(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 179 108 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.07.2019 Patentblatt 2019/31

(51) Int Cl.:
F04C 14/22 *(2006.01)* ***F04C 2/344*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **16203242.9**

(22) Anmeldetag: **09.12.2016**

(54) PUMPE MIT VERSTELLBAREM FÖRDERVOLUMEN

PUMP WITH ADJUSTABLE TRANSPORT VOLUME

POMPE À DÉBIT VOLUMIQUE RÉGLABLE

(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: **11.12.2015 DE 102015121672**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.06.2017 Patentblatt 2017/24

(73) Patentinhaber: **Schwäbische Hüttenwerke Automotive GmbH**
73433 Aalen-Wasseralfingen (DE)

(72) Erfinder:
- **Peters, Sven**
  88427 Bad Schussenried (DE)
- **Küchle, Stefan**
  88453 Erlolzheim (DE)
- **Wahl, Thomas**
  88521 Ertingen (DE)
- **Eisele, Fabian**
  88518 Herbertingen (DE)
- **Finsterle, Thomas**
  88213 Ravensburg (DE)
- **Stöhr, Volker**
  88422 Moosburg (DE)

(74) Vertreter: **SSM Sandmair**
Patentanwälte Rechtsanwalt Partnerschaft mbB
Joseph-Wild-Straße 20
81829 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2006/066405
WO-A1-2008/037070
US-A1- 2013 195 705
US-A1- 2015 252 803

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).

EP 3 179 108 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen, die zur Verstellung des Fördervolumens eine Verstelleinrichtung und zugeordnete Ventile umfasst. Im Besonderen betrifft die Erfindung eine Pumpe, die eine Verstelleinrichtung zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe umfasst. Die Ventile sind mit der Verstelleinrichtung fluidisch verbunden, um durch Beaufschlagung der Verstelleinrichtung mit unter Druck stehendem Stellfluid das Fördervolumen der Pumpe verstellen zu können. Die Pumpe kann dazu dienen, ein Aggregat, insbesondere ein Aggregat eines Fahrzeugs, wie etwa eines Kraftfahrzeugs, mit Schmieröl, Arbeitsfluid oder Kühlfluid zu versorgen. Die Pumpe ist zweckmäßigerweise eine Verdrängerpumpe. In bevorzugten Anwendungen dient die Pumpe als Schmierölpumpe zur Versorgung eines Verbrennungsmotors eines Fahrzeugs mit Schmieröl, ist also eine Motorschmierölpumpe.

[0002] Bei Motorschmierölpumpen entspricht es einer üblichen Bauart, dass ein der Beeinflussung des Fördervolumens dienendes Verstellorgan, wie etwa ein schwenkbarer Stellring, mit dem von der Pumpe geförderten Öl, d. h. dem Öl von der Hochdruckseite des von der Pumpe versorgten Ölkreislaufs, beaufschlagt wird. Auf diese Weise wird der Fördervolumenstrom bei Erreichen einer bestimmten Druckschwelle begrenzt. In Abhängigkeit von den motorischen Randbedingungen, wie etwa Motordrehzahl, Motortemperatur, Notwendigkeit einer Kolbenkühlung und dergleichen mehr, kommt oftmals eine Verstellung des Fördervolumens, bevorzugt des spezifischen Fördervolumens, in Form von zwei oder gegebenenfalls auch mehr Druckstufen zum Einsatz. Alternativ oder ergänzend kann dabei eine Regelung der Pumpe in Abhängigkeit von einem Motorkennfeld, d. h. eine Kennfeldregelung, verwirklicht sein. Die Druckbeaufschlagung des Verstellorgans kann in einfachen Fällen direkt über ein von der Motorsteuerung angesteuertes Mehrwegeventil erfolgen. Kann das elektromagnetisch betätigbare Mehrwegeventil nicht in oder an einem Gehäuse der Pumpe angeordnet werden und/oder kann eine für eine schnelle Verstellung ausreichende Dimensionierung der Strömungsquerschnitte im Ventil oder auf dem Weg zum oder vom Ventil aus konstruktiven Gründen nicht umgesetzt werden, kann ein Hydraulikventil vorgesehen werden, das die Druckbeaufschlagung oder Druckentlastung des üblicherweise gegen die Kraft einer Feder beweglichen Verstellorgans steuert. Über das elektromagnetisch ansteuerbare Mehrwegeventil wird zumindest in derartigen Ausführungen ein Druck moduliert, der auf eine Teilfläche eines typischerweise als Stufenkolben ausgebildeten Vorsteuerkolbens des Hydraulikventils wirkt.

[0003] Aus der WO 2006/066405 A1 ist eine Pumpe bekannt, die ein zur Verstellung des Fördervolumens hin und her verstellbares Verstellorgan aufweist, das in zwei Stellkammern mit jeweils einem Stelldruck in eine Stellrichtung beaufschlagt wird. Eine Federeinrichtung wirkt den Stelldrücken entgegen in eine Rückstellrichtung auf das Verstellorgan. In der ersten Stellkammer wird das Verstellorgan mit einem von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigten Stellfluid direkt beaufschlagt. Der in der zweiten Stellkammer herrschende Stelldruck ist mittels eines Elektromagnetventils verstellbar. In Bezug auf die erste Stellkammer wird noch erwähnt, dass in modifizierten Ausführungen alternativ auch deren Stelldruck mittels eines Elektromagnetventils verstellt werden könne.

[0004] Aus der WO 2008/037070 A1 ist eine Pumpe mit einem zur Verstellung des Fördervolumens verstellbaren Verstellorgan bekannt, das in einer ersten Stellkammer mit einem ersten Stelldruck und in einer zweiten Stellkammer mit einem zweiten Stelldruck jeweils in eine Stellrichtung beaufschlagt wird. Den Stelldrücken wirkt in die Rückstellrichtung eine Federeinrichtung entgegen. Beiden Stellkammern ist jeweils ein fluidisch betätigbares Ventil vorgeschaltet, um den Stelldruck der jeweiligen Stellkammer verändern zu können. Den fluidisch betätigbaren Ventilen wird jeweils von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Stellfluid zugeführt. Das Stellfluid kann über die Ventile der jeweils zugeordneten Stellkammer zugeführt oder in ein Reservoir abgeführt werden. Eines der zwei Ventile wird unmittelbar mit einem von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigten Steuerfluid betätigt. Das andere der zwei Ventile wird mittels eines Elektromagnetventils fluidisch betätigt.

[0005] Die US 2015/252 803 A1 betrifft eine weitere verstellbare Förderpumpe mit einem Verstellring, der mittels einer Federeinrichtung in eine erste Endposition vorgespannt wird. Am Verstellring sind drei Druckkammern gebildet, von den eine dauerhaft mit dem Fluid der Druckseite der Pumpe beaufschlagt wird und gegen die Kraft der Federeinrichtung wirkt. Die zweite und die dritte Druckkammer sind jeweils über ein Fluid- respektive Magnetventil mit Druckfluid beaufschlagbar und wirken in Richtung der Federeinrichtung. Die US 2013/195 705 A1 betrifft eine verstellbare Flügelzellenpumpe, die in einer Ausführung zwei Stellkammern umfasst, die beide gegen die Kraft eines Rückstellelements wirken. Eine der Stellkammern ist dabei direkt mit einer Hochdruckseite der Pumpe oder einer Ölgalerie verbunden, die zweite Stellkammer wird über eine Elektromagnetventil mit Stellfluid versorgt.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine im Fördervolumen verstellbare Pumpe bereitzustellen, die in Bezug auf der Verstellung dienende Ventile vereinfacht, im Fördervolumen aber dennoch an den Bedarf eines zu versorgenden Aggregats flexibel anpassbar ist.

[0007] Die Erfindung geht von einer Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen aus, die ein Pumpengehäuse mit einer Förderkammer, einen in der Förderkammer um eine Rotationsachse drehbaren Förderrotor, eine Verstelleinrichtung zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe, einer im Pumpengehäuse angeordneten Rückstelleinrichtung zur Erzeugung einer in Rückstellrichtung

auf das Verstellorgan wirkenden Rückstellkraft, ein fluidisch betätigbares Ventil zur gesteuerten Beaufschlagung der Verstelleinrichtung mit einem Stellfluid und ein Elektromagnetventil ebenfalls zur Beaufschlagung der Verstelleinrichtung mit einem Stellfluid umfasst. Die Förderkammer weist auf einer Niederdruckseite einen Förderkammereinlass und auf einer Hochdruckseite einen Förderkammerauslass für ein mittels des Förderrotors zu förderndes Fluid auf.

[0008] Ist die Pumpe in einem Pumpenkreislauf angeordnet, erstreckt sich die Niederdruckseite der Pumpe von einem Reservoir, aus dem die Pumpe das Fluid ansaugt, über einen Einlass des Pumpengehäuses bis wenigstens zum Förderkammereinlass. Findet der Übergang von Niederdruck auf Hochdruck in der Förderkammer statt, umfasst die Niederdruckseite der Pumpe auch die Niederdruckseite der Förderkammer, erstreckt sich also auf der Niederdruckseite bis in die Förderkammer. Die Hochdruckseite der Pumpe umfasst den im Pumpengehäuse erstreckten Hochdruckbereich und erstreckt sich ferner über einen Auslass des Pumpengehäuses bis wenigstens zu dem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat oder, falls die Pumpe mehrere Aggregate mit dem Fluid versorgt, bis zu jedem dieser Aggregate. Im Unterschied zu den Begriffen "Niederdruckseite der Pumpe" und "Hochdruckseite der Pumpe" soll der Begriff "Saugbereich" einen auf der Niederdruckseite der Pumpe nur innerhalb des Pumpengehäuses erstreckten Strömungsbereich bezeichnen. Andererseits ist der Begriff "Saugbereich" nicht so auszulegen, dass die erfindungsgemäße Pumpe das Fluid aus dem Reservoir gegen die Schwerkraft ansaugen muss. Die Pumpe kann in ihrem Förderkreis auch an einer Stelle angeordnet sein, die tiefer als das Reservoir liegt, so dass die Pumpe das Fluid mit Unterstützung der Schwerkraft ansaugt. Die Pumpe kann auch vorgeladen werden, d. h. der Pumpe kann eine Vorladepumpe vorgeschaltet sein.

[0009] Die Verstelleinrichtung umfasst ein Verstellorgan, das zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe im Pumpengehäuse in eine Stellrichtung und eine Rückstellrichtung hin und her beweglich ist, und umfasst ferner eine erste Stellkammer zur Erzeugung eines ersten Stelldrucks zur Verstellung des Verstellorgans und eine weitere, zweite Stellkammer zur Erzeugung eines zweiten Stelldrucks zur Verstellung des Verstellorgans. Der erste Stelldruck wird von einem in der ersten Stellkammer befindlichen ersten Stellfluid und der zweite Stelldruck wird von einem in der zweiten Stellkammer befindlichen zweiten Stellfluid erzeugt, wobei der erste Stelldruck und der zweite Stelldruck in die Stellrichtung auf das Verstellorgan wirken oder jeweils wirken. Vorzugsweise werden das erste Stellfluid und das zweite Stellfluid von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt.

[0010] In ersten Ausführungen wirken der erste Stelldruck in der ersten Stellkammer und der zweite Stelldruck in der zweiten Stellkammer jeweils direkt auf das Verstellorgan, das dementsprechend sowohl die erste Stellkammer als auch die zweite Stellkammer begrenzt. In zweiten Ausführungen wirken sowohl der erste Stelldruck in der ersten Stellkammer als auch der zweite Stelldruck in der zweiten Stellkammer über jeweils einen Stellkolben und dementsprechend jeweils indirekt auf das Verstellorgan.

[0011] Das fluidisch betätigbare Ventil dient der Verstellung des Stelldrucks der ersten Stellkammer, und das Elektromagnetventil dient der Verstellung des Stelldrucks der zweiten Stellkammer. Das fluidisch betätigbare Ventil weist einen Steuerkolben auf, der mittels eines unter Druck stehenden Steuerfluids verstellbar ist. In bevorzugten Ausführungen ist dieses Ventil nur fluidisch betätigbar. Dem Druck des Steuerfluids wirkt die Spannkraft einer Spanneinrichtung des Ventils entgegen. Das fluidisch betätigbare Ventil wird im Folgenden als "Fluidikventil" bezeichnet. Es kann insbesondere ein Hydraulikventil sein. Das Elektromagnetventil weist einen Druckanschluss für ein vom Fluid der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Stellfluid, einen Arbeitsanschluss für das Stellfluid und einen Entlastungsanschluss für das Stellfluid auf. Das Elektromagnetventil ist elektromagnetisch betätigbar, vorzugsweise ist es nur elektromagnetisch betätigbar. Der Elektromagnetkraft wirkt die Spannkraft einer Spanneinrichtung des Elektromagnetventils entgegen.

