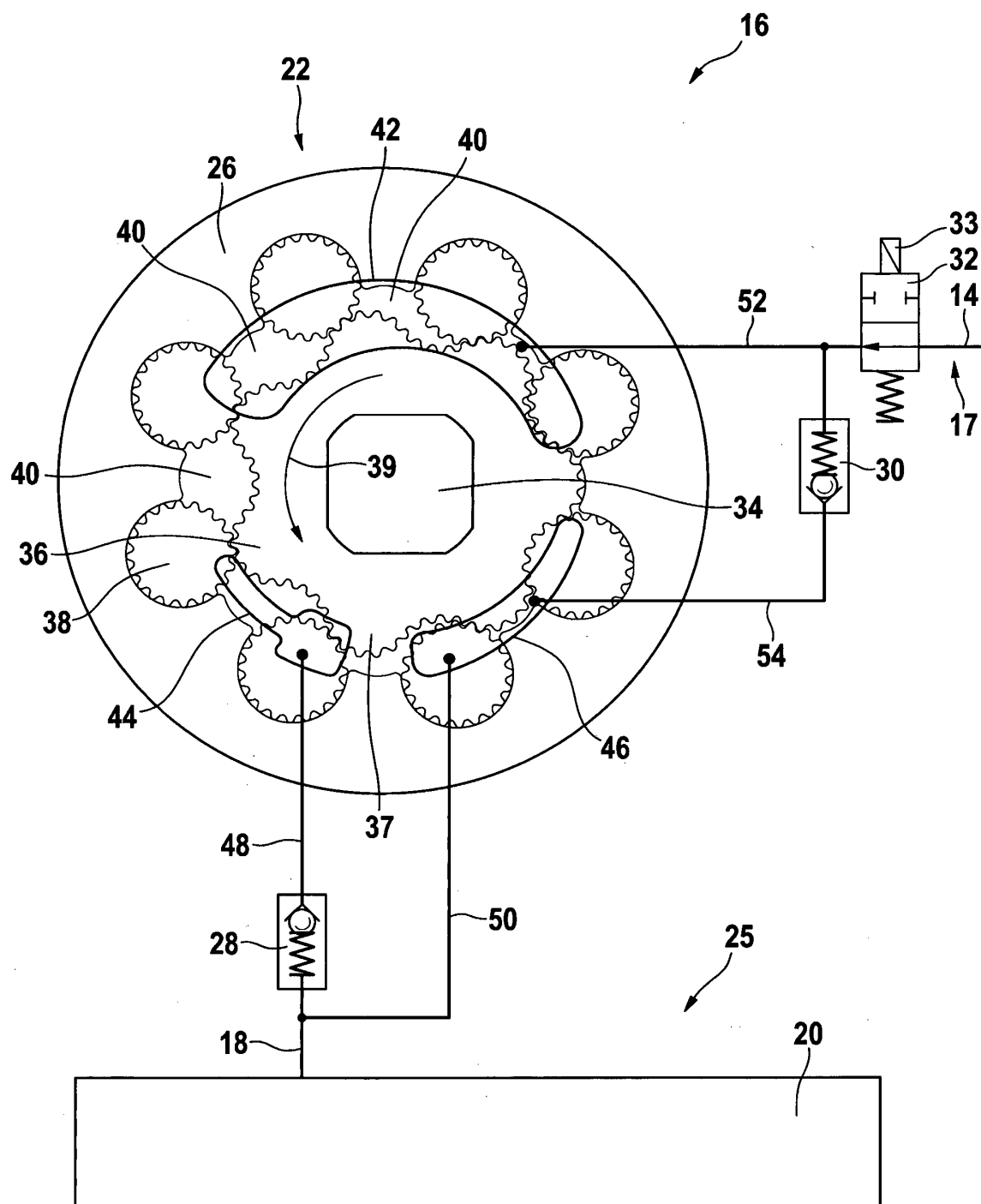


FIG. 2

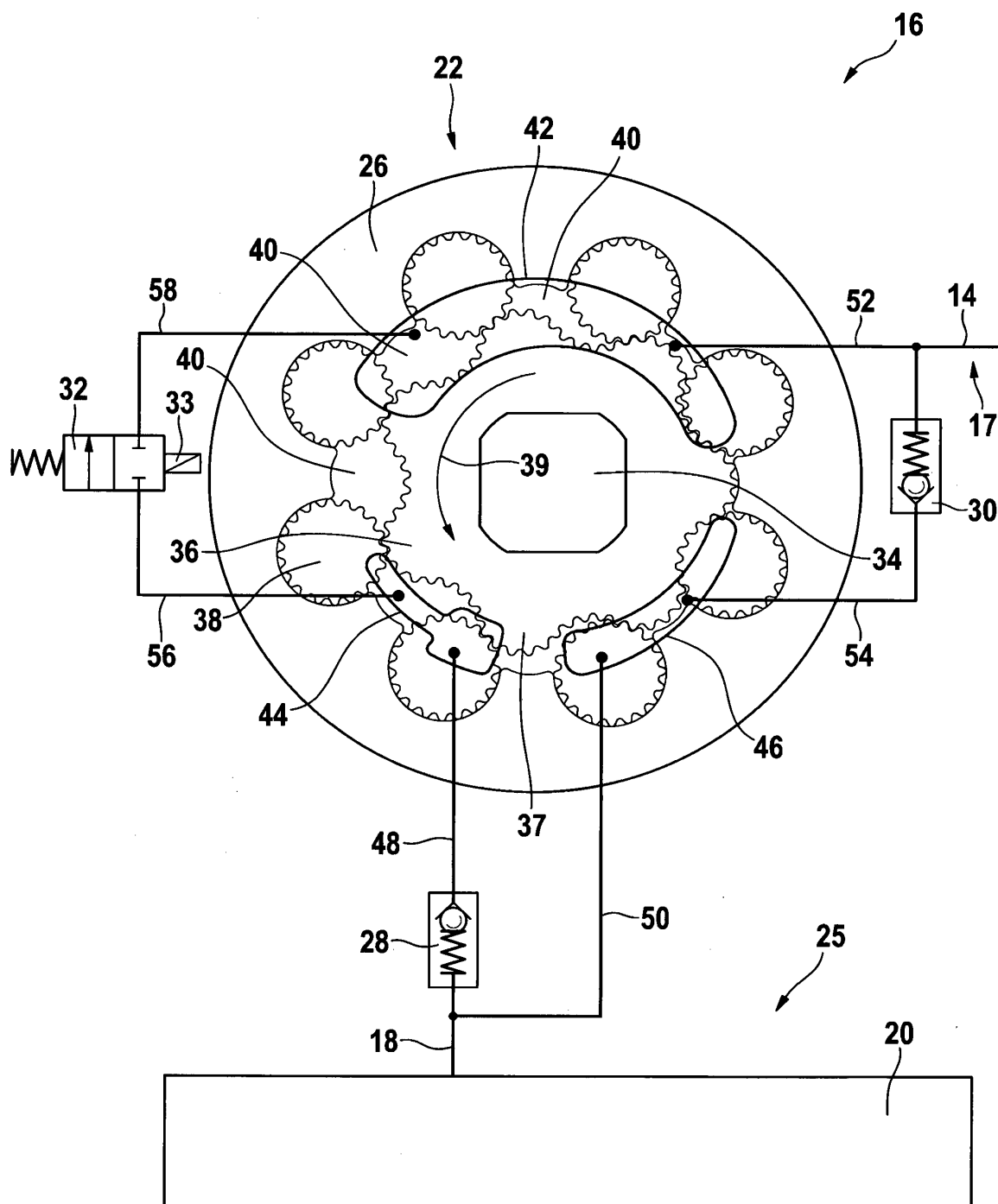


