



(10) **DE 10 2015 109 156 A1** 2016.12.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 109 156.9**

(22) Anmeldetag: **10.06.2015**

(43) Offenlegungstag: **15.12.2016**

(51) Int Cl.: **F04B 53/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Schwäbische Hüttenwerke Automotive GmbH,  
73433 Aalen, DE**

(72) Erfinder:

**Meinig, Uwe, 88348 Bad Saulgau, DE**

(74) Vertreter:

**Schwabe Sandmair Marx Patentanwälte  
Rechtsanwalt Partnerschaft mbB, 81829  
München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>101 28 867</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2012 200 173</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 442 934</b>	<b>B1</b>
<b>WO</b>	<b>2008/ 037 070</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Pumpe mit Verstelleinrichtung und Steuerventil zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe**

(57) Zusammenfassung: Pumpe mit verstellbarem Förder-  
volumen, die Pumpe umfassend:

(a) ein Pumpengehäuse (1, 2) mit einem Pumpenanschluss  
(3) zur Verbindung der Pumpe (100) mit einem Reser-  
voir (98) eines zu fördernden Fluids, einer Förderkammer  
(5), die auf einer Niederdruckseite der Pumpe einen För-  
derkammereinlass (6) und auf einer Hochdruckseite der  
Pumpe einen Förderkammerauslass (7) für ein Fluid auf-  
weist, und einem vom Pumpenanschluss (3) auf der Nie-  
derdruckseite bis wenigstens zum Förderkammereinlass  
(6) erstreckten Saugbereich (4),

(b) ein in der Förderkammer (5) bewegliches Förderglied  
(10) zur Förderung des Fluids von der Niederdruckseite zur  
Hochdruckseite, vorzugsweise ein in der Förderkammer (5)  
um eine Drehachse (R) drehbarer Förderrotor (10),

(c) eine Verstelleinrichtung (20, 25, K) zur Verstellung des  
Fördervolumens der Pumpe

(d) ein außerhalb des Saugbereichs (4) angeordnetes  
Steuerventil (30) umfassend:

(d1) einen Druckanschluss (P) für ein vom Fluid der Hoch-  
druckseite abgezweigtes Stellfluid,

(d2) einen mit der Verstelleinrichtung (20) verbundenen Ar-  
beitsanschluss (A) für das Stellfluid,

(d3) einen Entlastungsanschluss (S) für das Stellfluid,

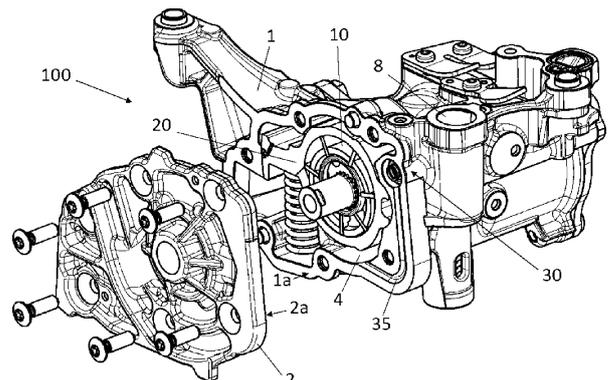
(d4) einen Ventilraum (31) und einen Steuerkolben (32), der  
im Ventilraum (31) zwischen einer ersten Kolbenposition  
und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich ist,  
(d5) und eine Spanneinrichtung (33) zur Erzeugung einer  
in Richtung auf eine der Kolbenpositionen auf den Steuer-  
kolben (32) wirkenden Spannkraft,

(e) und eine Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) zur Er-  
zeugung einer auf den Steuerkolben (32) der Spannkraft  
der Spanneinrichtung (33) entgegen wirkenden Steuer-  
kraft,

(f) wobei das Steuerventil (30)

(f1) bei in der ersten Kolbenposition befindlichem Steuer-  
kolben (32) den Arbeitsanschluss (A) mit dem Druckan-  
schluss (P) verbindet und

(f2) bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuer-  
kolben (32) den Arbeitsanschluss (A) vom Druckanschluss  
(P) trennt und mit dem Entlastungsanschluss (S) verbindet,  
(g) und wobei der Entlastungsanschluss (S) unter Umge-  
hung des Reservoirs (100) mit dem Saugbereich (4) ver-  
bunden ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Pumpe mit einer Verstelleinrichtung und einem Steuerventil zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe. Im Besonderen betrifft die Erfindung eine Pumpe, die eine Verstelleinrichtung zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe umfasst. Das Steuerventil ist mit der Verstelleinrichtung fluidisch verbunden, um durch Beaufschlagung der Verstelleinrichtung mit einem unter Druck stehenden Stellfluid das Fördervolumen der Pumpe verstellen zu können. Die Pumpe kann insbesondere dazu dienen, ein Aggregat eines Fahrzeugs, wie etwa eines Kraftfahrzeugs, mit Schmieröl, einem Arbeitsfluid oder einem Kühlfluid zu versorgen. Die Pumpe ist zweckmäßigerweise eine Verdrängerpumpe, kann grundsätzlich aber auch als Strömungsmaschine ausgeführt sein. 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 Motor kennfeld, 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 Mehrwegeventil nicht in einem Gehäuse der Pumpe oder nahe genug bei 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 Vorsteuerventil vorgesehen werden, das die Druckbeaufschlagung oder Druckentlastung des üblicherweise gegen die Kraft einer Feder beweglichen Verstellorgans steuert. Über das elektromagnetisch angesteuerte Mehrwegeventil wird in derartigen Ausführungen ein Druck moduliert, der auf eine Teilfläche eines typischerweise als Stufenkolben ausgebildeten Vorsteuerkolbens des Vorsteuerventils wirkt.

**[0003]** Eine Pumpe mit einem Vorsteuerventil und zusätzlich einem elektromagnetischen Mehrwegeventil ist jeweils aus der DE 36 30 792 A1, US 2005/0142006 A1, US 5 876 185 A und WO 2008/037070 A1 bekannt. Das Vorsteuerventil verbindet eine das Verstellorgan der jeweiligen Pumpe umfassende Verstelleinrichtung wahlweise mit entweder der Hochdruckseite des jeweiligen Pumpenkreislaufs oder einem Reservoir für das von der Pumpe geförderte Fluid oder trennt die Verstelleinrichtung sowohl von der Hochdruckseite als auch vom Reservoir. Um die Verstelleinrichtung über das Vorsteuerventil mit dem Reservoir zu verbinden und dadurch auf Umgebungsdruck, d. h. überdruckfrei, zu schalten, wird das Druckfluid über das Vorsteuerventil entweder direkt in die Umgebung abgeführt und strömt frei aufgrund Schwerkraft in das entsprechend tief gelegene Reservoir oder muss über eine eigens vorzusehende Rückführleitung zum Reservoir geführt werden. Beim freien Abströmen werden in der Umgebung des Vorsteuerventils befindliche Komponenten, beispielsweise eines Fahrzeugmotors, verschmutzt. Auch das abströmende Fluid wird zusätzlich verschmutzt. Im anderen Fall führt die zusätzlich vorgesehene Rückführleitung zu einer Erhöhung der Kosten. In beiden Fällen wird verschäumtes Fluid in das Reservoir eingeleitet und Energie nutzlos abgeführt.

**[0004]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine im Fördervolumen mittels Verstelleinrichtung und Steuerventil verstellbare Pumpe bereitzustellen, die in Bezug auf die Druckentlastung der Verstelleinrichtung verbessert ist. Ein Stellfluid, das zur Druckentlastung der Verstelleinrichtung das Steuerventil durchströmt, soll energieeffizient, sauber und kostengünstig abgeleitet werden.

**[0005]** Die Erfindung geht von einer Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen aus, die ein Pumpengehäuse mit einer Förderkammer, ein in der Förderkammer bewegliches Förderglied, eine Verstelleinrichtung zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe, ein Steuerventil zur gesteuerten Beaufschlagung der Verstelleinrichtung mit einem Steuerfluid und eine Zusatzsteuereinrichtung zur Beeinflussung des Steuerventils umfasst. Die Förderkammer weist auf einer Niederdruckseite einen Förderkammereinlass und auf einer Hochdruckseite einen Förderkammerauslass für ein mittels des Förderglieds zu förderndes Fluid auf. Das Pumpengehäuse umfasst einen Pumpenanschluss zur Verbindung der Pumpe mit einem Reservoir für das Fluid und einen vom Fluid auf der Niederdruckseite der Pumpe durchströmbar Saugbereich. Der Saugbereich erstreckt sich vom Pumpenanschluss bis wenigstens zu einem Einlass der Förderkammer. Findet der Übergang vom niederen Druck auf den höheren Druck innerhalb der Förderkammer statt, wie dies insbesondere bei Rotationspumpen der Fall ist, erstreckt sich der Saugbereich

bis in die Förderkammer, endet aber auf der Niederdruckseite der Förderkammer.

**[0006]** Ist die Pumpe in einem Pumpenkreislauf angeordnet, erstreckt sich die Niederdruckseite der Pumpe von einem Reservoir, aus dem die Pumpe das Fluid ansaugt, über den Pumpenanschluss 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 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" und "Hochdruckseite" bezeichnet der Begriff "Saugbereich" einen auf der Niederdruckseite der Pumpe nur innerhalb des Pumpengehäuses erstreckten Strömungsbereich. 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.

**[0007]** Das Steuerventil umfasst einen Druckanschluss für ein vom Fluid der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Stellfluid, einen mit der Verstelleinrichtung verbundenen Arbeitsanschluss für das Stellfluid und einen Entlastungsanschluss für das Stellfluid. Das Steuerventil umfasst ferner einen Steuerkolben, der in einem Ventilraum des Steuerventils 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.

**[0008]** Die Zusatzteuereinrichtung dient der Erzeugung einer Steuerkraft, die auf den Steuerkolben des Steuerventils und der Spannkraft der Spanneinrichtung entgegenwirkt. Die Zusatzteuereinrichtung kann zur Erzeugung der Steuerkraft eine vom Steuerkolben an einer Stirnseite geschlossene Steuerkammer mit einem Einlass für ein Steuerfluid zur Erzeugung eines auf den Steuerkolben der Spannkraft entgegenwirkenden Steuerfluiddrucks umfassen. Das

Steuerfluid kann von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Fluid sein, kann grundsätzlich aber auch ein anderes Fluid sein und/oder anders unter Druck gesetzt werden, beispielsweise mittels einer anderen Pumpe. Anstatt die Steuerkraft mittels eines Steuerfluids zu erzeugen oder zusätzlich zu einer fluidischen Steuerkraft, kann die Steuerkraft aber auch eine elektromagnetisch erzeugte Kraft sein oder solch eine Kraftkomponente umfassen. Die Zusatzteuereinrichtung umfasst in derartigen Ausführungen eine elektrische Spule und einen relativ zur Spule hin und her beweglichen Anker, welcher der Spannkraft der Spanneinrichtung entgegen auf den Steuerkolben wirkt. In bevorzugten Ausführungen wird die Steuerkraft jedoch fluidisch mittels eines Steuerfluids erzeugt.