[0012] Nach der Erfindung ist der Arbeitsanschluss des Elektromagnetventils zur Verstellung des Stelldrucks der zweiten Stellkammer mit der zweiten Stellkammer verbunden. Aufgrund der erfindungsgemäßen Kombination eines Fluidikventils zur Verstellung des ersten Stelldrucks und eines Elektromagnetventils, das über seinen Arbeitsanschluss fluidisch mit der zweiten Stellkammer verbunden ist, wird eine Pumpe erhalten, die in Bezug auf die Verstellung mittels der Ventile gegenüber dem Stand der Technik vereinfacht ist, deren Fördervolumen aber dennoch dem Bedarf eines zu versorgenden Aggregats oder Systems mehrerer Aggregate flexibel angepasst werden kann. Durch das Hydraulikventil wird ein maximales Druckniveau vorgegeben, bei dessen Erreichen das Fördervolumen der Pumpe abgeregelt wird. Da Fluidikventile besonders robust und zuverlässig, zudem unabhängig von elektrischer Energie und/oder Steuersignalen sind, wird eine einfache, preiswerte und zuverlässige Abregelung bei Erreichen des maximalen Druckniveaus gewährleistet. Mittels des Elektromagnetventils kann das maximale Druckniveau, bei dessen Erreichen das Fördervolumen der Pumpe abgeregelt wird, in Abhängigkeit von der Bauart des Elektromagnetventils in einer oder mehreren Stufen oder aber kontinuierlich, grundsätzlich beliebig, bis zu dem vom Fluidikventil vorgegebenen Maximum verstellt werden.

[0013] Das Fluidikventil umfasst den bereits erwähnten Steuerkolben, der in einem Ventilraum des Fluidikventils zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich ist, und eine Spanneinrichtung zur Erzeugung einer auf den Steuerkolben in Richtung auf eine der Kolbenpositionen wirkenden Spannkraft. Die Spanneinrichtung kann eine

oder mehrere Federn zur Erzeugung der Spannkraft aufweisen. Die Spanneinrichtung kann insbesondere von einer im Ventilraum angeordneten, auf Druck beanspruchten Schraubenfeder gebildet werden. Ferner umfasst das Fluidikventil einen Druckanschluss für ein vom Fluid der Hochdruckseite abgezweigtes Stellfluid, einen mit der ersten Stellkammer verbundenen Arbeitsanschluss für das Stellfluid und einen Entlastungsanschluss für das Stellfluid.

[0014] Die Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils ist vorzugsweise zur Einstellung einer Kolbenposition vorgesehen, in der die erste Stellkammer mit dem Entlastungsanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils verbunden ist. Die der Spanneinrichtung entgegenwirkende Steuerkraft ist vorzugsweise zur Einstellung einer Kolbenposition vorgesehen, in der der Druckanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils mit der ersten Stellkammer verbunden ist. Zur Erzeugung der Steuerkraft weist das fluidisch betätigbare Ventil einen Einlass für an der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Steuerfluid auf. Der Einlass des fluidisch betätigbaren Ventils ist permanent an die Hochdruckseite der Pumpe angebunden, wodurch permanent eine durch das Steuerfluid resultierende Steuerkraft gegen die Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils wirkt.

[0015] Vorteilhaft wird der Druckanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils mit dem Arbeitsanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils und damit mit der ersten Stellkammer verbunden, wenn die Steuerkraft einen Wert erreicht, durch den der Steuerkolben des fluidisch betätigbaren Ventils gegen die Spanneinrichtung in die Kolbenposition bewegt wird, in der der Druckanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils mit dem Arbeitsanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils verbunden ist.

[0016] Die Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils übt eine Spannkraft auf den Steuerkolben des fluidisch betätigbaren Ventils aus, die größer ist als eine bei ordnungsgemäßer und/oder aktiver Funktion des Elektromagnetventils auftretende oder resultierende, gegen die Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils wirkende Steuerkraft. Die Spannkraft wirkt der fluidischen Einstellung der Kolbenposition, in der der Druckanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils mit dem Arbeitsanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils verbunden ist, entgegen. Die Spannkraft der Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils ist so ausgelegt, dass die Kolbenposition, in der der Druckanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils mit dem Arbeitsanschluss des fluidisch betätigbaren Ventils verbunden ist, erst eingestellt ist, wenn ein vorgegebenes Druckniveau erreicht ist, welches höher ist als ein maximales Druckniveau, auf das das aktive und/oder ordnungsgemäß arbeitende Elektromagnetventil abregelt.

[0017] Bei ordnungsgemäßer Funktion des Elektromagnetventils und/oder bei aktivem Elektromagnetventil wird die Pumpe durch das Elektromagnetventil auf einen maximalen Pumpenausgangsdruck abgeregelt. Durch diesen maximalen Pumpenausgangsdruck resultiert eine gegen die Spanneinrichtung des Fluidikventils wirkende Steuerkraft, die kleiner ist als die Spannkraft der Spanneinrichtung des Fluidikventils und damit vorzugsweise kleiner ist als eine notwendige Steuerkraft, die mindestens notwendig ist, um die Kolbenposition einzustellen, in der der Druckanschluss des Fluidikventils mit dem Arbeitsanschluss des Fluidikventils und damit mit der ersten Stellkammer verbunden ist. Fällt das Elektromagnetventil durch einen Defekt aus oder wird die Ansteuerung des Elektromagnetventils in ausgewählten Betriebszuständen deaktiviert, erfolgt keine Abregelung der Pumpe durch das Elektromagnetventil, wodurch der Pumpenausgangsdruck über den maximalen Pumpenausgangsdruck ansteigen kann. Das Fluidikventil begrenzt diesen Anstieg auf einen Fail-Safe-Pumpenausgangsdruck. Der Fail-Safe-Pumpenausgangsdruck ist größer als der maximale Pumpenausgangsdruck aber kleiner als ein kritischer Pumpenausgangsdruck, bei dem eine Beschädigung von Bauteilen erfolgen könnte.

[0018] Durch den Fail-Safe-Pumpenausgangsdruck resultiert eine gegen die Spanneinrichtung des Fluidikventils wirkende Steuerkraft, die größer ist als die Spannkraft der Spanneinrichtung des Fluidikventils und damit vorzugsweise größer ist als die notwendige Steuerkraft, um die Kolbenposition einzustellen, in der der Druckanschluss des Fluidikventils mit dem Arbeitsanschluss des Fluidikventils verbunden ist. Dadurch wird ein sicherer Betrieb gewährleistet, auch wenn das Elektromagnetventil ausfällt oder in bestimmten Betriebszuständen nicht angesteuert wird. Es kann dadurch eine genaue und flexible Anpassbarkeit an den Bedarf mit einer auch bei Ausfall des Elektromagnetventils gewährleisteten Versorgungssicherheit realisiert werden. Es kann eine sogenannte Second-Level-Steuerung oder -regelung für das Fördervolumen der Pumpe realisiert werden.

[0019] Der Steuerkolben weist vorzugsweise zumindest einen ersten Ringabschnitt und einen zweiten Ringabschnitt auf, die axial voneinander beabstandet sind. Der erste Ringabschnitt trennt in einer der Kolbenpositionen den Druckanschluss und den Arbeitsanschluss voneinander und verbindet dabei den Arbeitsanschluss mit dem Entlastungsanschluss. In der anderen Kolbenposition trennt der erste Ringabschnitt den Arbeitsanschluss und den Entlastungsanschluss voneinander und verbindet dabei den Druckanschluss mit dem Arbeitsanschluss. Der zweite Ringabschnitt ist axial zwischen dem Druckanschluss und dem ersten Ringabschnitt angeordnet. Er ist axial zwischen dem Druckanschluss und dem Arbeitsanschluss angeordnet. Der zweite Ringabschnitt weist zumindest eine axiale Durchgangsöffnung auf, die den Druckanschluss und den ersten Ringabschnitt fluidtechnisch miteinander verbindet. Um den Steuerkolben fluidisch gegen die Spanneinrichtung zu bewegen, weist der Steuerkolben zumindest eine Steuerfläche auf, auf die das Steuerfluid wirkt und dadurch die Steuerkraft resultiert. Die Steuerfläche ist vorzugsweise durch den ersten Ringabschnitt gebildet. Die zumindest eine Durchgangsöffnung des zweiten Ringabschnitts verbindet flu-

idtechnisch die Steuerfläche und den Einlass für das Steuerfluid des Fluidikventils. In der Kolbenposition, in der der Druckanschluss und der Arbeitsanschluss miteinander verbunden sind, verbindet die zumindest eine Durchgangsöffnung den Druckanschluss und den Arbeitsanschluss fluidtechnisch miteinander. Der Begriff "axial" ist insbesondere auf eine Längsachse und/oder Verschiebeachse des Steuerkolbens des Fluidikventils bezogen, sodass der Ausdruck "axial" eine Richtung bezeichnet, die auf der Längsachse bzw. Verschiebeachse oder parallel zu dieser verläuft.

[0020] Vorzugsweise weist der Steuerkolben an einem ersten axialen Ende einen ersten axialen Vorsprung zur Anordnung der Spanneinrichtung und an einem zweiten axialen Ende einen zweiten axialen Vorsprung zur Ausbildung eines Anschlags auf. Die Spanneinrichtung, insbesondere die Schraubenfeder, ist vorzugsweise auf dem ersten axialen Vorsprung angeordnet oder aufgesteckt. Der erste axiale Vorsprung bildet vorzugsweise einen Federsitz. Die Spanneinrichtung umgibt den ersten axialen Vorsprung. Der zweite axiale Vorsprung bildet in der Kolbenposition, in der der Druckanschluss und der Arbeitsanschluss voneinander getrennt sind, einen Anschlag. Der zweite axiale Vorsprung liegt in der Kolbenposition, in der der Druckanschluss und der Arbeitsanschluss voneinander getrennt sind, an einem Gegenanschlag an. Die axialen Vorsprünge weisen einen Durchmesser auf, der jeweils kleiner ist als die Durchmesser der Ringabschnitte.

[0021] Der erste Ringabschnitt ist als ein Vollkörper gebildet und damit nicht hohl ausgeführt. Vorzugsweise ist der gesamte Steuerkolben als ein Vollkörper gebildet. Um zu gewährleisten, dass der Steuerkolben richtig eingebaut wird, unterscheiden sich die Ringabschnitte in ihrem Durchmesser voneinander. Vorzugsweise weist der erste Ringabschnitt einen Durchmesser auf, der kleiner ist als der Durchmesser des zweiten Ringabschnitts. Des Weiteren weist das Fluidikventil ein Gehäuse auf, das zumindest zwei in ihrem Innendurchmesser voneinander unterschiedliche Bereiche umfasst. Das Gehäuse des Fluidikventils weist einen gestuften Innendurchmesser auf. Die Ringabschnitte liegen jeweils mit ihrem Durchmesser an dem Innendurchmesser des Gehäuses an und werden vorzugsweise an dem Innendurchmesser geführt. Das Gehäuse des Fluidikventils ist vorteilhaft durch das Pumpengehäuse gebildet. Dabei ist das Gehäuse des Fluidikventils bzw. eine Aufnahme des Steuerkolbens des Fluidikventils durch eine Stufenbohrung gebildet.

[0022] Das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil kann oder können jeweils einen oder mehrere weitere Ventilanschlüsse aufweisen, beispielsweise einen weiteren Druckanschluss und/oder einen weiteren Arbeitsanschluss und/oder einen weiteren Entlastungsanschluss. In einfachen und nicht zuletzt deshalb bevorzugten Ausführungen weist das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil jedoch nur die drei genannten Ventilanschlüsse auf.

[0023] Der Steuerkolben und die Ventilanschlüsse des Fluidikventils und/oder des Elektromagnetventils können so angeordnet sein, dass der Arbeitsanschluss mit dem Druckanschluss verbunden ist, wenn der jeweilige Steuerkolben die erste Kolbenposition einnimmt, und der Arbeitsanschluss vom Druckanschluss getrennt und mit dem Entlastungsanschluss verbunden ist, wenn der jeweilige Steuerkolben die zweite Kolbenposition einnimmt. Das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil kann ferner so eingerichtet sein, dass der Steuerkolben eine dritte Kolbenposition einnehmen kann und der Arbeitsanschluss sowohl vom Druckanschluss als auch vom Entlastungsanschluss getrennt ist, wenn der Steuerkolben die dritte Kolbenposition einnimmt. Die dritte Kolbenposition kann insbesondere eine Zwischenposition sein, die der Steuerkolben in Bewegungsrichtung zwischen der ersten und der zweiten Kolbenposition einnehmen kann. Grundsätzlich kann aber auch die erste Kolbenposition oder stattdessen die zweite Kolbenposition von den optional drei unterschiedlichen Kolbenpositionen die Zwischenposition sein. Es sind auch Ausführungen möglich, in denen das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil den Arbeitsanschluss in keiner Kolbenposition vollständig sowohl vom Druckanschluss als auch vom Entlastungsanschluss trennt, sondern den Arbeitsanschluss entweder nur vom Druckanschluss trennt, aber einen vergleichsweise geringen Fluss zwischen Arbeitsanschluss und Entlastungsanschluss zulässt, oder aber den Arbeitsanschluss vom Entlastungsanschluss trennt und gleichzeitig einen vergleichsweise geringen Fluss zwischen dem Arbeitsanschluss und dem Druckanschluss zulässt. Das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil ist vorzugsweise ein Schaltventil und zwischen den genannten Zuständen umschaltbar. Das jeweilige Ventil kann insbesondere mit nur zwei Schaltzuständen oder genau drei Schaltzuständen ausgeführt sein. Vorzugsweise sind die Schaltzustände durch die Kolbenpositionen definiert.