FIG. 3

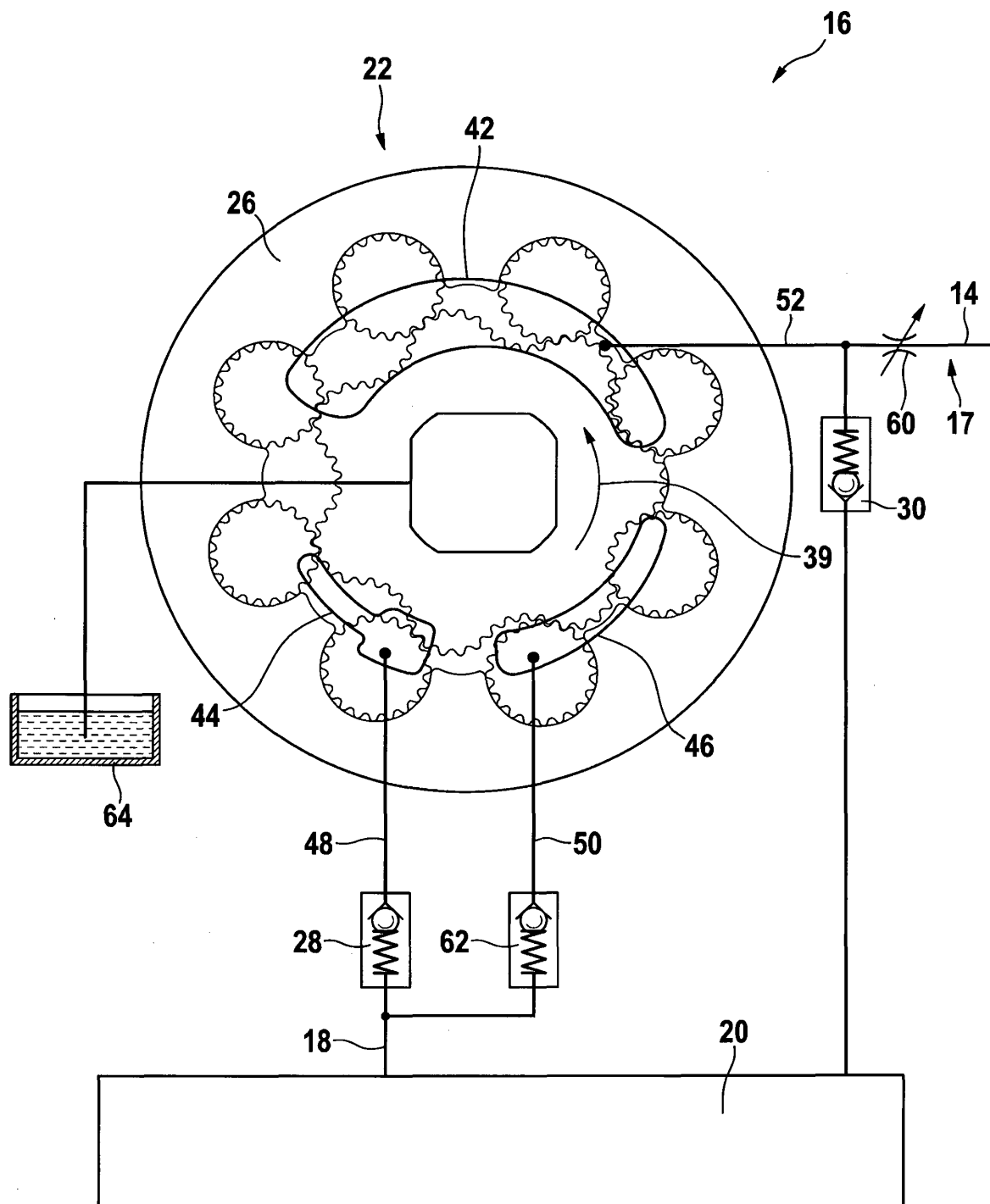


FIG. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1927754 A1 [0009]
- US 4102606 A [0009]
- US 6086337 A [0009]
- US 2009196772 A1 [0009]