**[0009]** Der Ventilkolben und die Ventilanschlüsse sind so angeordnet, dass der Arbeitsanschluss mit dem Druckanschluss verbunden ist, wenn der Steuerkolben die erste Kolbenposition einnimmt, und der Arbeitsanschluss vom Druckanschluss getrennt und mit dem Entlastungsanschluss verbunden ist, wenn der Steuerkolben die zweite Kolbenposition einnimmt. Das Steuerventil 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 Steuerventil 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.

**[0010]** Ist das Steuerventil außerhalb des Saugbereichs des Pumpengehäuses angeordnet, kann das Fluid widerstandsarm durch den Saugbereich strömen, da die Strömung im Saugbereich nicht durch das Steuerventil behindert wird. In bevorzugten Ausführungen ist das Steuerventil nicht nur außerhalb des Saugbereichs, sondern außerhalb der Hauptströmung durch das Pumpengehäuse angeordnet ist. In den bevorzugten Ausführungen behindert das Steuerventil daher auch nicht das Abströmen des Fluids auf der Hochdruckseite des Pumpengehäuses.

**[0011]** Ist die Pumpe in einem Fluidförderkreis angeordnet, ist das Steuerventil in bevorzugten Ausführungen außerhalb der Hauptströmung des Förderkreises in einem Nebenstromzweig angeordnet. Das Steuerventil kann somit frei von der Forderung nach einer widerstandsarmen Hauptströmung gestaltet werden. Das Steuerventil kann entsprechend klein dimensioniert sein und gezielt auf die Erfüllung seiner Funktion, der Steuerung des Stellfluids für die Verstelleinrichtung, 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.

**[0012]** Nach der Erfindung ist der Entlastungsanschluss unter Umgehung des Reservoirs mit dem Saugbereich der Pumpe verbunden. Durch den Entlastungsanschluss vom Steuerventil abströmendes Stellfluid wird in einem Entlastungskanal stromab des Reservoirs in den Fluidförderkreis der Pumpe zurückgeführt. Das durch den Entlastungsanschluss vom Steuerventil 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 Steuerventil steht nach der Erfindung über den Entlastungsanschluss nicht in Fluidverbindung mit dem Reservoir. Über den Entlastungsanschluss strömt vom Reservoir kein Fluid in den Ventilraum des Steuerventils, und insbesondere strömt vom Steuerventil kein Fluid über den Entlastungsanschluss zum Reservoir.

**[0013]** 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.

**[0014]** 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 Steuerventil 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 Steuerventils 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 Steuerventil zurückwirken kann. Auch dies wird durch die Erfindung verhindert. Sind das Steuerventil im oder am Pumpengehäuse angeordnet und der Entlastungskanal vom Steuerventil bis in den Saugbereich durch das Pumpengehäuse und/oder am Pumpengehäuse geführt, kann die Pumpe mitsamt Steuerventil als Montageeinheit einfacher montiert und die Gefahr von Montagefehlern verringert werden, da der Entlastungsanschluss nicht extra mit dem Förderkreis verbunden werden muss.

**[0015]** Das Steuerventil 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 Steuerventil jedoch integraler Bestandteil der Pumpe, indem das Pumpengehäuse auch ein Gehäuse für das Steuerventil bildet. Das Pumpengehäuse kann insbesondere den Ventilraum für den Steuerkolben bilden. Das Pumpengehäuse kann bei integriertem oder am Pumpengehäuse angeordnetem Steuerventil den Druckanschluss, den Arbeitsanschluss und den Entlastungsanschluss des Steuerventils bilden. Der Entlastungskanal kann sich am Pumpengehäuse und/oder im Pumpengehäuse erstrecken, so dass bei integriertem oder am Pumpengehäuse befestigtem Steuerventil keine zusätzliche Verbindung für die Druckentlastung hergestellt werden muss. Die Pumpe kann einschließlich des Steuerventils eine Montageeinheit bilden, so dass mit der Montage des Pumpengehäuses im

Fluidförderkreis automatisch auch das Steuerventil zumindest mechanisch montiert ist. In Bezug auf die Montage im Förderkreis ist ferner von Vorteil, wenn die Verbindungen für die drei genannten Anschlüsse des Steuerventils 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 Hochdruckseite stromabwärts vom Pumpengehäuse abgezweigt wird, ist die Abzweigung vorzugsweise stromabwärts von einem Filter zur Reinigung des Fluids angeordnet, um dem Steuerventil gereinigtes Stellfluid zuzuführen.

**[0016]** Obgleich die auf den Steuerkolben wirkende Steuerkraft oder eine Kraftkomponente der Steuerkraft elektromagnetisch erzeugt werden könnte, werden Ausführungen bevorzugt, in denen die Steuerkraft ausschließlich fluidisch, d.h. mit einem auf den Steuerkolben wirkenden Steuerfluid erzeugt wird. Ist das Steuerventil integraler Bestandteil des Pumpengehäuses oder unmittelbar am Pumpengehäuse angeordnet, ist es von Vorteil, wenn das Steuerventil nicht zur Erzeugung der Steuerkraft mit elektrischer Energie und/oder Signalen versorgt werden muss, da elektrische Leitungen in Umgebungen, in denen die Pumpe in vielen Anwendungsfällen angeordnet wird, beispielsweise als Schmierölpumpe an einer Brennkraftmaschine, störanfällig sind. Eine Verbindungsleitung für ein Steuerfluid ist demgegenüber weniger problematisch.

**[0017]** Das Steuerfluid 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. Grundsätzlich kann das Steuerfluid jedoch an der Hochdruckseite noch innerhalb des Pumpengehäuses abgezweigt werden.

**[0018]** Die Zusatzsteuereinrichtung umfasst in bevorzugten Ausführungen ein Modulierventil, das in einer Nebenstromleitung angeordnet ist, die an der Hochdruckseite der Pumpe vom Hauptstrom abzweigt, um das abgezweigte Hochdruckfluid als Steuerfluid zur Steuerkammer führen zu können. Das Modulierventil ist vorzugsweise ein Elektromagnetventil mit einem Signalanschluss für eine Verbindung mit einer externen Steuerung, beispielsweise einer Motorsteuerung. Mittels des Modulierventils kann der in der Steuerkammer herrschende Druck des Steuerfluids moduliert werden. Zur Druckmodulation kann das Modulierventil ein Mehrwegeventil mit diskreten Schaltstellungen oder ein Proportionalventil sein.

**[0019]** In bevorzugten Ausführungen umfasst das Steuerventil eine erste Steuerkammer und eine zweite Steuerkammer, und der Steuerkolben umfasst eine erste Kolbenfläche, die in der ersten Steuerkammer mit einem ersten Steuerfluiddruck beaufschlagbar ist, und eine zweite Kolbenfläche, die in der zweiten Steuerkammer mit einem zweiten Steuerfluiddruck beaufschlagbar ist. Das Steuerfluid für die jeweilige Steuerkammer kann jeweils von der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigtes Fluid sein, wobei das Steuerfluid für die erste Steuerkammer an der gleichen oder an einer anderen Stelle wie das Steuerfluid für die zweite Steuerkammer abgezweigt werden kann. Die Beaufschlagung mit Steuerfluid kann insbesondere so gestaltet sein, dass die erste Steuerkammer mittels einer einfachen Nebenstromleitung mit dem Hauptstrom auf der Hochdruckseite der Pumpe verbunden ist, während in der Nebenstromleitung zur zweiten Steuerkammer das genannte Modulierventil angeordnet ist. Kann das Modulierventil den Druck des Steuerfluids in der zweiten Steuerkammer zwischen einem niederen Druck, beispielsweise dem Umgebungsdruck oder dem Druck im Saugbereich des Pumpengehäuses, und einem höheren Druck modulieren, beispielsweise einem Druck auf der Hochdruckseite der Pumpe, kann die auf den Steuerkolben der Spannkraft entgegenwirkende Steuerkraft zwischen zwei Werten gesteuert verändert werden, wodurch über das auf die Verstelleinrichtung wirkende Stellfluid die Förderkennlinie der Pumpe entsprechend moduliert werden kann.

**[0020]** Bei der Pumpe handelt es sich in bevorzugten Ausführungen um eine Verdrängerpumpe. Bei Verdrängerpumpen steigt das Fördervolumen proportional zur Fördergeschwindigkeit des Förderglieds, 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 Drehachse drehbaren Förderglieds. 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 und Kühlmittelpumpen, 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 An-

triebsmotors. Auf derartige Anwendungen ist die Erfindung insbesondere gerichtet.

**[0021]** 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 betrifft die Erfindung aber auch im Fördervolumen verstellbare Innenzahnradpumpen und Pendelschieberpumpen und grundsätzlich auch andere, im Fördervolumen verstellbare Pumpenbauarten. Ferner betrifft die Erfindung Strömungsmaschinen, wie etwa die im Falle von Kühlmittelpumpen üblicherweise verwendete Radialströmungsmaschinen. Ein Beispiel für eine im Fördervolumen verstellbare Strömungsmaschine mit einem Radialförderrad und einer Verstelleinrichtung mit einem Spaltringschieber wird in der US 2012/0204818 A1 beschrieben, die diesbezüglich in Bezug genommen wird.

**[0022]** Die Verstelleinrichtung kann insbesondere ein Verstellorgan umfassen, das mit dem Förderglied oder bei Pumpen mit mehreren Fördergliedern mit wenigstens einem der mehreren Förderglieder zur Verstellung des Fördervolumens zusammenwirkt. Ist die Pumpe als Flügelzellenpumpe mit einem in der Förderkammer drehbaren Förderglied ausgeführt, kann das Verstellorgan insbesondere ein das Förderglied umgebender Verstellring sein, der im Pumpengehäuse linearbeweglich oder schwenkbeweglich angeordnet ist, so dass bei einer Verstellbewegung des Verstellorgans die Exzentrizität zwischen der Rotationsachse des Förderglieds 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 Förderglieder auf, die am Außenumfang verzahnt sind, sogenannte Außenzahnräder. Die Außenzahnräder stehen miteinander im Zahnengriff. Zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens ist eines der Außenzahnräder relativ zum anderen 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 Verstell-

einrichtung. Verstelleinrichtungen, die in Kombination mit Radialförderrädern zum Einsatz kommen können, werden beispielsweise in der genannten US 2012/0204818 A1 beschrieben. Nach Diskussion verschiedener Arten von Verstelleinrichtungen wird in dieser Druckschrift insbesondere eine Verstelleinrichtung beschrieben, die als Verstellorgan einen Spaltringschieber umfasst, der das Radialförderrad umgibt.

**[0023]** Die Erfindung ist auf die vorstehend erläuterten Verstelleinrichtungen jedoch nicht beschränkt. Die Verstelleinrichtung kann beispielsweise auch ein Getriebe umfassen, mittels dem die Pumpe angetrieben wird. In derartigen Ausführungen kann das Fördervolumen der Pumpe durch Verstellung des Übersetzungs- oder Untersetzungsverhältnisses des Getriebes verstellt werden.

**[0024]** Vorteilhafte Merkmale der Erfindung werden auch in den Unteransprüchen und in den Kombinationen der Unteransprüche beschrieben.