[0024] Das Fluidikventil ist vorzugsweise im oder am Pumpengehäuse angeordnet. Ist es außerhalb des Saugbereichs des Pumpengehäuses angeordnet, kann das Fluid widerstandsarm durch den Saugbereich strömen, da die Strömung im Saugbereich nicht durch das Fluidikventil behindert wird. In bevorzugten Ausführungen ist das Fluidikventil nicht nur außerhalb des Saugbereichs, sondern außerhalb der Hauptströmung durch das Pumpengehäuse angeordnet. In den bevorzugten Ausführungen behindert das Fluidikventil daher auch nicht das Abströmen des Fluids auf der Hochdruckseite des Pumpengehäuses.

[0025] Ist die Pumpe in einem Fluidförderkreis angeordnet, ist das Fluidikventil in bevorzugten Ausführungen außerhalb der Hauptströmung des Förderkreises in einem Nebenstromzweig angeordnet. Das Fluidikventil kann somit frei von der Forderung nach einer widerstandsarmen Hauptströmung gestaltet werden. Das Fluidikventil kann entsprechend klein dimensioniert sein und gezielt auf die Erfüllung seiner Funktion, der Steuerung

des Stellfluids für die erste Stellkammer, optimiert werden. Die Hauptströmung des Förderkreises reicht auf der Niederdruckseite der Pumpe vom Reservoir bis in das Pumpengehäuse und umfasst den Saugbereich des Pumpengehäuses. Auf der Hochdruckseite umfasst die Hauptströmung den Hochdruckbereich des Pumpengehäuses, den das Fluid von der Förderkammer bis einschließlich zu einem Auslass des Pumpengehäuses durchströmt, und den sich anschließenden Hochdruckbereich außerhalb des Pumpengehäuses bis wenigstens zu einem von der Pumpe mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat. Versorgt die Pumpe mehrere Aggregate, wird als die Hauptströmung die Strömung zu dem Aggregat verstanden, das den höchsten Volumenbedarf, gemessen als Durchflussrate, hat oder mit dem höchsten Druck versorgt werden muss.

[0026] Der Entlastungsanschluss des Fluidikventils und/oder des Elektromagnetventils kann unter Umgehung des Reservoirs mit dem Saugbereich der Pumpe verbunden sein. Durch den Entlastungsanschluss vom Ventil abströmendes Stellfluid kann in einem Entlastungskanal stromab des Reservoirs in den Fluidförderkreis der Pumpe zurückgeführt werden. Das durch den Entlastungsanschluss vom Ventil abströmende Stellfluid kann an einer Verbindungsstelle zwischen dem Reservoir und dem Pumpengehäuse in den Hauptstrom zurückgeführt werden, wobei solch eine Verbindungsstelle dem Pumpengehäuse bevorzugt näher als dem Reservoir ist. Der Entlastungskanal erstreckt sich vom Entlastungsanschluss bis zur Verbindungsstelle mit dem Hauptstrom. Das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil steht über den Entlastungsanschluss vorteilhafterweise nicht in Fluidverbindung mit dem Reservoir. Über den Entlastungsanschluss strömt vom Reservoir kein Fluid in den Ventilraum des Fluidikventils und/oder des Elektromagnetventils, und insbesondere strömt vom Fluidikventil und/oder vom Elektromagnetventil kein Fluid über den Entlastungsanschluss zum Reservoir.

[0027] In bevorzugten Ausführungen wird das Stellfluid direkt in den Saugbereich des Pumpengehäuses zurückgeführt. Der Entlastungskanal mündet in solchen Ausführungen in den Saugbereich, ist also direkt an den Saugbereich angeschlossen. Die Mündung in den Saugbereich bildet die genannte Verbindungsstelle.

[0028] Durch die Rückführung des abgesteuerten Stellfluids direkt in den Saugbereich des Pumpengehäuses oder zumindest zu einer Verbindungsstelle, die stromaufwärts vom Pumpenanschluss der Niederdruckseite, aber stromabwärts vom Reservoir gebildet ist, wird einer unerwünschten Verschäumung entgegengewirkt, die bei Rückführung in das Reservoir üblicherweise auftritt. Die zum Antreiben der Pumpe erforderliche Energie wird gesenkt, da das zurückgeführte Stellfluid noch immer einen höheren Druck als das im Reservoir befindliche Fluid hat. Insbesondere in Ausführungen, in denen das Stellfluid direkt in den Saugbereich des Pumpengehäuses zurückgeführt wird, findet auf der Niederdruckseite der Pumpe eine gewisse Vorladung statt. Ist das Fluid wie bevorzugt eine Flüssigkeit, wie etwa ein Schmieröl oder ein Hydrauliköl, kann der Kavitation entgegengewirkt werden. Würde das Stellfluid durch den Entlastungsanschluss unmittelbar in die Umgebung abgegeben, würde das zum Reservoir zurückströmende Stellfluid zusätzlich verschmutzt werden. Ferner bestünde die Gefahr, dass über den Entlastungsanschluss aus der Umgebung Luft in das Fluidikventil und/oder das Elektromagnetventil gesaugt wird, die über Leckagen zum Arbeitsanschluss und von dort in den das Pumpengehäuse durchströmenden Hauptstrom gelangt. Diese beiden Nachteile werden durch die Erfindung ebenfalls eliminiert. Ein weiterer positiver Effekt ist die Abschottung des Ventils vom Reservoir. Wird die Pumpe als Schmierölpumpe oder Arbeitsölpumpe eingesetzt, kommt es im Bereich des Reservoirs typischerweise zu einer Luft- und Ölzirkulation, was auf das Fluidikventil zurückwirken kann. Auch dies wird durch die Erfindung verhindert. Sind das Fluidikventil im oder am Pumpengehäuse angeordnet und der Entlastungskanal vom Fluidikventil bis in den Saugbereich durch das Pumpengehäuse und/oder am Pumpengehäuse geführt, kann die Pumpe mitsamt Fluidikventil als Montageeinheit einfacher montiert und die Gefahr von Montagefehlern verringert werden, da der Entlastungsanschluss nicht extra mit dem Förderkreis verbunden werden muss. Grundsätzlich ist es denkbar, dass das abgesteuerte Stellfluid direkt in das Reservoir zurückgeführt wird.

[0029] Das Fluidikventil kann separat von dem Pumpengehäuse ausgeführt sein und bei Anordnung der Pumpe in einem Fluidförderkreis entfernt vom Pumpengehäuse oder am Pumpengehäuse angeordnet werden. Bevorzugt ist das Fluidikventil jedoch, wie bereits erwähnt, integraler Bestandteil der Pumpe, indem das Pumpengehäuse auch das Gehäuse für das Fluidikventil bildet. Das Pumpengehäuse kann insbesondere den Ventilraum für den Steuerkolben bilden. Das Pumpengehäuse kann bei integriertem oder am Pumpengehäuse angeordnetem Fluidikventil den Druckanschluss, den Arbeitsanschluss und den Entlastungsanschluss des Fluidikventils bilden. Der bevorzugte Entlastungskanal kann sich am Pumpengehäuse und/oder im Pumpengehäuse erstrecken, so dass bei integriertem oder am Pumpengehäuse befestigtem Fluidikventil keine zusätzliche Verbindung für die Druckentlastung hergestellt werden muss. Die Pumpe kann einschließlich des Fluidikventils eine Montageeinheit bilden, so dass mit der Montage des Pumpengehäuses im Fluidförderkreis automatisch auch das Fluidikventil zumindest mechanisch montiert ist. In Bezug auf die Montage im Förderkreis ist ferner von Vorteil, wenn die Verbindungen für die drei genannten Anschlüsse des Fluidikventils im und/oder am Pumpengehäuse gebildet sind und es keiner Verbindungsleitung und keines Anschlusses für das Stellfluid losgelöst vom Pumpengehäuse bedarf. So kann beispielsweise das Stellfluid für den Druckanschluss vom Hauptstrom im Pumpengehäuse an dessen Hochdruckseite abgezweigt werden. Falls das Stellfluid jedoch auf der Hochdruck-

seite stromabwärts vom Pumpengehäuse abgezweigt wird, ist die Abzweigung vorzugsweise stromabwärts von einem Filter zur Reinigung des Fluids angeordnet, um dem Fluidikventil gereinigtes Stellfluid zuzuführen.

[0030] Das Steuerfluid für das Fluidikventil kann ebenfalls von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt werden. Das Steuerfluid kann insbesondere stromabwärts von einem Filter zur Reinigung des von der Pumpe geförderten Fluids abgezweigt werden, um einer am Steuerkolben gebildeten Steuerkammer gereinigtes Fluid zuzuführen. Durch die Abzweigung stromabwärts von dem Filter kann vorteilhaft genau auf einen Druck geregelt werden, der in einem Verbrennungsmotor für die Fluidversorgung verwendet wird. Variierende Druckverluste, beispielsweise über einen Kühler und/oder einen Filter, spielen keine Rolle. Grundsätzlich kann das Steuerfluid jedoch an der Hochdruckseite noch innerhalb des Pumpengehäuses abgezweigt werden.

[0031] Das vom Fluidikventil gesteuerte Stellfluid kann insbesondere auch das Steuerfluid zur Betätigung des Fluidikventils bilden, indem das über den Druckanschluss in den Ventilraum des Fluidikventils geführte Stellfluid zugleich auch einen auf den Steuerkolben wirkenden Steuerdruck erzeugt. Der Druckanschluss kann dementsprechend auch einen Steueranschluss des Fluidikventils bilden.

[0032] Das Elektromagnetventil weist einen Signalanschluss für eine Verbindung mit einer externen Steuerung, beispielsweise einer Motorsteuerung auf. Der Signalanschluss des Elektromagnetventils oder eine der Spanneinrichtung des Elektromagnetventils entgegenwirkende Magnetkraft ist vorzugsweise zur Einstellung einer Kolbenposition vorgesehen, in der der Arbeitsanschluss des Elektromagnetventils und damit die zweite Stellkammer mit dem Druckanschluss des Elektromagnetventils verbunden ist. Die Spannkraft der Spanneinrichtung des Elektromagnetventils ist vorzugsweise zur Einstellung einer Kolbenposition vorgesehen, in der der Arbeitsanschluss des Elektromagnetventils und damit die zweite Stellkammer mit dem Entlastungsanschluss des Elektromagnetventils verbunden ist. Das Elektromagnetventil kann ebenfalls im oder am Pumpengehäuse, also integriert angeordnet sein. Alternativ kann das Elektromagnetventil jedoch ohne Weiteres ein Stück weit vom Pumpengehäuse entfernt angeordnet sein, was insbesondere dann von Vorteil sein kann, wenn eine elektrische Verbindungsleitung bei Anordnung im oder am Pumpengehäuse durch Öl geführt werden müsste. Unter "vorgesehen" soll insbesondere speziell programmiert, ausgebildet, ausgelegt, ausgestaltet, ausgestattet und/oder angeordnet verstanden werden.

[0033] Bei der Pumpe handelt es sich in bevorzugten Ausführungen um eine Verdrängerpumpe. Bei Verdrängerpumpen steigt das Fördervolumen proportional zur Fördergeschwindigkeit des Förderrotors, wenn keine das Fördervolumen verstellenden Maßnahmen getroffen werden. Handelt es sich bei der Pumpe wie bevorzugt um eine Rotationspumpe, steigt das Fördervolumen mit der Drehzahl des bei einer Rotationspumpe in der Förderkammer um eine Rotationsachse drehbaren Förderrotors. Grundsätzlich betrifft die Erfindung jedoch auch Linearhubpumpen. Das Fördervolumen ist daher, verallgemeinert ausgedrückt, proportional zur Hubfrequenz, der Drehhub- oder Linearhubfrequenz, der Pumpe. Man spricht bei Verdrängerpumpen daher auch vom spezifischen Fördervolumen, dem Fördervolumen pro Drehhub oder Linearhub. Die Proportionalität ist in vielen Anwendungen störend, insbesondere dann, wenn die Geschwindigkeit, mit der die Pumpe angetrieben wird, dem Bedarf des zu versorgenden Aggregats nicht angepasst werden kann. So werden in Fahrzeugen verwendete Pumpen, wie Schmierölpumpen, Servopumpen, wie etwa Getriebepumpen und Kühlmittelpumpen, in vielen Fällen mechanisch vom Antriebsmotor des Fahrzeugs angetrieben. Die Antriebsgeschwindigkeit der Pumpe ist in diesen Anwendungsfällen abhängig von der Drehzahl des Antriebsmotors und steht zumeist in einer festen Drehzahlbeziehung zur Drehzahl des Antriebsmotors. Auf derartige Anwendungen ist die Erfindung insbesondere gerichtet.