**[0025]** Auch in den nachstehend formulierten Aspekten werden Merkmale der Erfindung beschrieben. Die Aspekte sind in der Art von Ansprüchen formuliert und können diese ersetzen. In den Aspekten offenbarte Merkmale können die Ansprüche ferner ergänzen und/oder relativieren, Alternativen zu einzelnen Merkmalen aufzeigen und/oder Anspruchsmerkmale erweitern. In Klammern gesetzte Bezugszeichen beziehen sich nachfolgend in Figuren illustrierte Ausführungsbeispiele der Erfindung. Sie schränken die in den Aspekten beschriebenen Merkmale nicht unter den Wortsinn als solchen ein, zeigen andererseits jedoch bevorzugte Möglichkeiten der Verwirklichung des jeweiligen Merkmals auf.

Aspekt 1#. Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen, die Pumpe umfassend:

- (a) ein Pumpengehäuse (1, 2) mit einem Pumpenanschluss (3) zur Verbindung der Pumpe (100) mit einem Reservoir (98) eines zu fördernden Fluids, einer Förderkammer (5), die auf einer Niederdruckseite der Pumpe einen Förderkammereinlass (6) und auf einer Hochdruckseite der Pumpe einen Förderkammerauslass (7) für ein Fluid aufweist, und einem vom Pumpenanschluss (3) auf der Niederdruckseite bis wenigstens zum Förderkammereinlass (6) erstreckten Saugbereich (4),
- (b) ein in der Förderkammer (5) bewegliches Förderglied (10) zur Förderung des Fluids von der Niederdruckseite zur Hochdruckseite, vorzugsweise ein in der Förderkammer (5) um eine Drehachse (R) drehbarer Förderrotor (10),
- (c) eine Verstelleinrichtung (20, 25, K) zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe
- (d) ein Steuerventil (30) umfassend:
  - (d1) einen Druckanschluss (P) für ein vom Fluid der Hochdruckseite abgezweigtes Stellfluid,

(d2) einen mit der Verstelleinrichtung (20) verbundenen Arbeitsanschluss (A) für das Stellfluid,  
 (d3) einen Entlastungsanschluss (S) für das Stellfluid,

(d4) einen Ventilraum (31) und einen Steuerkolben (32), der im Ventilraum (31) zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich ist,

(d5) und eine Spanneinrichtung (33) zur Erzeugung einer in Richtung auf eine der Kolbenpositionen auf den Steuerkolben (32) wirkenden Spannkraft,

(e) und eine Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) zur Erzeugung einer auf den Steuerkolben (32) der Spannkraft der Spanneinrichtung (33) entgegen wirkenden Steuerkraft,

(f) wobei das Steuerventil (30)

(f1) bei in der ersten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben (32) den Arbeitsanschluss (A) mit dem Druckanschluss (P) verbindet und

(f2) bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben (32) den Arbeitsanschluss (A) vom Druckanschluss (P) trennt und mit dem Entlastungsanschluss (S) verbindet,

(g) und wobei der Entlastungsanschluss (S) unter Umgehung des Reservoirs (100) mit dem Saugbereich (4) verbunden ist.

Aspekt 2#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei der Entlastungsanschluss (S) mittels eines Entlastungskanals (35; 39) mit dem Saugbereich (4) verbunden ist und der Entlastungskanal (35; 39) am Pumpenanschluss (3) oder stromab vom Pumpenanschluss (3) in den Saugbereich (4) mündet.

Aspekt 3#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei der Entlastungsanschluss (S) mittels eines Entlastungskanals (35; 39), der sich im und/oder am Pumpengehäuse (1, 2) erstreckt, stromab vom Pumpenanschluss (3) mit dem Saugbereich (4) verbunden ist.

Aspekt 4#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das Steuerventil (30) im oder am Pumpengehäuse (1, 2) angeordnet ist und sich der Entlastungskanal (35; 39) vom Entlastungsanschluss (S) bis in den Saugbereich (4) im und/oder am Pumpengehäuse (1, 2) erstreckt.

Aspekt 5#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Pumpengehäuse (1, 2) eine die Förderkammer (5) umgebende Gehäusestruktur (1) und einen mit der Gehäusestruktur (1) verbundenen Gehäusedeckel (2) umfasst, der Gehäusedeckel (2) mit der Gehäusestruktur (1) einen um die Förderkammer (5) erstreckten Fügspalt (1a, 2a) bildet und der Entlastungsanschluss (S) mittels eines Entlastungskanals (35; 39), der sich im und/oder am Gehäusedeckel (2) und/oder im Fügspalt (1a, 2a) erstreckt, mit dem Saugbereich (4) verbunden ist.

Aspekt 6#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei der Entlastungsanschluss (S) im Ge-

häusedeckel (2) oder im Fügspalt (1a, 2a) gebildet ist.

Aspekt 7#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei

– das Pumpengehäuse (1, 2) eine die Förderkammer (5) umgebende Gehäusestruktur (1) und einen mit der Gehäusestruktur (1) verbundenen Gehäusedeckel (2) umfasst,

– der Gehäusedeckel (2) mit der Gehäusestruktur (1) einen um die Förderkammer (5) erstreckten Fügspalt (1a, 2a) bildet,

– der Ventilraum (31) des Steuerventils (30) in Bewegungsrichtung des Steuerkolbens (32) bis in oder durch den Fügspalt (1a, 2a) erstreckt ist und

– der Gehäusedeckel (2) den Ventilraum (31) verschließt.

Aspekt 8#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei der Ventilraum (31) eine Spannkammer (34) für die Spanneinrichtung (33) umfasst und der Entlastungsanschluss (S) in die Spannkammer (34) mündet.

Aspekt 9#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Spannkraft in Richtung auf die zweite Kolbenposition auf den Steuerkolben (32) wirkt.

Aspekt 10#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Steuerventil (30) außerhalb des Saugbereichs (4) angeordnet ist.

Aspekt 11#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Pumpe (100) in einem Förderkreis angeordnet ist, der auf der Niederdruckseite das mit dem Pumpenanschluss (3) verbundene Reservoir (98) und auf der Hochdruckseite wenigstens ein von der Pumpe (100) mit dem Fluid zu versorgendes Aggregat (M) umfasst.

Aspekt 12#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei auf der Hochdruckseite der Pumpe (100) in einem von der Pumpe (100) zu dem wenigstens einen Aggregat (M) führenden Hauptstrom (101) ein Filter zur Reinigung des im Hauptstrom (101) geführten Fluids angeordnet ist und das Stellfluid auf der Hochdruckseite der Pumpe (100) stromabwärts von dem Filter abgezweigt und zum Druckanschluss (P) des Steuerventils (30) geführt wird.

Aspekt 13#. Pumpe nach einem der Aspekte 1 bis 11, wobei das Stellfluid auf der Hochdruckseite im Pumpengehäuse (1, 2) abgezweigt und im und/oder am Pumpengehäuse (1, 2) zum Druckanschluss (P) des Steuerventils (30) geführt wird.

Aspekt 14#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) dafür eingerichtet ist, die Größe der Spannkraft zu modulieren, vorzugsweise in Abhängigkeit vom Bedarf eines von der Pumpe (100) mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats.

Aspekt 15#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) mit einer externen Steuerung, vorzugsweise einer Steuerung eines von der Pumpe

(100) mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats verbunden und dafür eingerichtet ist, die Größe der Spannkraft in Abhängigkeit von Steuer signalen der externen Steuerung zu modulieren.

Aspekt 16#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die externe Steuerung eine Motorsteuerung, vorzugsweise Kennlinien- oder Kennfeldsteuerung, eines Antriebsmotors für ein Kraftfahrzeug ist.

Aspekt 17#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Steuerventil (30) eine Steuerkammer (37) mit einem Einlass (Y) für ein Steuerfluid zur Erzeugung der Steuerkraft durch einen in der Steuerkammer (36) auf den Steuerkolben (32) wirkenden Steuerfluiddruck umfasst.

Aspekt 18#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) ein in einem Strömungsweg des Steuerfluids angeordnetes Modulierventil (40) zur Änderung des in der Steuerkammer (37) wirkenden Steuerfluiddrucks umfasst, wobei das Steuerfluid vorzugsweise von dem von der Pumpe (100) geförderten Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt wird.

Aspekt 19#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei

- der Steuerkolben (32) eine erste Kolbenfläche und eine zweite Kolbenfläche aufweist,
- das Steuerventil (30) eine erste Steuerkammer (36) zur Erzeugung eines auf die erste Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden ersten Steuerfluiddrucks und eine zweite Steuerkammer (37) zur Erzeugung eines auf die zweite Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden zweiten Steuerfluiddrucks umfasst

– und die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) ein Modulierventil (40) zur Änderung des ersten Steuerfluiddrucks und/oder des zweiten Steuerfluiddrucks umfasst,

Aspekt 20#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei

- der Steuerkolben (32) eine erste Kolbenfläche und eine zweite Kolbenfläche aufweist,
- das Steuerventil (30)

eine erste Steuerkammer (36) mit einem ersten Steueranschluss (X) für ein Steuerfluid zur Erzeugung einer ersten Steuerkraft durch einen in der ersten Steuerkammer (36) auf die erste Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden ersten Steuerfluiddruck und

eine zweite Steuerkammer (37) mit einem zweiten Steueranschluss (Y) für ein Steuerfluid zur Erzeugung einer zweiten Steuerkraft durch einen in der zweiten Steuerkammer (37) auf die zweite Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden zweiten Steuerfluiddruck umfasst,

– und die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) ein Modulierventil (40) zur Änderung des ersten Steuerfluiddrucks und/oder des zweiten Steuerfluiddrucks umfasst,

Aspekt 21#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das erste Steuerfluid und/oder das zweite Steuerfluid von dem von der Pumpe (100) geförderten Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt wird.

Aspekt 22#. Pumpe nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei das erste Steuerfluid, vorzugsweise auch das zweite Steuerfluid, von dem von der Pumpe (100) geförderten Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt wird, das erste Steuerfluid unmoduliert der ersten Steuerkammer (36) zugeführt wird und das Modulierventil (40) in einem Strömungsweg des zweiten Steuerfluids angeordnet ist, um den zweiten Steuerfluiddruck modulieren zu können.

Aspekt 23#. Pumpe nach einem der Aspekte 18 bis 22, wobei das Modulierventil (40) ein Mehrwege-Elektromagnetventil ist.

Aspekt 24#. Pumpe nach einem der Aspekte 18 bis 23, wobei das Modulierventil (40) separat vom Pumpengehäuse (1, 2) ausgeführt und in einem Förderkreis der Pumpe (100) separat vom Pumpengehäuse (1, 2) angeordnet ist.

Aspekt 25#. Pumpe nach einem der Aspekte 17 bis 24, wobei das Steuerfluid auf der Hochdruckseite stromabwärts von einem Filter zur Reinigung des Fluids abgezweigt wird.