[0034] Die Verstelleinrichtung ist in bevorzugten Ausführungen dafür eingerichtet, das spezifische Fördervolumen einer Verdrängerpumpe zu verstellen. Im eingangs diskutierten Stand der Technik werden Verdrängerpumpen und Verstelleinrichtungen, wie die Erfindung sie insbesondere auch betrifft, offenbart. Über die dort beschriebenen Flügelzellenpumpen und Außenzahnradpumpen hinaus betrifft die Erfindung aber auch im Fördervolumen verstellbare Innenzahnradpumpen und Pendelschieberpumpen und grundsätzlich auch andere, im Fördervolumen verstellbare Pumpenbauarten.

[0035] Die Verstelleinrichtung kann insbesondere ein Verstellorgan umfassen, das mit dem Förderrotor oder bei Pumpen mit mehreren Förderrotoren mit wenigstens einem der mehreren Förderrotoren zur Verstellung des Fördervolumens zusammenwirkt. Ist die Pumpe als Flügelzellenpumpe mit einem in der Förderkammer drehbaren Förderrotor ausgeführt, kann das Verstellorgan insbesondere ein den Förderrotor umgebender Verstellring sein, der im Pumpengehäuse linearbeweglich oder schwenkbeweglich angeordnet ist, so dass bei einer Verstellbewegung des Verstellorgans die Exzentrizität zwischen der Rotationsachse des Förderrotors und einer zentralen Längsachse des Verstellrings und dadurch das Fördervolumen verstellt wird. In ähnlicher Weise kann auch das Fördervolumen von Innenzahnringpumpen und Pendelschieberpumpen verstellt werden. Bei einer Innenzahnringpumpe kann insbesondere das innenverzahnte Hohlrad das Verstellorgan bilden und für die Verstellung linearbeweglich oder schwenkbeweglich angeordnet sein. Ist die Pumpe als Außenzahnradpumpe ausgeführt, weist sie wenigstens zwei Förderrotoren auf, die am Außenumfang verzahnt sind, sogenannte Außenzahnräder. Die Außenzahnräder stehen miteinander im Zahneingriff. Zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens ist eines der Außenzahnräder relativ zum ande-

ren axial verstellbar, so dass die Eingriffslänge der Außenzahnräder und dadurch das Fördervolumen der Pumpe verstellt werden kann. Das verstellbare Außenzahnrad ist Bestandteil einer axial verschiebbaren Verstelleinheit, die axial verschiebbare Kolben umfasst, zwischen denen das verstellbare Außenzahnrad drehbar gelagert ist. Die miteinander verbundenen Kolben bilden in derartigen Pumpenausführungen das Verstellorgan der Verstelleinrichtung.

[0036] Vorteilhafte Merkmale der Erfindung werden auch in den Unteransprüchen und in den Kombinationen der Unteransprüche beschrieben.

[0037] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Figuren erläutert. Am Ausführungsbeispiel offenbar werdende Merkmale bilden jeweils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und die vorstehend erläuterten Ausgestaltungen und auch die Gegenstände der Aspekte vorteilhaft weiter. Es zeigen:

Figur 1 eine im Fördervolumen verstellbare Pumpe mit einem Verstellorgan und mehreren Stellkammern zur Beaufschlagung des Verstellorgans mit unter Druck stehendem Stellfluid,

Figur 2 die Pumpe mit zugeordneten Ventilen zur Verstellung des Fördervolumens und einer Fördercharakteristik der Pumpe, und

Figur 3 eines der zugeordneten Ventile in einem Längsschnitt.

[0038] Figur 1 zeigt eine Pumpe 1, beispielhaft in Flügelzellenbauart. Die Pumpe 1 umfasst ein Pumpengehäuse mit einer Gehäusestruktur 2 und einem Deckel. Die Gehäusestruktur 2 nimmt Komponenten der Pumpe auf und/oder lagert Komponenten der Pumpe 1 beweglich. Die Gehäusestruktur 2 ist an einer axialen Stirnseite offen, wodurch die Anordnung von Komponenten der Pumpe in oder an der Gehäusestruktur 2 erleichtert wird. Der Deckel ist an der Gehäusestruktur 2 montierbar und verschließt im montierten Zustand an der betreffenden Stirnseite die Gehäusestruktur 2. Der Deckel ist in Figur 1 abgenommen, so dass in der dargestellten Draufsicht auf die offene Gehäusestruktur 2 Funktionskomponenten der Pumpe erkennbar sind.

[0039] Die Gehäusestruktur 2 umgibt eine Förderkammer 5, in der ein Förderrotor 10 um eine Rotationsachse R_{10} drehbar angeordnet ist. Das Pumpengehäuse weist auf einer Niederdruckseite einen Gehäuseeinlass für den Anschluss der Pumpe 1 an ein Reservoir R und auf einer Hochdruckseite einen Gehäuseauslass für die Abförderung eines zu fördernden Fluids, beispielsweise Motorschmieröl, zu einem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat auf. Die Förderkammer 5 umfasst eine Niederdruckseite und eine Hochdruckseite. Bei einem Rotationsantrieb des Förderrotors 10 in die eingezeichnete Drehrichtung, gegen den Uhrzeigersinn, strömt Fluid durch den Gehäuseeinlass in das Pumpengehäuse und im Pumpengehäuse auf der Niederdruckseite durch einen Förderkammereinlass 4 in die Förderkammer 5 und wird unter Erhöhung des Drucks auf der Hochdruckseite der Pumpe durch einen Förderkammerauslass 6 ausgestoßen und über den Gehäuseauslass abgefördert. Im Pumpengehäuse ist auf dessen Niederdruckseite ein Saugbereich gebildet, den das von der Pumpe geförderte Fluid auf seinem Strömungsweg vom Gehäuseeinlass zum Förderkammereinlass 4 durchströmt. Der Saugbereich erstreckt sich bis in die Förderkammer 5 und umfasst auch noch den Bereich der Förderkammer 5, in dem sich die Förderzellen bei Drehung des Förderrotors 10 vergrößern. An den Saugbereich schließt sich auf dem Weg der Strömung ein Hochdruckbereich des Pumpengehäuses an, der den Bereich der Förderkammer 5 umfasst, in dem sich die Förderzellen verkleinern, und der von diesem Teilbereich der Förderkammer 5 über den Förderkammerauslass 6 bis einschließlich zum Gehäuseauslass reicht.

[0040] Der Förderrotor 10 ist ein Flügelrad mit einer bezüglich der Rotationsachse R_{10} zentralen Rotorstruktur 11 und über den Umfang der Rotorstruktur 11 verteilt angeordneten Flügeln 12. Die Flügel 12 sind in zum äußeren Umfang der Rotorstruktur 11 offenen Schlitzen der Rotorstruktur 11 in radialer oder zumindest im Wesentlichen radialer Richtung gleitend verschieblich geführt. Radial innen sind die Flügel 12 an einer quer zur Rotationsachse R_{10} beweglichen Stützstruktur 13 abgestützt.

[0041] Der Förderrotor 10 wird an seinem äußeren Umfang von einem Verstellorgan 20 umgeben, das beispielhaft als Verstellring geformt ist. Bei Rotationsantrieb des Förderrotors 10 gleiten dessen Flügel 12 über eine Innenumfangsfläche des Verstellorgans 20. Die Rotationsachse R_{10} des Förderrotors 10 ist zu einer parallelen, in Bezug auf die Innenumfangsfläche zentralen Achse des Verstellorgans 20 exzentrisch angeordnet, so dass vom Förderrotor 10 und dem Verstellorgan 20 gebildete Förderzellen sich bei Drehung des Förderrotors 10 auf der Niederdruckseite der Förderkammer 5 in Drehrichtung vergrößern und auf der Hochdruckseite wieder verkleinern. Aufgrund dieser mit der Drehzahl des Förderrotors 10 periodischen Vergrößerung und Verkleinerung der Förderzellen wird das Fluid von der Niederdruckseite zur Hochdruckseite und dort mit erhöhtem Druck durch den Förderkammerauslass 6 und dann durch den Gehäuseauslass gefördert.

[0042] Das pro Umdrehung des Förderrotors 10 geförderte Fluidvolumen, das sogenannte spezifische Fördervolumen, kann verstellt werden. Ist das Fluid eine Flüssigkeit und somit in guter Näherung inkompressibel, ist das absolute Fördervolumen der Drehzahl des Förderrotors 10 direkt proportional. Bei kompressiblen Fluiden, beispielsweise Luft, ist der Zusammenhang von Fördermenge und Drehzahl zwar nicht linear, die absolute Fördermenge bzw. -masse steigt jedoch ebenfalls mit der Drehzahl.

[0043] Das spezifische Fördervolumen hängt von der Exzentrizität, also dem Abstand zwischen der zentralen Achse des Verstellorgans 20 und der Rotationsachse

R_{10} des Förderrotors 10 ab. Um diesen Achsabstand ändern zu können, ist das Verstellorgan 20 im Pumpengehäuse beweglich angeordnet, beispielhaft um eine Schwenkachse R_{20} schwenkbeweglich. In Variationen kann ein modifiziertes Verstellorgan im Pumpengehäuse auch linear beweglich angeordnet sein. Zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens bzw. der Exzentrizität wird eine Beweglichkeit quer zur Rotationsachse R_{10} des Förderrotors 10 bevorzugt. Grundsätzlich wäre auch eine axiale Verstellbarkeit denkbar, durch die eine axiale Weite der Förderzellen verstellt werden kann.

[0044] Ein Schwenklagerbereich des Verstellorgans 20 ist mit 21 bezeichnet. Die Schwenklagerung ist als Gleitlager ausgeführt, indem das Verstellorgan 20 in seinem Schwenklagerbereich 21 mit einer Gegenfläche der Gehäusestruktur 2 direkt in Gleitkontakt steht.

[0045] Für die Verstellung in eine Stellrichtung V, im Ausführungsbeispiel Schwenkrichtung, wird das Verstellorgan 20 mit einem Stelldruck eines Stellfluids beaufschlagt. Dem fluidischen Stelldruck wirkt in die Gegenrichtung, der Rückstellrichtung, eine Rückstellkraft entgegen. Die Rückstellkraft wird von einer Federeinrichtung 25 mit einem oder mehreren mechanischen Federgliedern, im Ausführungsbeispiel einem einzigen Federglied erzeugt. Das Federglied ist als Schraubendruckfeder ausgeführt und angeordnet. Für die Druckbeaufschlagung mit dem Stellfluid weist das Verstellorgan 20 an seiner von der Schwenkachse R_{20} aus über die Rotationsachse R_{10} des Förderrotors 10 gesehen gegenüberliegenden Seite einen funktional als Verstellkolben wirkenden Verstellorgan-Einwirkbereich 22 auf. Zur einen Seite des Verstellorgan-Einwirkbereichs 22 ist im Pumpengehäuse eine erste Stellkammer K_1 gebildet, in die das Stellfluid einleitbar ist, um auf den Verstellorgan-Einwirkbereich 22 und somit auf das Verstellorgan 20 eine in die Stellrichtung V wirkende erste Stellkraft auszuüben. Die Rückstellkraft der Federeinrichtung 25 wirkt beispielhaft ebenfalls unmittelbar auf den Verstellorgan-Einwirkbereich 22.

[0046] Die erste Stellkammer K_1 wird mit dem von der Pumpe 1 geförderten Stellfluid gespeist, um das Verstellorgan 20 gegen die Kraft der Federeinrichtung 25 in die Stellrichtung V mit dem ersten Stelldruck zu beaufschlagen. Die Stellrichtung V ist so gewählt, dass sich die Exzentrizität zwischen Förderrotor 10 und Verstellorgan 20 und dadurch das spezifische Fördervolumen der Pumpe 1 verkleinert, wenn sich das Verstellorgan 20 in die Stellrichtung V bewegt.

[0047] Das Verstellorgan 20 bildet mit der Gehäusestruktur 2 einen Dichtspalt, der die erste Stellkammer K_1 in Stellrichtung V vom Niederdruckbereich trennt. Im Dichtspalt ist ein Dichtelement 24 zur besseren Abdichtung des Dichtspalts angeordnet. Das Dichtelement 24 ist in einer Aufnahme des Verstellorgans 20 angeordnet.