Aspekt 26#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Verstelleinrichtung (20, 25, K) ein dem Förderglied (20) zugeordnetes Verstellorgan (20) und eine Stelldruckkammer (K) umfasst, die Stelldruckkammer (K) mit dem Arbeitsanschluss (A) des Steuerventils (30) verbunden ist, das Verstellorgan (20) in der Stelldruckkammer (K) in eine Stellrichtung seiner Bewegbarkeit mit dem Stellfluid beaufschlagbar ist, und die Verstelleinrichtung (20, 25, K) ferner eine Feder einrichtung (25) umfasst, die auf das Verstellorgan (20) eine dem Druck des Stellfluids entgegen wirkende Federkraft ausübt.

Aspekt 27#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei

- die Pumpe (100) eine Rotationspumpe und das Förderglied (10) ein in der Förderkammer (5) um eine Rotationsachse ( $R_{10}$ ) drehbarer Förderrotor (10) ist

– die Verstelleinrichtung (20, 25, K)

ein den Förderrotor (10) umgebendes oder an einer Stirnseite des Förderrotors (10) angeordnetes Verstellorgan (20), das für die Verstellung des Förder volumens in dem Pumpengehäuse (1, 2) hin und her bewegbar ist,

und eine Stelldruckkammer (K) umfasst, die mit dem Arbeitsanschluss (A) des Steuerventils (30) verbunden ist,

– und das Verstellorgan (20) in der Stelldruckkammer (K) in eine Stellrichtung seiner Bewegbarkeit mit dem Stellfluid beaufschlagbar ist.

Aspekt 28#. Pumpe nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Pumpe (100) eine Verdränger-

pumpe, vorzugsweise eine Flügelpumpe, Innenzahnradpumpe, Pendelschieberpumpe oder Außenzahnradpumpe ist.

Aspekt 29#. Pumpe nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei das Verstellorgan (20) den Förderrotor (10) umgibt und zur Ausübung der Stellbewegung relativ zum Förderrotor (10) schwenkbar oder translatorisch quer oder translatorisch parallel zur Rotationsachse ( $R_{10}$ ) des Förderrotors (10) bewegbar ist, wobei das Verstellorgan mit dem Förderrotor (10) vorzugsweise Förderzellen bildet, in denen das Fluid durch Rotation des Förderrotors (10) vom Förderkammereinlass (6) zum Förderkammerauslass (7) förderbar ist.

Aspekt 30#. Pumpe nach einem der Aspekte 1 bis 27 oder 29, wobei die Pumpe eine Strömungsmaschine, das Förderglied ein Radialförderrad und das Verstellorgan ein das Radialförderrad umgebender, axial beweglicher Spaltringschieber ist und wobei die Stelldruckkammer an einer Stirnseite des Spaltringschiebers angeordnet ist.

Aspekt 31#. Pumpe nach Aspekt 26 oder 27, vorzugsweise Außenzahnradpumpe, wobei die Pumpe einen mit dem Förderrotor in einem Fördereingriff befindlichen, zum Förderrotor außenachsig angeordneten weiteren Förderrotor umfasst, das Verstellorgan ein an der Stirnseite des Förderrotors (10) angeordneter Stellkolben ist, die Verstelleinrichtung einen an der anderen Stirnseite des Förderrotors angeordneten weiteren Stellkolben aufweist, der Förderrotor zwischen den Stellkolben relativ zum weiteren Förderrotor drehbar gelagert ist, die Stellkolben gemeinsam mit dem Förderrotor relativ zum weiteren Förderrotor axial translatorisch bewegbar sind, so dass eine axiale Eingriffslänge des Fördereingriffs verstellt werden kann, und an einer vom Förderrotor abgewandten Stirnseite des Verstellorgans die Stelldruckkammer gebildet ist.

Aspekt 32#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Pumpe in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit eines von der Pumpe mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats angetrieben wird, vorzugsweise in fester Drehzahlbeziehung von dem Aggregat angetrieben wird.

Aspekt 33#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Fluid ein Schmieröl und die Pumpe eine Schmierölpumpe in einem Schmierölförderkreis einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs, ist und der Versorgung der Brennkraftmaschine mit dem Schmieröl dient.

Aspekt 34#. Pumpe nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Fluid als Arbeitsfluid dient und die Pumpe ein Getriebe, wie etwa ein Automatikgetriebe, vorzugsweise eines Fahrzeugs, mit dem Arbeitsfluid versorgt.

Aspekt 35#. Pumpe nach einem der Aspekte 1 bis 32, wobei das Fluid als Kühlmittel dient und

die Pumpe eine Kühlmittelpumpe im Kühlmittelkreis einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs, ist und die Brennkraftmaschine mit dem Kühlmittel versorgt.

**[0026]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert. An den Ausführungsbeispielen offenbar werdende Merkmale bilden jeweils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und die vorstehend erläuterten Ausgestaltungen und auch der Aspekte vorteilhaft weiter. Es zeigen:

**[0027]** Fig. 1 eine im Fördervolumen verstellbare Pumpe mit einem Steuerventil und einem Entlastungskanal eines ersten Ausführungsbeispiels in isometrischer Darstellung,

**[0028]** Fig. 2 die Pumpe in einer Draufsicht,

**[0029]** Fig. 3 einen die Pumpe umfassenden Förderkreis in schematischer Darstellung,

**[0030]** Fig. 4 das Steuerventil in einem Längsschnitt,

**[0031]** Fig. 5 einen das Steuerventil umfassenden Pumpenbereich in einer Draufsicht und

**[0032]** Fig. 6 die Pumpe mit dem Steuerventil und einem Entlastungskanal eines zweiten Ausführungsbeispiels.

**[0033]** Fig. 1 zeigt eine Pumpe, beispielhaft in Flügelpumpenbauart. Die Pumpe umfasst ein Pumpengehäuse mit einer Gehäusestruktur 1 und einem Deckel 2. Die Gehäusestruktur 1 nimmt Komponenten der Pumpe auf und/oder lagert Komponenten der Pumpe beweglich. Die Gehäusestruktur 1 ist an einer axialen Stirnseite offen, wodurch die Anordnung von Komponenten der Pumpe in oder an der Gehäusestruktur 1 erleichtert wird. Der Deckel 2 ist an der Gehäusestruktur 1 montierbar und verschließt im montierten Zustand an der betreffenden Stirnseite die Gehäusestruktur 1. Die Gehäusestruktur 1 und der Deckel 2 weisen einander axial zugewandte Fügeflächen 1a und 2a auf, die bei Befestigung des Deckels 2 an der Gehäusestruktur 1 axial gegeneinander gedrückt werden, so dass ein Innenraum des Pumpengehäuses 1, 2 umlaufend abgedichtet wird.

**[0034]** In Fig. 2 ist die Pumpe in einer Draufsicht auf die offene Gehäusestruktur 1 dargestellt. Der Deckel 1 ist abgenommen, so dass Funktionskomponenten der Pumpe erkennbar sind.

**[0035]** Die Gehäusestruktur 1 umgibt eine Förderkammer 5, in der ein Förderglied 10 um eine Drehachse  $R_{10}$  drehbar angeordnet ist. Die Gehäusestruktur 1 weist einen als Einlass dienenden Pumpenan-

schluss **3** und einen als Auslass dienenden Pumpenanschluss **8** für ein zu förderndes Fluid, beispielsweise Motorschmieröl, auf. Der Pumpenanschluss **3** dient auf der Niederdruckseite dem Anschluss der Pumpe an ein Reservoir für das Fluid, und der Pumpenanschluss **8** dient auf der Hochdruckseite dem Anschluss an ein mit dem Fluid zu versorgendes Aggregat. Die Förderkammer **5** umfasst eine Niederdruckseite und eine Hochdruckseite. Bei einem Drehantrieb des Förderglieds **10** in die eingezeichnete Drehrichtung, im Uhrzeigersinn, strömt Fluid durch den Pumpenanschluss **3** in das Pumpengehäuse **1, 2** und im Pumpengehäuse **1, 2** auf der Niederdruckseite durch einen Förderkammereinlass **6** in die Förderkammer **5** und wird unter Erhöhung des Drucks auf der Hochdruckseite der Pumpe durch einen Förderkammerauslass **7** ausgestoßen und über den Pumpenanschluss **8** abgeführt. Im Pumpengehäuse **1, 2** ist auf dessen Niederdruckseite ein Saugbereich **4** gebildet, den das von der Pumpe geförderte Fluid auf seinem Strömungsweg vom Pumpenanschluss **3** zum Förderkammereinlass **6** durchströmt. Aufgrund der Bauart der Pumpe **100** erstreckt sich der Saugbereich **4** bis in die Förderkammer **5** und umfasst auch noch den Bereich der Förderkammer **5**, in dem sich die Förderzellen bei Drehung des Förderglieds **10** vergrößern. An den Saugbereich **4** schließt sich auf dem Weg der Strömung ein Hochdruckbereich des Pumpengehäuses **1, 2** 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 **7** bis einschließlich zum Pumpenanschluss **8** reicht.

**[0036]** Das Förderglied **10** ist ein Förderrotor, im Beispiel ein Flügelrad, mit einer bezüglich der Drehachse  $R_{10}$  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.

**[0037]** Das Förderglied **10** wird an seinem äußeren Umfang von einem Verstellorgan **20** umgeben, das beispielhaft als Verstellring geformt ist. Beim Drehantrieb des Förderglieds **10** gleiten dessen Flügel **12** über eine Innenumfangsfläche des Verstellorgans **20**. Die Drehachse  $R_{10}$  des Förderglieds **10** ist zu einer parallelen, in Bezug auf die Innenumfangsfläche zentralen Achse des Verstellorgans **20** exzentrisch angeordnet, so dass vom Förderglied **10** und dem Verstellorgan **20** gebildete Förderzellen sich bei Drehung des Förderglieds **10** auf der Niederdruckseite der Förderkammer **5** in Drehrichtung vergrößern und auf der Hochdruckseite wieder verkleinern. Aufgrund dieser mit der Drehzahl des Förderglieds **10** periodischen Vergrößerung und Verkleinerung der Förderzellen wird das Fluid von der Niederdruckseite zur Hochdruckseite und dort mit erhöhtem Druck durch

den Förderkammerauslass **7** und dann durch den Pumpenanschluss **8** gefördert.

**[0038]** Das pro Umdrehung des Förderglieds **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 Förderglieds **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.

**[0039]** Das spezifische Fördervolumen hängt von der Exzentrizität, also dem Abstand zwischen der zentralen Achse des Verstellorgans **20** und der Drehachse  $R_{10}$  des Förderglieds **10** ab. Um diesen Achsabstand ändern zu können, ist das Verstellorgan **20** im Pumpengehäuse **1, 2** beweglich angeordnet, beispielhaft um eine Schwenkachse  $R_{20}$  schwenkbar. In Variationen kann ein modifiziertes Stellorgan im Pumpengehäuse **1, 2** auch linear beweglich angeordnet sein. Zur Verstellung des spezifischen Fördervolumens bzw. der Exzentrizität wird eine Beweglichkeit quer zur Drehachse  $R_{10}$  des Förderglieds **10** bevorzugt. Grundsätzlich wäre auch eine axiale Verstellbarkeit denkbar, durch die eine axiale Weite der Förderzellen verstellt werden kann.

**[0040]** Ein Schwenklagerbereich des Verstellorgans **20** ist mit **21** bezeichnet. Die Schwenklagerung ist als Gleitlager ausgeführt, indem die Stellstruktur **20** in ihrem Schwenklagerbereich **21** mit einer Gegenfläche des Gehäuses **1** direkt in Gleitkontakt steht.

**[0041]** Für die Verstellung in eine Stellrichtung, im Ausführungsbeispiel Schwenkrichtung, wird das Verstellorgan **20** mit einem in eine Stellrichtung wirkenden Stellfluiddruck beaufschlagt. Diesem Stelldruck wirkt in die Gegenstellrichtung eine Rückstellkraft entgegen. Die Rückstellkraft wird von einer Federanordnung mit einem oder mehreren mechanischen Federgliedern, im Ausführungsbeispiel einem einzigen Federglied **25** erzeugt. Das Federglied **25** 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 Drehachse  $R_{10}$  des Förderglieds **10** gesehen gegenüberliegenden Seite einen funktional als Verstellkolben wirkenden Verstellorgan-Einwirkbereich **22** auf, der mit einem ringförmigen Teil des Verstellorgans **20** in einem Stück geformt ist. Zur einen Seite des Verstellorgan-Einwirkbereichs **22** ist im Pumpengehäuse **1, 2** eine Stelldruckkammer **K** gebildet, in die das Stellfluid einleitbar ist, um auf den Verstellorgan-Einwirkbereich **22** und über diesen auf das Verstellorgan **20** eine in die Stellrichtung wirkende Stellkraft auszuüben. Die

Rückstellkraft wirkt beispielhaft ebenfalls unmittelbar auf den Verstellorgan-Einwirkbereich **22**.

**[0042]** Die Stelldruckkammer K wird mit dem von der Pumpe geförderten Stellfluid gespeist, um das Verstellorgan **20** gegen die Kraft des Federglieds **25** in die Stellrichtung mit dem Stellfluidruck zu beaufschlagen. Die Stellrichtung ist so gewählt, dass sich die Exzentrizität zwischen Förderglied **10** und Verstellorgan **20** und dadurch das spezifische Fördervolumen der Pumpe verkleinert, wenn sich das Verstellorgan **20** in die Stellrichtung bewegt.

**[0043]** Das Verstellorgan **20** bildet mit dem Gehäuse **1** einen Dichtspalt, der die Steuerdruckkammer K in Stellrichtung 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.

**[0044]** In Bezug auf die Steuerung oder Regelung des Fördervolumens durch die erläuterte Beaufschlagung mit dem Steuerfluidruck wird auf die DE 10 2011 086 175 B3 verwiesen, die diesbezüglich und auch zu weiteren Details der Funktionsweise der Pumpe des Ausführungsbeispiels in Bezug genommen wird.

**[0045]** Die Pumpe umfasst ein Steuerventil **30** zur Beeinflussung des in der Stelldruckkammer K herrschenden Stelldrucks. Das Steuerventil **30** ist integraler Bestandteil der Pumpe **100**, indem das Pumpengehäuse **1, 2** auch das Gehäuse des Steuerventils **30** bildet. Die Pumpe **100** kann einschließlich des Steuerventils **30** als Einheit montiert werden. Die Förder- und Verstellkomponenten, wie insbesondere das Förderglied **10** und das Verstellorgan **20**, und das Steuerventil **30** sind mittels des gemeinsamen Pumpengehäuses **1, 2** zu einer Montageeinheit zusammengefasst.

**[0046]** Ein Entlastungskanal **35** verbindet das Steuerventil **30** direkt mit dem Saugbereich **4**. Der Entlastungskanal **35** erstreckt sich im Pumpengehäuse **1, 2** unmittelbar vom Steuerventil **30** bis unmittelbar zum Saugbereich **4**. Er mündet an einem Ende in einen vom Pumpengehäuse **1, 2** gebildeten Ventilraum **31** des Steuerventils **30** und am anderen Ende in den Saugbereich **4**. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Entlastungskanal **35** in der Fügefläche **1a** der Gehäusestruktur **1** geformt und der Deckel **2** deckt im montierten Zustand den Entlastungskanal **35** fluiddicht ab.

**[0047]** In Fig. 3 ist ein die Pumpe **100** enthaltender Fluidförderkreis schematisch dargestellt. Die Pumpe **100** fördert Fluid aus einem Reservoir **98** zu einem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat M, beispielsweise Schmieröl zu einem das Aggregat

M bildenden Verbrennungsmotor zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs. Nach Durchströmen des Aggregats M strömt das Fluid im Druck entlastet zurück in das Reservoir **98**. Auf der Niederdruckseite fördert die Pumpe **100** das Fluid vom Reservoir **98** durch eine Zuführleitung **99**, den Pumpenanschluss **3** und den Saugbereich **4** des Pumpengehäuses **1, 2** in die Förderkammer **5** (Fig. 2), aus der es mit erhöhtem Druck ausgestoßen wird. Auf der Hochdruckseite wird ein von der Pumpe **100** geförderter Hauptstrom **101** zum Aggregat M gefördert. Vom Hauptstrom **101** wird ein kleinerer Teil abgezweigt und als Stellfluid zu einem Druckanschluss P des Steuerventils **30** geführt. Der Druckanschluss P ist entsprechend über eine Nebenstromleitung mit dem Hauptstrom **101** verbunden. Das Steuerventil **30** ist über einen Arbeitsanschluss A mit der Verstelleinrichtung der Pumpe **100** verbunden. Die Verstelleinrichtung umfasst die Stelldruckkammer K (Fig. 2) und das schematisch angedeutete Verstellorgan **20**. Die Verstelleinrichtung kann eine weitere Stelldruckkammer, gegebenenfalls auch mehrere weitere Stelldruckkammern umfassen, in der oder denen das Stellfluid oder ein anderes Stellfluid auf das Verstellorgan **20** wirkt. Das Verstellorgan **20** steht in Fig. 3 stellvertretend für die anderen Komponenten der Verstelleinrichtung, wie etwa die Stelldruckkammer K, das Förderglied **25** und optional eine oder mehrere weitere Stelldruckkammern.

**[0048]** Das Steuerventil **30** weist ferner einen Entlastungsanschluss S für das Stellfluid auf. Der Entlastungsanschluss S ist über den Entlastungskanal **35** direkt mit dem Saugbereich **4** verbunden. Das Reservoir **98** wird umgangen. Durch den Entlastungsanschluss S strömt kein Fluid zum Reservoir **98**, und es strömt auch kein Fluid vom Reservoir **98** durch den Entlastungsanschluss S zum Steuerventil **30**. Zwischen dem Entlastungsanschluss S und dem Reservoir **98** besteht daher keine Fluidverbindung. Das unter Druck stehende Stellfluid wird über den Entlastungsanschluss S energieeffizient in den Saugbereich **4** zurückgeführt. Die Pumpe **100** muss zur Druckentlastung des Verstellorgans **20** zurückgeführtes Stellfluid nicht erst wieder vom Reservoir **98** ansaugen. Das auf kurzem Wege zurückgeführte Stellfluid weist einen höheren Druck als das im Reservoir befindliche Fluid auf und enthält weniger Luft. Beides trägt zur Verbesserung des Wirkungsgrads der Pumpe **100** bei.

**[0049]** Das Steuerventil **30** umfasst einen Ventilraum **31**, den wie bereits erwähnt das Pumpengehäuse **1, 2** bildet, und einen im Ventilraum **31** beweglichen Steuerkolben **32**. Der Steuerkolben **32** ist im Ventilraum **31** zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich. In Fig. 3 nimmt der Steuerkolben **32** eine Zwischenposition zwischen der ersten und der zweiten Kolbenposition ein. In der dargestellten Zwischenposition trennt der Steuerkolben **32** den Druckanschluss

P sowohl vom Arbeitsanschluss A als auch vom Entlastungsanschluss S. Ist der Arbeitsanschluss A mit der Stelldruckkammer K (**Fig. 2**) verbunden, so blockiert das Steuerventil **30** bei in der Zwischenposition befindlichem Steuerkolben **32** die Stelldruckkammer K, so dass der in der Stelldruckkammer K herrschende Stelldruck von unvermeidlichen Leckverlusten abgesehen konstant bleibt.

**[0050]** Bewegt sich der Steuerkolben **32** aus der Zwischenposition in die erste Kolbenposition, in **Fig. 3** nach links, wird der Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A verbunden, so dass das Stellfluid zur Verstelleinrichtung gelangt und das Verstellorgan **20** mit dem Stelldruck, einem Druck der Hochdruckseite der Pumpe **100**, beaufschlagt. Die Verstelleinrichtung ist dabei so ausgelegt, dass eine Erhöhung des Stelldrucks eine Verringerung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe **100** bewirkt.

**[0051]** Bewegt sich der Steuerkolben **32** aus der Zwischenposition in die zweite Kolbenposition, in **Fig. 3** nach rechts, wird der Arbeitsanschluss A zunächst vom Druckanschluss P getrennt und spätestens bei Erreichen der zweiten Kolbenposition mit dem Entlastungsanschluss S und den Entlastungskanal **35** verbunden. Das Stellfluid kann bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben **32** über den Arbeitsanschluss A in den Ventilraum **31** und aus diesem über den Entlastungsanschluss S in den Saugbereich **4** abströmen. Die Stelldruckkammer K (**Fig. 2**) und/oder eine optional andere Stelldruckkammer der Verstelleinrichtung steht in diesem Zustand des Steuerventils **30**, bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben **32**, unter dem vergleichsweise niederen Druck des Saugbereichs **4**, wodurch eine effektive Druckentlastung des Verstellorgans **20** erzielt wird.

**[0052]** Das Steuerventil **30** umfasst eine Spanneinrichtung **33**, die auf den Steuerkolben **32** eine in Richtung auf die zweite Kolbenposition wirkende Spannkraft ausübt. Die Spanneinrichtung **33** ist beispielhaft eine Schraubendruckfeder, die in einer Spannkammer **34** des Ventilraums **31** angeordnet ist und auf eine axiale Stirnseite des Steuerkolbens **32** wirkt. Der Entlastungsanschluss S mündet in die Spannkammer **34**.

**[0053]** Im Ventilraum **31** sind eine erste Steuerdruckkammer **36** mit einem ersten Kammeranschluss X und eine zweite Steuerdruckkammer **37** mit einem zweiten Kammeranschluss Y gebildet. In den Steuerdruckkammern **36** ist der Steuerkolben **32** jeweils mit einem Steuerdruck eines Steuerfluids beaufschlagbar. Das jeweilige Steuerfluid wirkt in der Steuerdruckkammer **36** auf eine erste Kolbenfläche und in der Steuerdruckkammer **37** auf eine zweite Kolbenfläche des im Ausführungsbeispiel als Stufenkolben ausgeführten Steuerkolbens **32**. In Abhängigkeit von

den Steuerdrücken und den Kolbenflächen übt das jeweilige Steuerfluid auf den Steuerkolben **32** in der Steuerdruckkammer **36** eine erste Steuerkraft und in der Steuerdruckkammer **37** eine zweite Steuerkraft aus. Das Steuerventil **30** ist so gestaltet, dass die erste und die zweite Steuerkraft jeweils der Spannkraft der Spanneinrichtung **33** entgegenwirken.