[0048] Im Pumpengehäuse ist eine zweite Stellkammer K_2 gebildet, in die ebenfalls ein Stellfluid unter Druck einleitbar ist, um auf das Verstellorgan 20 in der zweiten Stellkammer K_2 einen weiteren, zweiten Stelldruck ausüben zu können. Die Stellkammern K_1 und K_2 sind an einem äußeren Umfang des Verstellorgans 20 in Umfangsrichtung nebeneinander gebildet und mittels eines weiteren Dichtelements voneinander abgedichtet. In den beiden Stellkammern K_1 und K_2 wirkt das jeweilige Stellfluid direkt auf das Verstellorgan 20. In modifizierten Ausführungen könnte anstelle einer direkten Druckbeaufschlagung eine indirekte Beaufschlagung des Verstellorgans 20 mit zwei oder mehr Stellkolben vorgesehen sein, wobei auf wenigstens einen solchen Stellkolben der erste Stelldruck und auf wenigstens einen anderen Stellkolben der zweite Stelldruck wirken würde. Die Verstelleinrichtung kann eine weitere Stellkammer, gegebenenfalls auch mehrere weitere Stellkammern umfassen, in der oder denen ein Stellfluid direkt oder stattdessen indirekt über jeweils einen Stellkolben auf das Verstellorgan 20 wirkt.

[0049] Der in der ersten Stellkammer K_1 herrschende erste Stelldruck und der in der zweiten Stellkammer K_2 herrschende zweite Stelldruck sind veränderbar, indem die Stellkammern K_1 und K_2 jeweils über ein zugeordnetes Ventil mit dem jeweiligen Stellfluid beaufschlagt werden. Eine der Stellkammern K_1 und K_2 wird über ein Fluidikventil mit Stellfluid beaufschlagt, während die andere der Stellkammern K_1 und K_2 über ein Elektromagnetventil mit Stellfluid beaufschlagt wird. Im Ausführungsbeispiel ist das Fluidikventil der ersten Stellkammer K_1 und das Elektromagnetventil der zweiten Stellkammer K_2 zugeordnet.

[0050] In Figur 2 ist ein die Pumpe 1 enthaltender Fluidförderkreis dargestellt. Die Pumpe 1 ist wie die anderen Komponenten des Fluidkreises schematisch dargestellt. So gehören zur Pumpe 1, wie aus Figur 1 ersichtlich, die Verstelleinrichtung mit dem Verstellorgan 20, der Federeinrichtung 25 und den Stellkammern K_1 und K_2. Das Fluidikventil 30 ist in bevorzugten Ausführungen ebenfalls integraler Bestandteil des Pumpengehäuses, indem das Fluidikventil 30 im oder am Pumpengehäuse angeordnet ist. Das Elektromagnetventil 40 wird ebenfalls als zur Pumpe 1 gehörig betrachtet, obgleich das Elektromagnetventil 40 ein Stück weit vom Pumpengehäuse entfernt angeordnet sein kann. Eine in Bezug auf das Pumpengehäuse externe Anordnung kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn die elektrische Isolierung einer Zuführleitung für elektrische Energie und/oder Steuersignale in der unmittelbaren Umgebung des Pumpengehäuses Probleme bereitet.

[0051] Die Pumpe 1 fördert Fluid aus einem Reservoir R zu einem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat M, beispielsweise Schmieröl zu einem das Aggregat M bildenden Verbrennungsmotor zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs. Ein von einem Verbrennungsmotor gebildetes, mit dem Fluid zu versorgendes Aggregat M kann die Pumpe 1 antreiben, wie in Figur 2 illustriert, so dass der Förderrotor 10 in fester Drehzahlbeziehung zu einer Abtriebswelle des Aggregats M drehangetrieben wird. Auf der Niederdruckseite fördert die Pumpe 1 das Fluid vom Reservoir R durch eine Zuführleitung, den Gehäuseein-

lass und den Saugbereich des Pumpengehäuses in die Förderkammer 5 (Fig. 1), aus der es mit erhöhtem Druck ausgestoßen wird. Auf der Hochdruckseite wird ein von der Pumpe 1 geförderter Hauptstrom 50 zum Aggregat M gefördert. Nach Durchströmen des Aggregats M strömt das Fluid im Druck entlastet zurück in das Reservoir R.

[0052] Vom Hauptstrom 50 wird ein kleinerer Teil abgezweigt und als Stellfluid zu einem Druckanschluss P des Fluidikventils 30 geführt. Der Druckanschluss P ist entsprechend über eine Nebenstromleitung mit dem Hauptstrom 50 verbunden. Das Fluidikventil 30 ist über einen Arbeitsanschluss A mit der ersten Stellkammer K_1 (Fig. 1) verbunden. Das Verstellorgan 20 steht in Figur 2 stellvertretend für die anderen Komponenten der Verstelleinrichtung, wie etwa die Federeinrichtung 25 und die Stellkammern K_1, K_2 und optional eine oder mehrere weitere Stellkammern.

[0053] Das Fluidikventil 30 weist ferner einen Entlastungsanschluss S für das Stellfluid auf. Der Entlastungsanschluss S ist über einen Entlastungskanal 35 direkt mit dem Saugbereich des Pumpengehäuses verbunden. Das Reservoir R wird umgangen. Der Entlastungskanal 35 erstreckt sich vorzugsweise im oder am Pumpengehäuse unmittelbar vom Fluidikventil 30 bis unmittelbar in den Saugbereich des Pumpengehäuses. Durch den Entlastungsanschluss S strömt kein Fluid direkt zum Reservoir R, und es strömt auch kein Fluid vom Reservoir R durch den Entlastungsanschluss S zum Fluidikventil 30. Zwischen dem Entlastungsanschluss S und dem Reservoir R besteht daher keine direkte Fluidverbindung. Das unter Druck stehende Stellfluid wird über den Entlastungsanschluss S energieeffizient in den Saugbereich des Pumpengehäuses zurückgeführt. Die Pumpe 1 muss zur Druckentlastung des Verstellorgans 20 zurückgeführtes Stellfluid nicht erst wieder vom Reservoir R ansaugen. Das auf kurzem Wege zurückgeführte Stellfluid weist einen höheren Druck als das im Reservoir R befindliche Fluid auf und enthält weniger Luft. Beides trägt zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Pumpe 1 bei.

[0054] Obgleich eine Druckentlastung in den Saugbereich des Pumpengehäuses gegenüber einer Druckentlastung in das Reservoir R eine ganze Reihe von Vorteilen bietet, kann in abgewandelten Ausführungen das Fluidikventil 30 über seinen Entlastungsanschluss S zum Reservoir R hin druckentlastet werden.

[0055] Das Fluidikventil 30 wird mit einem ebenfalls von der Hochdruckseite der Pumpe 1 abgezweigten Steuerfluid betätigt, das zu einem Steueranschluss C des Fluidikventils 30 geführt wird.

[0056] Das Elektromagnetventil 40 kann ein Proportionalventil sein, mit dem der Stelldruck in der zweiten Stellkammer K_2 (Fig. 1) kontinuierlich verstellt werden kann. Es kann insbesondere aber auch ein Mehrwege-Schaltventil sein, das zwischen zwei, drei oder gegebenenfalls auch mehr Schaltzuständen und damit Kolbenpositionen umschaltbar ist. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um solch ein Schaltventil, das die zweite Stellkammer K_2 in einem ersten Schaltzustand mit der Hochdruckseite der Pumpe 1 verbindet und in einem zweiten Schaltzustand von der Hochdruckseite der Pumpe 1 trennt und stattdessen über eine Rückführleitung 45 unter Umgehung des Reservoirs R mit der Niederdruckseite der Pumpe 1 verbindet. Im ersten Schaltzustand des Elektromagnetventils 40 ist die zweite Stellkammer K_2 daher mit der Hochdruckseite der Pumpe 1 verbunden und im zweiten Schaltzustand mit deren Niederdruckseite. Nimmt das Elektromagnetventil 40 den ersten Schaltzustand ein, wirken die Stelldrücke in den Stellkammern K_1 und K_2 gemeinsam auf das Verstellorgan 20. Nimmt das Elektromagnetventil 40 den zweiten Schaltzustand ein, wirkt nur noch der Stelldruck in der ersten Stellkammer K_1 auf das Verstellorgan 20, während in der zweiten Stellkammer K_2 der vergleichsweise niedrige Druck des Saugbereichs des Pumpengehäuse herrscht. Entsprechend höher muss dieser erste Stelldruck sein, um das Verstellorgan 20 gegen die rückstellende Spannkraft der Federeinrichtung 25 in die Stellrichtung V zu bewegen.

[0057] Auch für das Elektromagnetventil 40 gilt, dass dessen Entlastungsanschluss S zwar bevorzugt direkt mit dem Saugbereich des Pumpengehäuses verbunden ist, dass aber eine alternative Druckentlastung des Elektromagnetventils 40 in das Reservoir R nicht ausgeschlossen werden soll.

[0058] Das Elektromagnetventil 40 weist einen Signalanschluss 41 auf, an dem es mit einer externen Steuerung verbunden ist. Handelt es sich bei dem Aggregat M um einen Antriebsmotor eines Fahrzeugs, kann insbesondere eine Motorsteuerung die externe Steuerung bilden. Derartige Motorsteuerungen sind typischerweise als Kennlinien- oder Kennfeldsteuerungen gebildet. Bei einer Motorkennfeldsteuerung kann der Bedarf des Antriebsmotors in einem Kennfeld unterschiedlicher Motorgrößen, etwa einer Motortemperatur und/oder einer Motordrehzahl und/oder eines Schmieröldrucks an einer kritischen Stelle des Motors und/oder des Lastzustandes des Motors und dergleichen mehr in einem elektronischen Speicher der Steuerung abgelegt sein. Die externe Steuerung bildet auf der Basis entsprechender Messgrößen und des abgespeicherten Kennfelds das Ausgangssignal, mit dem sie das Elektromagnetventil 40 ansteuert, um den Förderdruck der Pumpe 1 zu modulieren. Die Modulation besteht darin, dass mittels des Elektromagnetventils 40 die Größe desjenigen Förderdrucks verändert werden kann, bei dessen Erreichen das spezifische Fördervolumen der Pumpe 1 durch Verstellung des Verstellorgans 20 verringert wird.

[0059] In Figur 3 ist das Fluidikventil 30 in einem Längsschnitt dargestellt. Erkennbar sind die Anschlüsse A, P und S für das Stellfluid und der Anschluss C für das Steuerfluid. Das Fluidventil 30 ist integraler Bestandteil der Pumpe 1, indem das Pumpengehäuse auch das Gehäuse des Fluidikventils 30 bildet. Die Pumpe 1 kann einschließlich des Fluidikventils 30 als Einheit montiert werden. Die Förder- und Verstellkomponenten, wie insbe-

sondere der Förderrotor 10 und das Verstellorgan 20, und das Fluidikventil 30 sind mittels des gemeinsamen Pumpengehäuses zu einer Montageeinheit zusammengefasst.

[0060] Der Ventilraum 31 ist in der Gehäusestruktur 2 geformt, beispielhaft als axiale Sackbohrung. Er ist an einem der beiden Stirnenden des Steuerkolbens 32 offen. Ein Verschlussteil 37 verschließt den Ventilraum 31 an dem offenen Ende. In einem axialen Endbereich des Ventilraums 31 ist eine Spannkammer 34 gebildet, in der die Spanneinrichtung 33 auf den Steuerkolben 32 wirkt.

[0061] Der Entlastungskanal 35 (Figur 2) mündet in die Spannkammer 34, so dass die Spannkammer 34 in jedem Zustand des Fluidikventils 30, d.h. ungeachtet der Position des Steuerkolbens 32, mit dem Saugbereich des Pumpengehäuses verbunden ist. In der Figur 3 verläuft der Entlastungskanal senkrecht zu einer Verschiebeachse des Steuerkolbens 32 aus der Spannkammer 34. Alternativ oder zusätzlich kann der Entlastungskanal schräg, parallel oder in Verlängerung zur Verschiebeachse des Steuerkolbens 32 aus der Spannkammer 34 verlaufen.

[0062] Der Steuerkolben 32 ist im Ventilraum 31 zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich. In Figur 3 nimmt der Steuerkolben 32 die zweite Kolbenposition ein. In der zweiten Kolbenposition ist der Arbeitsanschluss A mit dem Entlastungsanschluss S verbunden. Das Stellfluid kann über den Arbeitsanschluss A in den Ventilraum 31 strömen und aus diesem über den Entlastungsanschluss S in den Saugbereich des Pumpengehäuses abströmen. Die erste Stellkammer K_1 steht in diesem Zustand des Fluidikventils 30, bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben 32, unter dem vergleichsweise niederen Druck des Saugbereichs, wodurch eine effektive Druckentlastung des Verstellorgans 20 erzielt wird.