**[0054]** Die Steuerdruckkammer **36** ist an ihrem Kammeranschluss X über eine vom Hauptstrom **101** abzweigende Nebenstromleitung ständig mit dem von der Pumpe **100** geförderten Hauptstrom **101** verbunden. Das von der Pumpe geförderte Fluid kommt somit auch als Steuerfluid zum Einsatz, wobei in der Steuerdruckkammer **36** im Pumpenbetrieb permanent ein Steuerdruck herrscht, der vom Druck der Hochdruckseite der Pumpe **100** abhängt, beispielsweise zumindest im Wesentlichen dem Druck an der Abzweigungsstelle entspricht.

**[0055]** Um die zweite Steuerdruckkammer **37** mit Steuerfluid beaufschlagen zu können, wird auch das Steuerfluid für diese Kammer **37** vom Hauptstrom **101** abgezweigt. Das vom Hauptstrom **101** zur Steuerdruckkammer **37** abgezweigte Steuerfluid wird über eine weitere Nebenstromleitung zum Kammeranschluss Y geführt, allerdings nicht direkt. In dieser Nebenstromleitung ist ein Modulierventil **40** angeordnet. Mittels des Modulierventils **40** kann der Kammeranschluss Y wahlweise mit dem Hauptstrom **101** oder stattdessen über eine Entlastungsleitung **45** mit dem Saugbereich **4** verbunden werden. Das Steuerventil **30** und das Modulierventil **40** sind somit dafür eingerichtet, dass der Steuerkolben **32** der Spannkraft der Spanneinrichtung **33** entgegen permanent in der ersten Steuerdruckkammer **36** mit einem ersten Steuerdruck beaufschlagt wird und mittels des Modulierventils **40** ein ebenfalls der Spannkraft entgegenwirkender zweiter Steuerdruck und somit eine zusätzliche Steuerkraft wahlweise zugeschaltet oder bis auf den Druck des Saugbereichs **4** weggeschaltet werden kann.

**[0056]** Das Modulierventil **40** kann dafür eingerichtet sein, nur zwischen den beiden genannten Schaltzuständen hin und her zu schalten. Es kann auch dafür eingerichtet sein, zwischen den zwei extremen Schaltzuständen einen oder mehrere mittlere Schaltzustände einzunehmen, um die zusätzliche Steuerkraft in mehreren Stufen variieren zu können. Das Modulierventil **40** kann ferner dafür eingerichtet sein, den Steuerdruck in der zweiten Steuerdruckkammer **37** und somit die zusätzliche Steuerkraft kontinuierlich zu verändern.

**[0057]** Mittels des Modulierventils **40** können die in den Steuerdruckkammern **36** und **37** herrschenden Steuerdrücke, bei denen sich ein Gleichgewicht der auf den Steuerkolben **32** wirkenden Kräfte einstellt, zum einen die Spannkraft der Spanneinrich-

tung **33** und zum anderen die vom Steuerfluid erzeugten Steuerkräfte, gezielt moduliert werden. Entsprechend kann der im Kräftegleichgewicht sich einstellende Gleichgewichtsdruck des von der Pumpe **100** geförderten Fluids moduliert und dadurch die Förderkennlinie der Pumpe **100**, der Förderdruck über der Pumpendrehzahl, verändert werden. Insbesondere kann eine Obergrenze für den Förderdruck verstellt, beispielsweise wahlweise auf eines von wenigstens zwei unterschiedlichen Druckniveaus eingestellt werden.

**[0058]** Das Steuerfluid wird zur Druckentlastung der zweiten Steuerdruckkammer **37** unter Umgehung des Reservoirs **98** in einer Rückführleitung **45** zur Pumpe **100** zurückgeleitet, vorzugsweise wie im Ausführungsbeispiel direkt in den Saugbereich **4** des Pumpengehäuses **1, 2**. Die Rückführleitung **45** kann in einer Modifikation ebenfalls unter Umgehung des Reservoirs **98** stattdessen auch zu einer Verbindungsstelle stromabwärts vom Reservoir **98** und stromaufwärts vom Pumpenanschluss **3** zur Niederdruckseite der Pumpe **100** zurückgeführt werden. Für die Rückführung des Steuerfluids unter Umgehung des Reservoirs **98** gelten die zum Stellfluid gemachten Ausführungen entsprechend. Obgleich das Steuerfluid zur Druckentlastung in den bevorzugten Ausführungen unter Umgehung des Reservoirs **98** zurückgeführt wird, sollen konventionelle Anordnungen, in denen das Steuerfluid zur Druckentlastung zum Reservoir **98** zurückgeführt wird, nicht ausgeschlossen werden.

**[0059]** Das Modulierventil **40** ist ein Elektromagnetventil. Es kann ein Proportionalventil sein, mit dem der Steuerdruck in der Steuerdruckkammer **37** kontinuierlich verstellt werden kann. Es kann insbesondere aber auch ein Mehrwege-Schaltventil sein, das zwischen zwei, drei oder gegebenenfalls auch mehr Schaltzuständen umschaltbar ist. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um solch ein Schaltventil, das die Steuerdruckkammer **37** in einem ersten Schaltzustand mit der Hochdruckseite der Pumpe, im Ausführungsbeispiel mit dem Hauptstrom **101**, verbindet und in einem zweiten Schaltzustand von der Hochdruckseite der Pumpe trennt und stattdessen über die Rückführleitung **45** unter Umgehung des Reservoirs **98** mit der Pumpe **100** verbindet. Im ersten Schaltzustand des Modulierventils **40** ist die Steuerdruckkammer **37** daher mit der Hochdruckseite der Pumpe **100** verbunden und im zweiten Schaltzustand mit deren Niederdruckseite. Nimmt das Modulierventil **40** den ersten Schaltzustand ein, wirken die Steuerdrücke in den Steuerdruckkammern **36** und **37** gemeinsam auf den Steuerkolben **32** der Spannkraft der Spanneinrichtung **33** entgegen in Richtung auf die erste Kolbenposition. Nimmt das Modulierventil **40** den zweiten Schaltzustand ein, wirkt praktisch nur noch der Steuerdruck in der ersten Steuerdruckkammer **36** auf den Steuerkolben **32**. Entsprechend höher muss die

ser Steuerdruck sein, um den Steuerkolben **32** gegen die rückstellende Spannkraft der Spanneinrichtung **33** in die erste Kolbenposition zu bewegen, bei deren Einnahme der Druckanschluss P mit dem Arbeitsanschluss A verbunden ist, so dass der Stelldruck des Stellfluids, hier der Druck von der Hochdruckseite der Pumpe **100**, auf das Verstellorgan **20** und somit in Richtung auf eine Verringerung des Förderolumens der Pumpe wirkt.

**[0060]** Das Modulierventil **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 den 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 dem Lastzustand 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 Modulierventil **40** ansteuert, um den Förderdruck der Pumpe **100** zu modulieren, der ausreicht, den Steuerkolben **32** in die erste Kolbenposition zu bewegen.

**[0061]** In Fig. 4 ist das Steuerventil **30** in einem Längsschnitt dargestellt. Erkennbar sind die Anschlüsse A, P und S für das Stellfluid und die Anschlüsse X und Y für das Steuerfluid zusammen mit den im Pumpengehäuse **1, 2** erstreckten Endabschnitten der Zu- und Abführkanäle. Die Form des Steuerkolbens **32** zum Erhalt eines Stufenkolbens mit einer in der Steuerdruckkammer **36** mit dem Steuerfluid beaufschlagten ersten Kolbenfläche und einer in der Steuerdruckkammer **37** beaufschlagten zweiten Kolbenfläche ist ebenfalls erkennbar.

**[0062]** Der Ventilraum **31** ist primär in der Gehäusestruktur **1** geformt, beispielhaft als axiale Sackbohrung. Er ist an einem der beiden Stirnenden des Steuerkolbens **32** in Richtung auf den Deckel **2** offen. Der Deckel **2** verschließt den Ventilraum **31** an dem offenen Ende. In dem vom Deckel **2** verschlossenen Endbereich des Ventilraums **31** ist die Spannkammer **34** gebildet, so dass der Steuerkolben **32** und anschließend die Spanneinrichtung **33** durch die Öffnung in den Ventilraum **31** eingesetzt werden können. Die Spanneinrichtung **33** stützt sich nach Montage des Deckels **2** axial an diesem ab.

**[0063]** Der Entlastungskanal **35** mündet in die Spannkammer **34**, so dass die Spannkammer **34** in jedem Zustand des Steuerventils **30**, d.h. ungeachtet

der Position des Steuerkolbens **32**, mit dem Saugbereich **4** des Pumpengehäuses **1, 2** verbunden ist.

**[0064]** Fig. 5 zeigt die unmittelbare Umgebung des Steuerventils **30** in einer Draufsicht auf die Fügefläche **1a** der Gehäusestruktur **1** in der. Der Deckel **2** ist abgenommen, so dass der Blick in den Ventilraum **31** frei ist. Der Steuerkolben **32** ist eingeschoben, die Spanneinrichtung **33** ist ebenfalls positioniert. Es muss lediglich noch der Deckel **2** an der Gehäusestruktur **1** befestigt werden, um die Pumpe als solche einschließlich des integrierten Steuerventils **30** für die Anordnung in einem Förderkreis zu komplettieren.

**[0065]** Im ersten Ausführungsbeispiel ist der Entlastungskanal **35** vollständig an der Gehäusestruktur **1** geformt. Der Entlastungskanal **35** verläuft in der Fügefläche **1a** als ein in Richtung auf den Deckel **2** offener Kanal, den der Deckel **2** im montierten Zustand dicht abschließt. In einer Modifikation kann der Entlastungskanal **35** stattdessen auch in der Fügefläche **2a** des Deckels **2** geformt sein und dort den gleichen Verlauf wie der im ersten Ausführungsbeispiel an der Gehäusestruktur **1** geformte Entlastungskanal **35** aufweisen. In Fig. 4 ist eine derartige Modifikation angedeutet. In Fig. 4 ist nur ein dem Steuerventil **30** naher Endabschnitt des Entlastungskanals **35** erkennbar. Der Endabschnitt verläuft in der Fügefläche **2a** des Deckels **2** und nicht, wie in den Fig. 2 und Fig. 5 für das erste Ausführungsbeispiel illustriert, in der Fügefläche **1a** der Gehäusestruktur **1**.