[0063] Bewegt sich der Steuerkolben 32 aus der zweiten Kolbenposition in die erste Kolbenposition, in Figur 3 nach rechts, wird der Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A und über diesen mit der ersten Stellkammer K_1 verbunden, so dass das Verstellorgan 20 mit dem Stelldruck, einem Druck der Hochdruckseite der Pumpe 1, beaufschlagt wird. Die Verstelleinrichtung ist dabei so ausgelegt, dass eine Erhöhung des Stelldrucks eine Verringerung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe 1 bewirkt.

[0064] Der im Schemabild der Figur 2 beim Fluidikventil 30 eingezeichnete Steueranschluss C kann, wie in Figur 3 erkennbar, mit dem Druckanschluss P zusammengefasst sein. Der Druckanschluss P kann dementsprechend auch gleichzeitig den Steueranschluss C bilden. Eine im Ventilraum 31 gebildete Steuerkammer 36, in welcher der Steuerkolben 32 der Spannkraft der Spanneinrichtung 33 entgegen mit der fluidischen Steuerkraft beaufschlagt wird, bildet bei in der ersten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben 32 auch eine Verbindungskammer für die Anschlüsse P und A.

[0065] Das Fluidikventil 30 ist mit seinem Einlass C permanent an die Hochdruckseite der Pumpe 1 angebunden. Auf den Steuerkolben 32 wirkt während des Betriebs der Pumpe 1 ständig ein Steuerdruck und damit eine Steuerkraft gegen die Spanneinrichtung 33. Die Spanneinrichtung 33 des Fluidikventils 30 ist vorgespannt. Sie übt permanent eine gegen die Steuerkraft wirkende Spannkraft auf den Steuerkolben 32 aus, die größer ist als eine bei ordnungsgemäßer Funktion und aktiver Ansteuerung des Elektromagnetventils 40 maximal auftretende auf den Steuerkolben 32 wirkende Steuerkraft. Ein ordnungsgemäß funktionierendes und aktives Elektromagnetventil 40 regelt die Pumpe 1 während des Betriebs über die zweite Stellkammer K_2 in der Art, so dass maximal eine auf den Steuerkolben 32 wirkende Steuerkraft resultiert, die kleiner ist als die Spannkraft der Spanneinrichtung 33 des Fluidikventils 30 und damit kleiner ist als die zur Schaltung der ersten Schaltstellung und damit der ersten Kolbenposition notwendige Steuerkraft. Das Fluidikventil 30 ist in Betriebszuständen, in denen das Elektromagnetventil 40 ordnungsgemäß funktioniert und aktiv ist, stets in seiner zweiten Schaltstellung und damit in der zweiten Kolbenposition geschaltet, da das Elektromagnetventil 40 die Pumpe 1 auf eine maximale Förderleistung regelt, durch die eine auf den Steuerkolben 32 des Fluidikventils 30 wirkende Steuerkraft resultiert, die kleiner ist als die entgegenwirkende Spannkraft der Spanneinrichtung 33. Die durch die maximale Förderleistung resultierende auf den Steuerkolben 32 des Fluidikventils 30 wirkende Steuerkraft reicht nicht aus, um das Fluidikventil 30 aus dem zweiten Schaltzustand in den ersten Schaltzustand zu schalten oder den Steuerkolben 32 aus der zweiten Kolbenposition in die erste Kolbenposition zu verschieben.

[0066] Die auf den Steuerkolben 32 wirkende Steuerkraft und die Spannkraft der Spanneinrichtung 33 des Fluidikventils 30 allein bestimmen bei ordnungsgemäßer und aktiver Funktion des Elektromagnetventils 40 nicht die Schaltstellung des Fluidikventils 30. Die auf den Steuerkolben 32 wirkende Steuerkraft und die Spanneinrichtung 33 verleihen dem Fluidikventil 30 eine Fail-Safe-Eigenschaft bei Ausfall des Elektromagnetventils 40. Die auf den Steuerkolben 32 wirkende Steuerkraft und die Spanneinrichtung 33 dienen als Backup-Beaufschlagung des Verstellorgans 20 für den Fall, dass das Elektromagnetventil 40 oder die zugeordnete Steuerungseinrichtung aufgrund eines Defekts ausfällt, beispielsweise wegen eines Kabelbruchs oder einer gelösten elektrischen Steckverbindung, oder wenn das Elektromagnetventil 40 in bestimmten Betriebszuständen deaktiviert ist. Das Fluidikventil 30, insbesondere die Spanneinrichtung 33, ist so ausgelegt, dass im Falle eines Ausfalls oder Deaktivierung des Elektromagnetventils 40 das Fördervolumen der Pumpe 1 von Maximal in Richtung Minimal erst bei Erreichen eines Pumpenausgangsdrucks verstellt wird, der größer ist als ein größter Pumpenausgangsdruck, der sich bei ordnungsgemäßer und aktiver Funktion des Elektromagnetventils 40 einstellt, und kleiner ist als ein Pumpenausgangsdruck, der zu einer Be-

schädigung zumindest eines Bauteils führen würde. Das Fluidikventil 30 und die erste Stellkammer K_1 dienen als Schutzabregelung der Pumpe 1, wenn das Elektromagnetventil 40 durch einen Defekt oder eine Deaktivierung ausfällt.

[0067] Der Steuerkolben 32 weist einen ersten Ringabschnitt 51 und einen zweiten Ringabschnitt 52 auf, die axial voneinander beabstandet sind. Der erste Ringabschnitt 51 trennt die Steuerkammer 36 und die Spannkammer 34 fluidtechnisch voneinander. Der erste Ringabschnitt 51 trennt in der zweiten Kolbenposition den Druckanschluss P und den Arbeitsanschluss A voneinander und verbindet dabei den Entlastungsanschluss S mit dem Arbeitsanschluss A. In der ersten Kolbenposition trennt der erste Ringabschnitt 51 den Arbeitsanschluss A und den Entlastungsanschluss S voneinander und verbindet dabei den Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A. Der erste Ringabschnitt 51 weist eine einzige Dichtfläche auf, die in Umfangsrichtung und axial durchgehend und damit ununterbrochen ausgeführt ist. Der erste Ringabschnitt 51 liegt mit seiner Dichtfläche dichtend an der Gehäusestruktur 2 an. Er weist einen konstanten Durchmesser auf. Der erste Ringabschnitt 51 ist als ein Vollkörper gebildet und damit nicht hohl ausgeführt.

[0068] Der zweite Ringabschnitt 52 ist in der Steuerkammer 36 angeordnet. Der zweite Ringabschnitt 52 ist axial zwischen dem Druckanschluss P bzw. dem Einlass C und dem ersten Ringabschnitt 51 angeordnet. Der zweite Ringabschnitt 52 weist axiale Durchgangsöffnungen 53 auf, die den Druckanschluss P und den Einlass C mit dem ersten Ringabschnitt 51 fluidisch verbinden. Damit verbinden die Durchgangslöcher 53 eine Steuerfläche des ersten Ringabschnitts 51 mit dem Druckanschluss P und dem Einlass C. Die Durchgangslöcher 53 sind als Bohrungen ausgebildet. Der erste Ringabschnitt 51 weist einen Durchmesser auf, der kleiner ist als der Durchmesser des zweiten Ringabschnitts 52, wodurch eine korrekte Montage des Steuerkolbens 32 sichergestellt werden kann. Grundsätzlich ist es denkbar, dass der erste Ringabschnitt 51 einen Durchmesser aufweist, der größer ist als der Durchmesser des zweiten Ringabschnitts 52. Das Gehäuse des Fluidikventils 30 ist in seinem Innendurchmesser entsprechend gestuft ausgeführt. Das Gehäuse des Fluidikventils 30 weist zwei in ihrem Innendurchmesser voneinander unterschiedliche Bereiche auf. Die Ringabschnitte 51, 52 liegen jeweils mit ihrem Durchmesser an dem Innendurchmesser des Gehäuses an. Zur Ausbildung des Gehäuses des Fluidikventils 30 weist die Gehäusestruktur 2 eine Stufenbohrung auf. Die Gehäusestruktur 2 bildet das Gehäuse des Fluidikventils 30.

[0069] Zur Anordnung der Spanneinrichtung 33 weist der Steuerkolben 32 einen ersten axialen Vorsprung 54 auf, auf dem die Spanneinrichtung 33, insbesondere die Schraubenfeder, angeordnet oder aufgesteckt ist. Der erste axiale Vorsprung 54 bildet einen Federsitz. Die Spanneinrichtung 33, insbesondere die Schraubenfeder, umgibt den ersten axialen Vorsprung 54. Der erste axiale Vorsprung 54 erstreckt sich von dem ersten Ringabschnitt 51 axial in die Spannkammer 34. Die Spanneinrichtung 33, insbesondere die Schraubenfeder, stützt sich mit einem Ende an dem ersten Ringabschnitt 51 ab.

[0070] Zur Ausbildung eines Anschlags für die zweite Kolbenposition weist der Steuerkolben 32 an einem zweiten axialen Ende einen zweiten axialen Vorsprung 55 auf. Der zweite axiale Vorsprung 55 bildet in der zweiten Kolbenposition, in der der Druckanschluss P und der Arbeitsanschluss A voneinander getrennt sind, einen Anschlag. Der zweite axiale Vorsprung 55 liegt in der zweiten Kolbenposition an einem Gegenanschlag an. Der Gegenanschlag ist durch das Verschlussteil 37 gebildet. Der zweite axiale Vorsprung 55 erstreckt sich von dem zweiten Ringabschnitt 52 axial in Richtung des Verschlussteils 37. Die axialen Vorsprünge 54, 55 weisen einen Durchmesser auf, der jeweils kleiner ist als die Durchmesser der Ringabschnitte 51, 52.

Patentansprüche

1. Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen, wobei die Pumpe (1) Folgendes umfasst:

(a) ein Pumpengehäuse (2) mit einer Förderkammer (5), die auf einer Niederdruckseite der Pumpe (1) einen Förderkammereinlass (4) und auf einer Hochdruckseite der Pumpe (1) einen Förderkammerauslass (6) für ein Fluid aufweist,
(b) einen in der Förderkammer (5) um eine Rotationsachse (Rio) drehbaren Förderrotor (10) zur Förderung des Fluids,
(c) eine Verstelleinrichtung mit

(c1) einem zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe (1) im Pumpengehäuse (2) in eine Stellrichtung (V) und eine Rückstellrichtung hin und her verstellbaren Verstellorgan (20),
(c2) einer ersten Stellkammer (K_1) zur Erzeugung eines ersten Stelldrucks zur Verstellung des Verstellorgans (20)
(c3) und einer zweiten Stellkammer (K_2) zur Erzeugung eines zweiten Stelldrucks zur Verstellung des Verstellorgans (20), und
(c4) eine im Pumpengehäuse (2) angeordnete Rückstelleinrichtung (25) zur Erzeugung einer in Rückstellrichtung auf das Verstellorgan (20) wirkenden Rückstellkraft,

(d) ein fluidisch betätigbares Ventil (30) zur Verstellung des Stelldrucks der ersten Stellkammer (K_1)
(e) und ein Elektromagnetventil (40) mit einem Druckanschluss (P) für ein von der Hochdruckseite abgezweigtes Stellfluid und einem Entlas-

tungsanschluss (S) für das Stellfluid,
(f) wobei das Elektromagnetventil (40) zur Verstellung des Stelldrucks der zweiten Stellkammer (K_2) einen mit der zweiten Stellkammer (K_2) verbundenen Arbeitsanschluss (A) für das Stellfluid aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
(g) der erste Stelldruck und der zweite Stelldruck in die Stellrichtung (V) auf das Verstellorgan (20) wirkt oder jeweils wirken und
(h) das fluidisch betätigbare Ventil (30) permanent mit der Hochdruckseite der Pumpe (1) verbunden ist, wodurch permanent eine durch das Steuerfluid resultierende Steuerkraft gegen eine Spanneinrichtung des fluidisch betätigbaren Ventils wirkt.

2. Pumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das fluidisch betätigbare Ventil (30) einen Druckanschluss (P) für ein vom Fluid der Hochdruckseite abgezweigtes Stellfluid, einen mit der ersten Stellkammer (K_1) verbundenen Arbeitsanschluss (A) für das Stellfluid und einen Entlastungsanschluss (S) für das Stellfluid umfasst.

3. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Entlastungsanschluss (S) des fluidisch betätigbaren Ventils (30) des Anspruchs 2 und/oder der Entlastungsanschluss (S) des Elektromagnetventils (40) stromabwärts eines Reservoirs (R) für das Fluid an die Niederdruckseite der Pumpe (1) angeschlossen, vorzugsweise direkt mit einem Saugbereich des Pumpengehäuses (2) verbunden ist oder sind.

4. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das fluidisch betätigbare Ventil (30) einen Ventilraum (31), einen im Ventilraum (31) zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglichen Steuerkolben (32), eine Spanneinrichtung (33) zur Erzeugung einer in Richtung auf eine der Kolbenpositionen auf den Steuerkolben (32) wirkenden Spannkraft und eine Steuerkammer (36) zur Erzeugung einer auf den Steuerkolben (32) der Spannkraft der Spanneinrichtung (33) entgegen wirkenden Steuerkraft und die Steuerkammer (36) einen Einlass (C) für ein Steuerfluid umfasst, der permanent an die Hochdruckseite der Pumpe (1) angebunden ist.

5. Pumpe nach dem Anspruch 4, wobei die Spanneinrichtung (33) des fluidisch betätigbaren Ventils (30) eine Spannkraft ausübt, die größer ist als eine bei ordnungsgemäßer und/oder aktiver Funktion des Elektromagnetventils (40) auftretende Steuerkraft.

6. Pumpe nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Steuerkolben (32) zumindest einen ersten Ringabschnitt (51) aufweist, der in einer Kolbenposition den Druckanschluss (P) und den Arbeitsanschluss (A) voneinander trennt und in einer anderen Kolbenposition den Arbeitsanschluss (A) und den Entlastungsanschluss (S) voneinander trennt, und einen zweiten Ringabschnitt (52) mit zumindest einer Durchgangsöffnung (53) aufweist, der axial zwischen dem Druckanschluss (P) und dem ersten Ringabschnitt (52) angeordnet ist.

7. Pumpe nach Anspruch 6, wobei der Steuerkolben (32) an einem axialen Ende einen ersten axialen Vorsprung (54) zur Anordnung der Spanneinrichtung (33) und an einem anderen axialen Ende einen zweiten axialen Vorsprung (55) zur Ausbildung eines Anschlags aufweist.

8. Pumpe nach Anspruch 6 oder 7, wobei zumindest der erste Ringabschnitt (51) als Vollkörper gebildet ist.

9. Pumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die Ringabschnitte (51, 52) sich in ihrem Durchmesser voneinander unterscheiden.

10. Pumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Druckanschluss (P) des fluidisch betätigbaren Ventils (30) auch den Einlass (C) in die Steuerkammer (36) des fluidisch betätigbaren Ventils (30) bildet.

11. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das fluidisch betätigbare Ventil (30) ein Gehäuse mit zumindest zwei in ihrem Innendurchmesser voneinander unterschiedlichen Bereichen aufweist.

12. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Elektromagnetventil (40) einen Ventilraum, einen im Ventilraum zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglichen Steuerkolben, eine Spanneinrichtung (43) zur Erzeugung einer in Richtung auf eine der Kolbenpositionen auf den Steuerkolben wirkenden Spannkraft und eine Elektromagneteinrichtung (46) zur Erzeugung einer auf den Steuerkolben der Spannkraft der Spanneinrichtung (43) entgegen wirkenden Elektromagnetkraft umfasst und die Elektromagneteinrichtung (46) einen Anschluss (41) für die Verbindung mit einer externen Steuerung, vorzugsweise einer Motorsteuerung, umfasst.

13. Pumpe nach Anspruch 12, wobei die Spanneinrichtung (43) der Elektromagneteinrichtung (46) zur Einstellung einer Kolbenposition vorgesehen ist, in der die zweite Stellkammer (K_2) mit dem Entlastungsanschluss (S) der Elektromagneteinrichtung (46) verbunden ist.

14. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpe (1) in einem Fluidkreis und im Fluidkreis stromabwärts der Pumpe (1) ein Filter (48) zur Reinigung des von der Pumpe (1) geförderten Fluids angeordnet ist und das Stellfluid für wenigstens eine der Stellkammern (K_1, K_2) und/oder das Steuerfluid für das fluidisch betätigbare Ventil (30) stromabwärts des Filters (48) abgezweigt wird oder werden.

Claims

1. A pump which exhibits an adjustable delivery volume, the pump (1) comprising:

(a) a pump housing (2) comprising a delivery chamber (5) which comprises a delivery chamber inlet (4) on a low-pressure side of the pump (1), and a delivery chamber outlet (6) on a high-pressure side of the pump, for a fluid;
(b) a delivery rotor (10) which can be rotated about a rotary axis (R_{10}) within the delivery chamber (5), for delivering the fluid;
(c) an adjusting device, comprising:

(c1) an adjusting member (20) which can be adjusted back and forth in the pump housing (2) in a setting direction (V) and a restoring direction in order to adjust the delivery volume of the pump (1);
(c2) a first setting chamber (K_1) for generating a first setting pressure for adjusting the adjusting member (20);
(c3) and a second setting chamber (K_2) for generating a second setting pressure for adjusting the adjusting member (20); and
(c4) a restoring device (25), arranged in the pump housing (2), for generating a restoring force which acts on the adjusting member (20) in a restoring direction;

(d) a fluidically operable valve (30) for adjusting the setting pressure of the first setting chamber (K_1);
(e) and an electromagnetic valve (40), comprising: a pressure port (P) for a setting fluid which is diverted from the high-pressure side; and a relief port (S) for the setting fluid,
(f) wherein the electromagnetic valve (40) comprises a working port (A) for the setting fluid, which is connected to the second setting chamber (K_2), in order to adjust the setting pressure of the second setting chamber (K_2),
characterised in that
(g) the first setting pressure and the second setting pressure acts or respectively act on the adjusting member (20) in the setting direction (V), and
(h) the fluidically operable valve (30) is permanently connected to the high-pressure side of the pump (1), hence a control force resulting from the control fluid is permanently acting against the tensing device of the fluidically operable valve.

2. The pump according to the preceding claim, wherein the fluidically operable valve (30) comprises: a pressure port (P) for a setting fluid which is diverted from the fluid of the high-pressure side; a working port (A), connected to the first setting chamber (K_1), for the setting fluid; and a relief port (S) for the setting fluid.

3. The pump according to any one of the preceding claims, wherein the relief port (S) of the fluidically operable valve (30) of Claim 2 and/or the relief port (S) of the electromagnetic valve (40) is/are connected to the low-pressure side of the pump (1), preferably directly connected to a suction region of the pump housing (2), at a point downstream of a reservoir (R) for the fluid.

4. The pump according to any one of the preceding claims, wherein the fluidically operable valve (30) comprises: a valve space (31); a control piston (32) which can be moved back and forth within the valve space (31) between a first piston position and a second piston position; a tensing device (33) for generating a tensing force which acts on the control piston (32) in the direction of one of the piston positions; and a control chamber (36) for generating a control force which acts on the control piston (32) counter to the tensing force of the tensing device (33); and the control chamber (36) comprises an inlet (C), which is permanently attached to the high-pressure side of the pump (1), for a control fluid.

5. The pump according to Claim 4, wherein the tensing device (33) of the fluidically operable valve (30) exerts a tensing force which is greater than a control force which occurs when the electromagnetic valve (40) is properly and/or actively functioning.

6. The pump according to Claim 4 or 5, wherein the control piston (32) comprises at least a first annular portion (51), which separates the pressure port (P) and the working port (A) from each other in one piston position and separates the working port (A) and the relief port (S) from each other in another piston position, and a second annular portion (52) which comprises at least one passage opening (53) and is arranged axially between the pressure port (P) and the first annular portion (52).

7. The pump according to Claim 6, wherein one axial

end of the control piston (32) comprises a first axial protrusion (54) for arranging the tensing device (33), and another axial end of the control piston (32) comprises a second axial protrusion (55) for forming an abutment.

8. The pump according to Claim 6 or 7, wherein at least the first annular portion (51) is formed as a solid body.

9. The pump according to any one of Claims 6 to 8, wherein the annular portions (51, 52) differ from each other in their diameter.

10. The pump according to any one of Claims 4 to 9, wherein the pressure port (P) of the fluidically operable valve (30) also forms the inlet (C) into the control chamber (36) of the fluidically operable valve (30).

11. The pump according to any one of the preceding claims, wherein the fluidically operable valve (30) comprises a housing which comprises at least two regions which differ from each other in their inner diameter.

12. The pump according to any one of the preceding claims, wherein the electromagnetic valve (40) comprises: a valve space; a control piston which can be moved back and forth within the valve space between a first piston position and a second piston position; a tensing device (43) for generating a tensing force which acts on the control piston in the direction of one of the piston positions; and an electromagnetic device (46) for generating an electromagnetic force which acts on the control piston counter to the tensing force of the tensing device (43); and the electromagnetic device (46) comprises a port (41) for connecting to an external controller, preferably an engine controller.

13. The pump according to Claim 12, wherein the tensing device (43) of the electromagnetic device (46) is provided for setting a piston position in which the second setting chamber (K_2) is connected to the relief port (S) of the electromagnetic device (46).

14. The pump according to any one of the preceding claims, wherein the pump (1) is arranged in a fluid cycle, and a filter (48) for cleaning the fluid delivered by the pump (1) is arranged in the fluid cycle at a point downstream of the pump (1), and the setting fluid for at least one of the setting chambers (K_1, K_2) and/or the control fluid for the fluidically operable valve (30) is/are diverted at a point downstream of the filter (48).

Revendications

1. Pompe avec un débit volumique réglable, la pompe (1) comprenant :

(a) un carter de pompe (2) avec une chambre de transport (5) qui présente du côté basse pression de la pompe (1) une admission de chambre de transport (4) et, du côté haute pression de la pompe (1), une évacuation de chambre de transport (6) pour un fluide,
(b) un rotor de transport (10) tournant autour d'un axe de rotation (Rio) dans la chambre de transport (5) pour le transport du fluide,
(c) un dispositif de réglage avec

(c1) un organe de déplacement (20) pour le réglage du volume de transport de la pompe (1), déplaçable en va-et-vient dans le carter de la pompe (2) dans une direction de réglage (V) et une direction de rappel,
(c2) une première chambre de réglage (K_1) pour la production d'une première pression de réglage en vue du déplacement de l'organe de déplacement (20)
(c3) et une deuxième chambre de réglage (K_2) pour la production d'une deuxième pression de réglage pour le déplacement de l'organe de déplacement (20) et
(c4) un dispositif de rappel (25) disposé dans le carter de la pompe (2) pour la production d'une force de rappel agissant dans le sens de rappel sur l'organe de déplacement (20),

(d) une soupape actionnable par fluide (30) pour le déplacement de la pression de réglage de la première chambre de réglage (K_1)
(e) et une soupape électromagnétique (40) avec un raccord de pression (P) pour un fluide de réglage dérivé du côté haute pression et un raccordement de décharge (S) pour le fluide de réglage,
(f) la soupape électromagnétique (40) présentant un raccord de travail (A) pour le fluide de réglage qui est raccordé à la deuxième chambre de réglage (K_2) pour le déplacement de la pression de réglage de la deuxième chambre de réglage (K_2), **caractérisée en ce que**
(g) la première pression de réglage et/ou la deuxième pression de réglage agissent respectivement dans le sens de réglage (V) sur l'organe de réglage (20) et
(h) la soupape actionnable par fluide (30) est reliée en permanence avec le côté haute pression de la pompe (1), par laquelle une force de commande résultant du fluide de commande agit en permanence contre un dispositif de ser-

rage de la soupape actionnable par fluide.

2. Pompe selon la revendication précédente, dans laquelle la soupape actionnable par fluide (30) comprend un raccordement de pression (P) pour un fluide de réglage dérivé du fluide du côté haute pression, un raccordement de travail (A) pour le fluide de réglage relié à la première chambre de réglage (K_1) et un raccordement de décharge (S) pour le fluide de réglage.

3. Pompe selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le raccordement de décharge (S) de la soupape actionnable par fluide (30) de la revendication 2 et/ou le raccordement de décharge (S) de la soupape électromagnétique (40) sont reliés en aval d'un réservoir (R) pour le fluide au côté basse pression de la pompe (1) de préférence directement avec une zone d'aspiration du carter de la pompe (2).

4. Pompe selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la soupape actionnable par fluide (30) comprend un espace de soupape (31), un piston de commande (32) déplaçable en va-et-vient dans l'espace de soupape (31) entre une première position de piston et une deuxième position de piston, un dispositif de serrage (33) pour la production d'une force de serrage agissant dans la direction d'une des positions de piston sur le piston de commande (32) et une chambre de commande (36) pour la production d'une force de commande agissant sur le piston de commande (32) dans le sens contraire de la force de serrage du dispositif de serrage (33) et la chambre de commande (36) comprend une admission (C) pour un fluide de commande qui est raccordée en permanence au côté haute pression de la pompe (1).

5. Pompe selon la revendication 4, dans laquelle le dispositif de serrage (33) de la soupape (30) actionnable par fluide exerce une force de serrage qui est supérieure à une force de commande agissant en cas de fonctionnement régulier et/ou actif de la soupape électromagnétique (40).

6. Pompe selon la revendication 4 ou 5, dans laquelle le piston de commande (32) présente au moins un premier segment annulaire (51) qui, dans une position du piston, sépare le raccordement de pression (P) et le raccordement de travail (A) l'un de l'autre et, dans une autre position de piston, sépare le raccordement de travail (A) et le raccordement de décharge (S) l'un de l'autre et présente un deuxième segment annulaire (52) avec au moins une ouverture de passage (53) qui est disposée axialement entre le raccordement de pression (P) et le premier segment annulaire (52).

7. Pompe selon la revendication 6, dans laquelle le piston de commande (32) présente à une extrémité axiale une première saillie axiale (54) pour la disposition du dispositif de serrage (33) et à une autre extrémité axiale une deuxième saillie axiale (55) pour la formation d'une butée.

8. Pompe selon la revendication 6 ou 7, dans laquelle au moins le premier segment annulaire (51) est conçu comme un corps plein.

9. Pompe selon l'une des revendications 6 à 8, dans laquelle les segments annulaires (51, 52) se distingue l'un de l'autre par leur diamètre.

10. Pompe selon l'une des revendications 4 à 9, dans laquelle le raccordement de pression (P) de la soupape actionnable par fluide (30) forme également l'admission (C) dans la chambre de commande (36) de la soupape actionnable par fluide (30).

11. Pompe selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la soupape actionnable par fluide (30) présente un boîtier avec au moins deux zones distinctes l'une de l'autre par leur diamètre intérieur.

12. Pompe selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la soupape électromagnétique (40) comprend un espace de soupape, un piston de commande mobile en va-et-vient dans l'espace de soupape entre une première position de piston et une deuxième position de piston, un dispositif de serrage (43) pour la production d'une force de serrage agissant sur le piston de commande dans la direction d'une des positions de piston et un dispositif électromagnétique (46) pour la production d'une force électromagnétique agissant sur le piston de commande dans la direction opposée à la force de serrage du dispositif de serrage (43) et le dispositif électromagnétique (46) comprend un raccordement (41) pour la fixation à une commande externe, de préférence une commande de moteur.

13. Pompe selon la revendication 12, dans laquelle le dispositif de serrage (43) du dispositif électromagnétique (46) est prévu pour le réglage d'une position de piston dans laquelle la deuxième chambre de réglage (K_2) est reliée au raccordement de décharge (S) du dispositif électromagnétique (46).

14. Pompe selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la pompe (1) est disposée dans un circuit de fluide et, dans le circuit de fluide en aval de la pompe (1) est disposé un filtre (48) pour le nettoyage du fluide amené par la pompe (1), et le fluide de réglage pour au moins une des chambres de réglage (K_1, K_2) et/ou le fluide de commande pour la soupape actionnable par fluide (30) est/sont dévié(s) en aval du filtre (48).

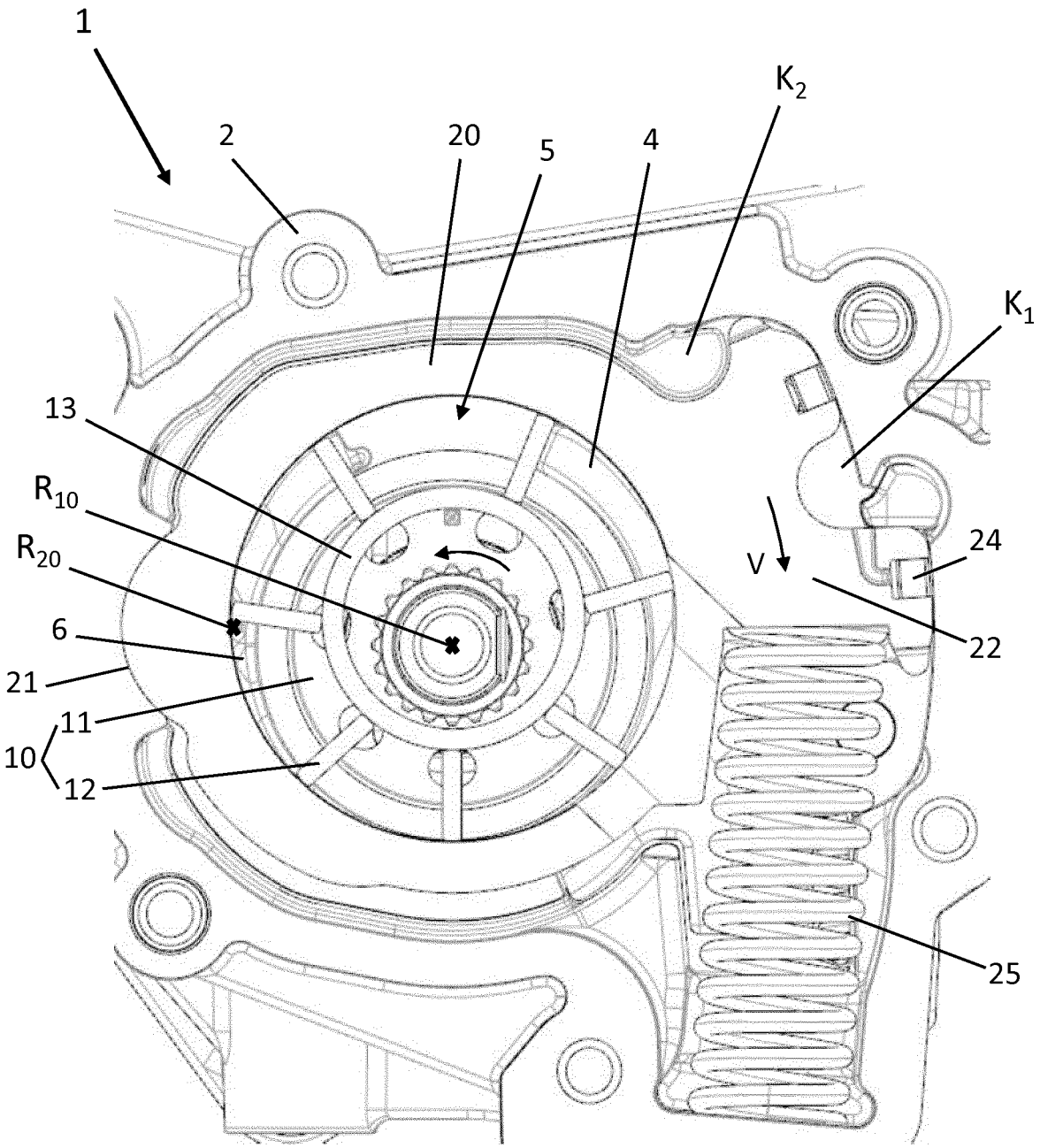


Fig. 1

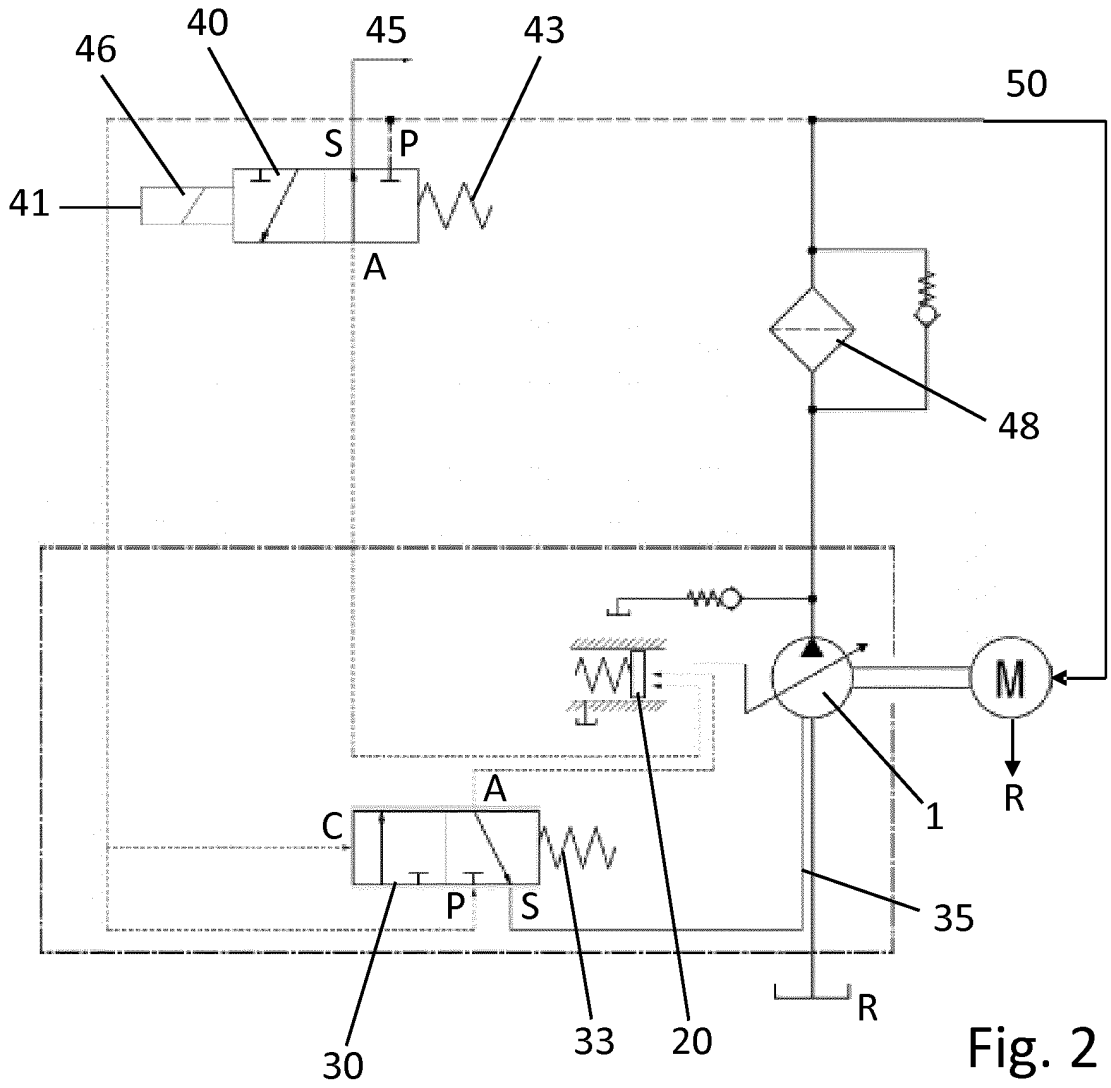

46
40
45
43
50
S
P
41
A
48
M
R
1
A
C
P
S
35
R
30
33
20

Fig. 2

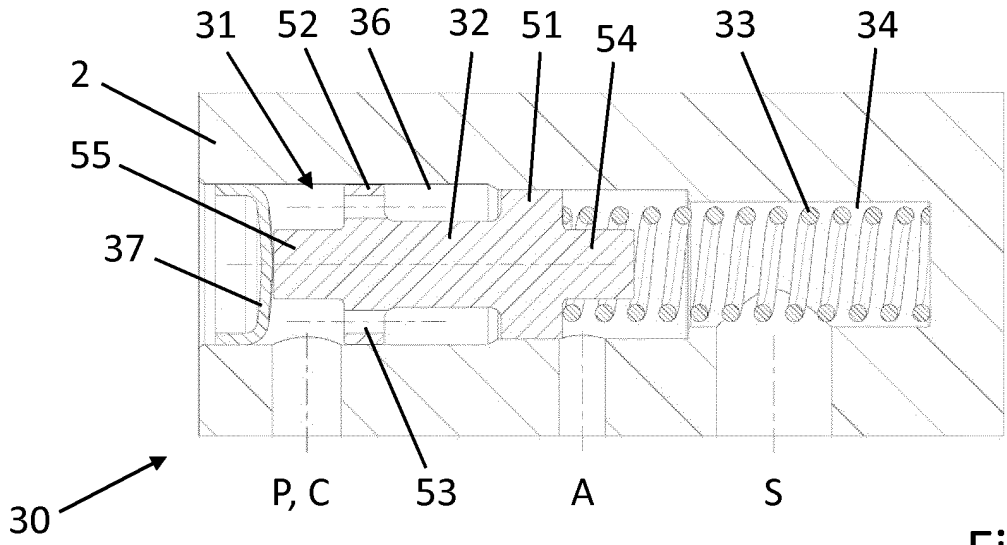

31
52
36
32
51
54
33
34
2
55
37
30
P, C
53
A
S

Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2006066405 A1 **[0003]**
- WO 2008037070 A1 **[0004]**
- US 2015252803 A1 **[0005]**
- US 2013195705 A1 **[0005]**