**[0066]** Fig. 6 zeigt eine Pumpe **100**, die sich von der vorstehend beschriebenen Pumpe **100** nur dadurch unterscheidet, dass der Entlastungskanal, der den Entlastungsanschluss **S** des Steuerventils **30** mit dem Saugbereich **4** des Pumpengehäuses **1, 2** verbindet, vollständig im Deckel **2** gebildet ist. Während der Entlastungskanal **35** des ersten Ausführungsbeispiels in der Fügefläche **1a** der Gehäusestruktur **1** oder, in der in Fig. 4 angedeuteten Modifikation in der Fügefläche **2a** des Deckels **2** geformt ist und daher letztlich erst beim Fügen von Gehäusestruktur **1** und Deckel **2** fertiggestellt wird, verläuft der Entlastungskanal des zweiten Ausführungsbeispiels, der aufgrund dieses Unterschieds als Entlastungskanal **39** bezeichnet ist, innerhalb des Deckels **2**. Der Entlastungskanal **39** kann insbesondere einen geraden Kanalhauptabschnitt aufweisen, der in einem Endbereich mit dem Steuerventil **30** und in einem anderen Endbereich mit dem Saugbereich **4** überlappt und über kurze, jeweils im Deckel **2** geformte Kanalabschnitte, die vom Kanalhauptabschnitt abzweigen oder abknicken, mit dem Ventilraum **31** des Steuerventils **30** und dem Saugbereich **4** verbunden ist. Ein Vorteil des Entlastungskanals **35** des ersten Ausführungsbeispiels ist die einfache Herstellbarkeit, ein Vorteil des Entlastungskanals **39** des zweiten Ausführungsbeispiels ist die Vereinfachung in Bezug auf

die Abdichtung des Innenraums des Pumpengehäuses **1, 2**.

**[0067]** In den Ausführungsbeispielen ist der Druckanschluss **P** des Steuerventils **30** innerhalb des Pumpengehäuses **1, 2** mit der Hochdruckseite der Pumpe **100** verbunden. Das Stellfluid wird noch im Hochdruckbereich des Pumpengehäuses **1, 2** abgezweigt und zum Druckanschluss **P** geführt. Die Verbindung zwischen dem Arbeitsanschluss **A** und der Stelldruckkammer **K** und/oder einer optional anderen Stelldruckkammer der Verstelleinrichtung verläuft zweckmäßigerweise ebenfalls innerhalb des Pumpengehäuses **1, 2**. Da auch der Entlastungsanschluss **S** über den vollständig im Pumpengehäuse **1, 2** verlaufenden Entlastungskanal **35** oder **39** ebenfalls innerhalb des Pumpengehäuses **1, 2** mit dem Saugbereich **4** verbunden ist, wird ein hinsichtlich des Stellfluids maximaler Grad der Integration zielt. Die Montage der Pumpe wird vereinfacht, weil für das Stellfluid keine zusätzlichen Zuführ- und/oder Abführleitungen vorgesehen und bei Anordnung in einem Förderkreis angeschlossen werden müssen. Andererseits wäre es jedoch denkbar, das Stellfluid stromaufwärts vom Pumpengehäuse **1, 2**, d.h. stromaufwärts vom Pumpenanschluss **8**, vom Hauptstrom **101** (Fig. 3) abzuzweigen. In derartigen Abwandlungen wird das Stellfluid vorteilhafterweise stromaufwärts von einem der Pumpe **100** nachgeordneten Filter und vor einem ersten mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat abgezweigt, um im Filter gereinigtes Fluid zum Steuerventil **30** zu führen.

**[0068]** Das Modulierventil **40** kann vorteilhafterweise losgelöst vom Pumpengehäuse **1, 2** angeordnet sein. Eine vom Pumpengehäuse **1, 2** entfernte Anordnung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Modulierventil **40** als Elektromagnetventil gebildet ist. Zum Modulierventil **40** führende Leitungen zur Stromversorgung und/oder für die Übertragung von Steuersignalen müssen bei einer von der Pumpe **100** entfernten Anordnung des Modulierventils **40** nicht oder weniger aufwändig gegen das von der Pumpe **100** zu fördernde Fluid abgeschirmt werden. Dies erfordert jedoch auf der anderen Seite, dass die Zuführleitungen für das Steuerfluid erst noch an das Pumpengehäuse **1, 2** angeschlossen werden müssen. Da die Strömungsquerschnitte des Modulierventils **40** typischerweise kleiner sind als die Strömungsquerschnitte des Steuerventils **30**, ist es in Bezug auf das Steuerfluid besonders vorteilhaft, wenn es erst nach Reinigung in einem Filter vom Hauptstrom **101** abgezweigt wird, um der Gefahr einer Verstopfung der engen Ventilquerschnitte vorzubeugen.

**[0069]** Mit Blick auf die Fig. 1 und Fig. 6 sei lediglich der Vollständigkeit wegen angemerkt, dass die Pumpe **100** in den Ausführungsbeispielen Bestandteil einer Pumpeneinheit ist, die über die Pumpe **100** hinaus auch noch eine Vakuumpumpe umfasst und die

Pumpe **100** mit der Vakuumpumpe eine Montageeinheit bildet. Für die Erfindung ist dies jedoch ohne Belang.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 3630792 A1 [0003]
- US 2005/0142006 A1 [0003]
- US 5876185 A [0003]
- WO 2008/037070 A1 [0003]
- US 2012/0204818 A1 [0021, 0022]
- DE 102011086175 B3 [0044]

## Patentansprüche

1. Pumpe mit verstellbarem Fördervolumen, die Pumpe umfassend:

(a) ein Pumpengehäuse (1, 2) mit einem Pumpenanschluss (3) zur Verbindung der Pumpe (100) mit einem Reservoir (98) eines zu fördernden Fluids, einer Förderkammer (5), die auf einer Niederdruckseite der Pumpe einen Förderkammereinlass (6) und auf einer Hochdruckseite der Pumpe einen Förderkammerauslass (7) für ein Fluid aufweist, und einem vom Pumpenanschluss (3) auf der Niederdruckseite bis wenigstens zum Förderkammereinlass (6) erstreckten Saugbereich (4),

(b) ein in der Förderkammer (5) bewegliches Förderglied (10) zur Förderung des Fluids von der Niederdruckseite zur Hochdruckseite, vorzugsweise ein in der Förderkammer (5) um eine Drehachse (R) drehbarer Förderrotor (10),

(c) eine Verstelleinrichtung (20, 25, K) zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe

(d) ein außerhalb des Saugbereichs (4) angeordnetes Steuerventil (30) umfassend:

(d1) einen Druckanschluss (P) für ein vom Fluid der Hochdruckseite abgezweigtes Stellfluid,

(d2) einen mit der Verstelleinrichtung (20) verbundenen Arbeitsanschluss (A) für das Stellfluid,

(d3) einen Entlastungsanschluss (S) für das Stellfluid,

(d4) einen Ventilraum (31) und einen Steuerkolben (32), der im Ventilraum (31) zwischen einer ersten Kolbenposition und einer zweiten Kolbenposition hin und her beweglich ist,

(d5) und eine Spanneinrichtung (33) zur Erzeugung einer in Richtung auf eine der Kolbenpositionen auf den Steuerkolben (32) wirkenden Spannkraft,

(e) und eine Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) zur Erzeugung einer auf den Steuerkolben (32) der Spannkraft der Spanneinrichtung (33) entgegen wirkenden Steuerkraft,

(f) wobei das Steuerventil (30)

(f1) bei in der ersten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben (32) den Arbeitsanschluss (A) mit dem Druckanschluss (P) verbindet und

(f2) bei in der zweiten Kolbenposition befindlichem Steuerkolben (32) den Arbeitsanschluss (A) vom Druckanschluss (P) trennt und mit dem Entlastungsanschluss (S) verbindet,

(g) und wobei der Entlastungsanschluss (S) unter Umgehung des Reservoirs (100) mit dem Saugbereich (4) verbunden ist.

2. Pumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Entlastungsanschluss (S) mittels eines Entlastungskanals (35; 39) mit dem Saugbereich (4) verbunden ist und der Entlastungskanal (35; 39) am Pumpenanschluss (3) oder stromab vom Pumpenanschluss (3) in den Saugbereich (4) mündet.

3. Pumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Steuerventil (30) im oder am Pumpenge-

häuse (1, 2) angeordnet ist und sich der Entlastungskanal (35; 39) vom Entlastungsanschluss (S) bis in den Saugbereich (4) im und/oder am Pumpengehäuse (1, 2) erstreckt.

4. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Pumpengehäuse (1, 2) eine die Förderkammer (5) umgebende Gehäusestruktur (1) und einen mit der Gehäusestruktur (1) verbundenen Gehäusedeckel (2) umfasst, der Gehäusedeckel (2) mit der Gehäusestruktur (1) einen um die Förderkammer (5) erstreckten Fügespalt (1a, 2a) bildet und der Entlastungsanschluss (S) mittels eines Entlastungskanals (35; 39), der sich im und/oder am Gehäusedeckel (2) und/oder im Fügespalt (1a, 2a) erstreckt, mit dem Saugbereich (4) verbunden ist.

5. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

– das Pumpengehäuse (1, 2) eine die Förderkammer (5) umgebende Gehäusestruktur (1) und einen mit der Gehäusestruktur (1) verbundenen Gehäusedeckel (2) umfasst,

– der Gehäusedeckel (2) mit der Gehäusestruktur (1) einen um die Förderkammer (5) erstreckten Fügespalt (1a, 2a) bildet,

– der Ventilraum (31) des Steuerventils (30) in Bewegungsrichtung des Steuerkolbens (32) bis in oder durch den Fügespalt (1a, 2a) erstreckt ist und

– der Gehäusedeckel (2) den Ventilraum (31) verschließt.

6. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) mit einer externen Steuerung, vorzugsweise einer Steuerung eines von der Pumpe (100) mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats verbunden und dafür eingerichtet ist, die Größe der Spannkraft in Abhängigkeit von Steuersignalen der externen Steuerung zu modulieren.

7. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Steuerventil (30) eine Steuerkammer (37) mit einem Einlass (Y) für ein Steuerfluid zur Erzeugung der Steuerkraft durch einen in der Steuerkammer (36) auf den Steuerkolben (32) wirkenden Steuerfluiddruck umfasst und ein in einem Strömungsweg des Steuerfluids angeordnetes Moduliertventil (40) zur Änderung des in der Steuerkammer (37) wirkenden Steuerfluiddrucks umfasst, wobei das Steuerfluid vorzugsweise von dem von der Pumpe (100) geförderten Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt wird.

8. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

– der Steuerkolben (32) eine erste Kolbenfläche und eine zweite Kolbenfläche aufweist,

– das Steuerventil (30)

eine erste Steuerkammer (36) mit einem ersten Steueranschluss (X) für ein Steuerfluid zur Erzeugung einer ersten Steuerkraft durch einen in der ersten Steuerkammer (36) auf die erste Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden ersten Steuerfluiddruck und

eine zweite Steuerkammer (37) mit einem zweiten Steueranschluss (Y) für ein Steuerfluid zur Erzeugung einer zweiten Steuerkraft durch einen in der zweiten Steuerkammer (37) auf die zweite Kolbenfläche der Spannkraft entgegen wirkenden zweiten Steuerfluiddruck umfasst,

– und die Zusatzsteuereinrichtung (36, 37, 40) ein Modulierventil (40) zur Änderung des ersten Steuerfluiddrucks und/oder des zweiten Steuerfluiddrucks umfasst,

9. Pumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das erste Steuerfluid und/oder das zweite Steuerfluid von dem von der Pumpe (100) geförderten Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe abgezweigt wird.

10. Pumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Modulierventil (40) separat vom Pumpengehäuse (1, 2) ausgeführt und in einem Förderkreis der Pumpe (100) separat vom Pumpengehäuse (1, 2) angeordnet ist.

11. Pumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei das Steuerfluid auf der Hochdruckseite stromabwärts von einem Filter zur Reinigung des Fluids abgezweigt wird.

12. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verstelleinrichtung (20, 25, K) ein dem Förderglied (20) zugeordnetes Verstellorgan (20) und eine Stelldruckkammer (K) umfasst, die Stelldruckkammer (K) mit dem Arbeitsanschluss (A) des Steuerventils (30) verbunden ist, das Verstellorgan (20) in der Stelldruckkammer (K) in eine Stellrichtung seiner Bewegbarkeit mit dem Stellfluid beaufschlagbar ist, und die Verstelleinrichtung (20, 25, K) ferner eine Federeinrichtung (25) umfasst, die auf das Verstellorgan (20) eine dem Druck des Stellfluids entgegen wirkende Federkraft ausübt.

13. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

– die Pumpe (100) eine Rotationspumpe und das Förderglied (10) ein in der Förderkammer (5) um eine Rotationsachse ( $R_{10}$ ) drehbarer Förderrotor (10) ist

– die Verstelleinrichtung (20, 25, K)

ein den Förderrotor (10) umgebendes oder an einer Stirnseite des Förderrotors (10) angeordnetes Verstellorgan (20), das für die Verstellung des Fördervolumens in dem Pumpengehäuse (1, 2) hin und her bewegbar ist,

und eine Stelldruckkammer (K) umfasst, die mit dem Arbeitsanschluss (A) des Steuerventils (30) verbunden ist,

– und das Verstellorgan (20) in der Stelldruckkammer (K) in eine Stellrichtung seiner Bewegbarkeit mit dem Stellfluid beaufschlagbar ist.

14. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpe in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit eines von der Pumpe mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats angetrieben wird, vorzugsweise in fester Drehzahlbeziehung von dem Aggregat angetrieben wird.

15. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Fluid ein Schmieröl und die Pumpe eine Schmierölpumpe in einem Schmierölförderkreis einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise eines Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs, ist und der Versorgung der Brennkraftmaschine mit dem Schmieröl dient.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

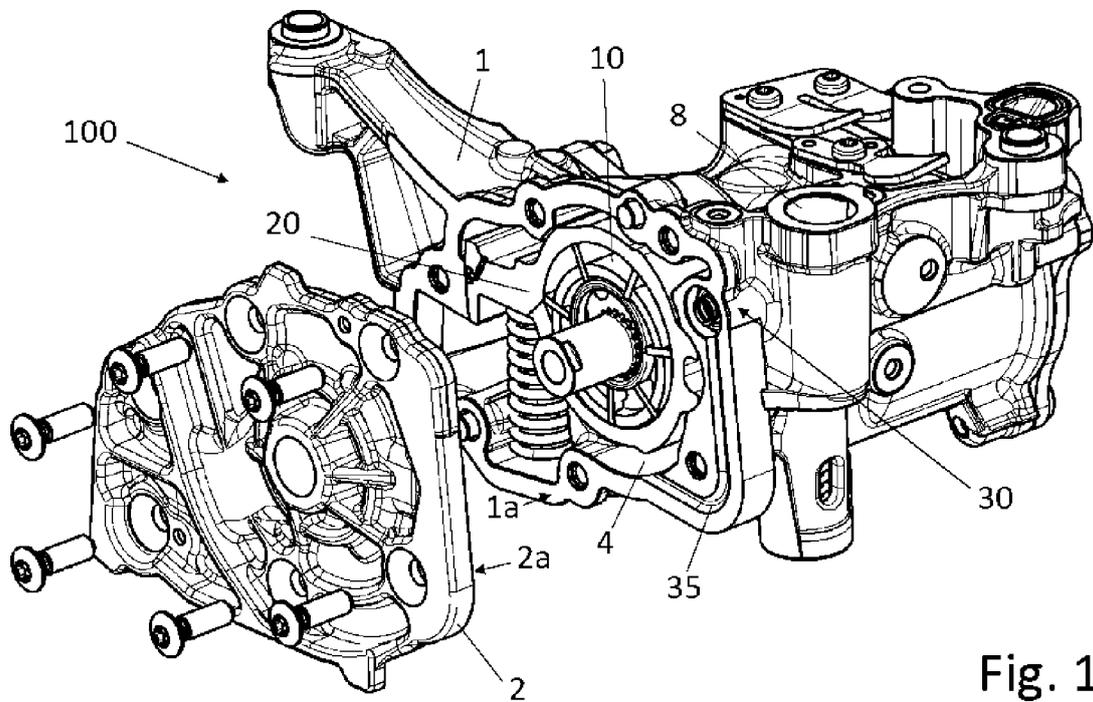


Fig. 1

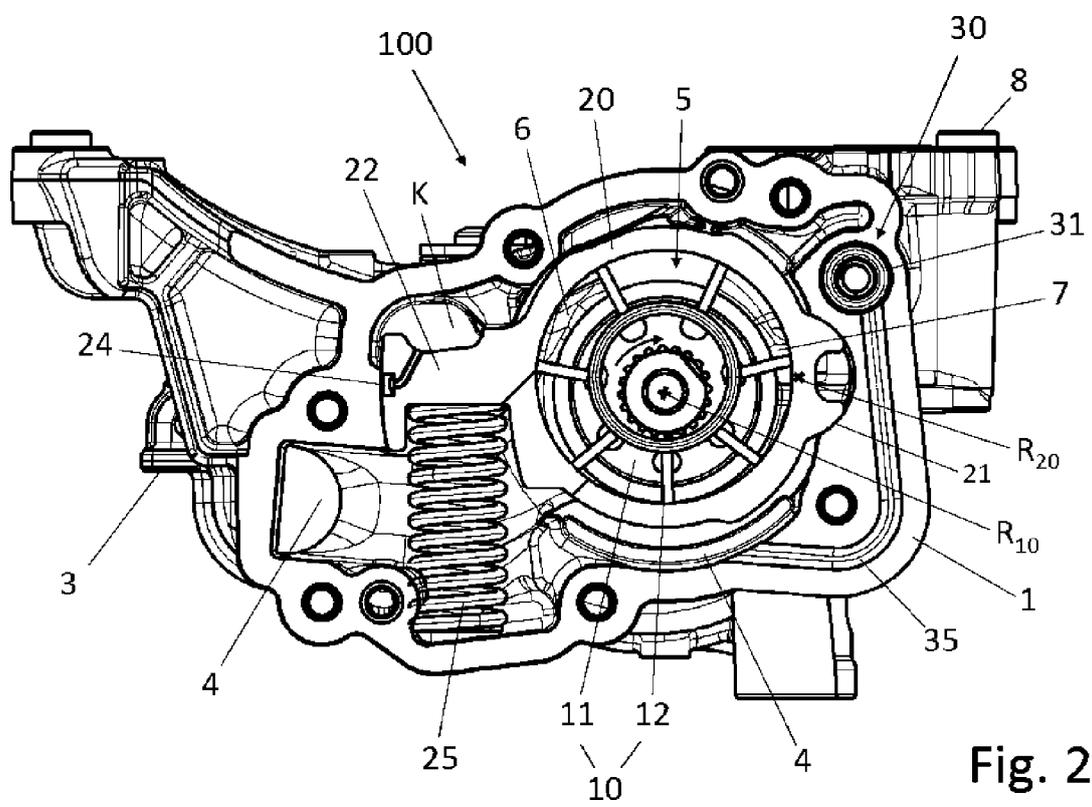


Fig. 2

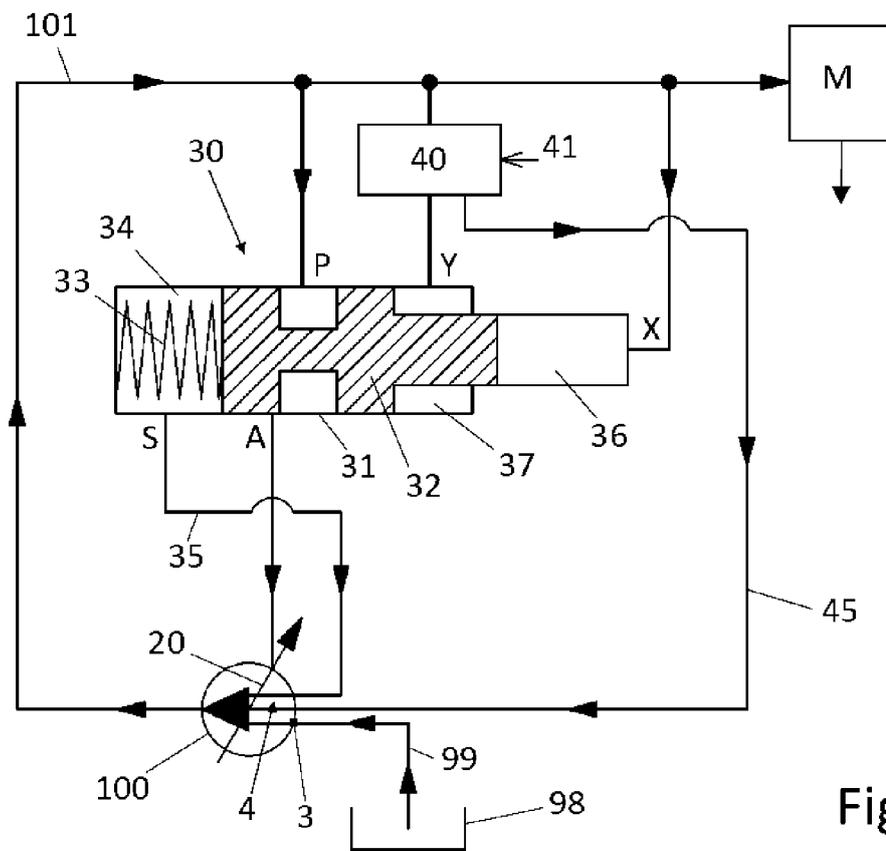


Fig. 3

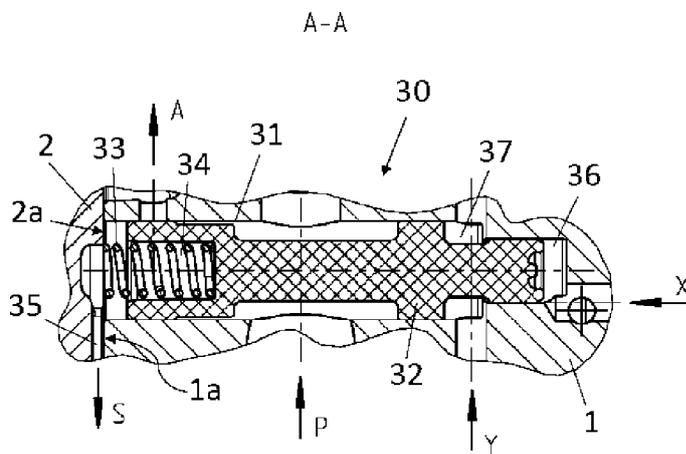


Fig. 4

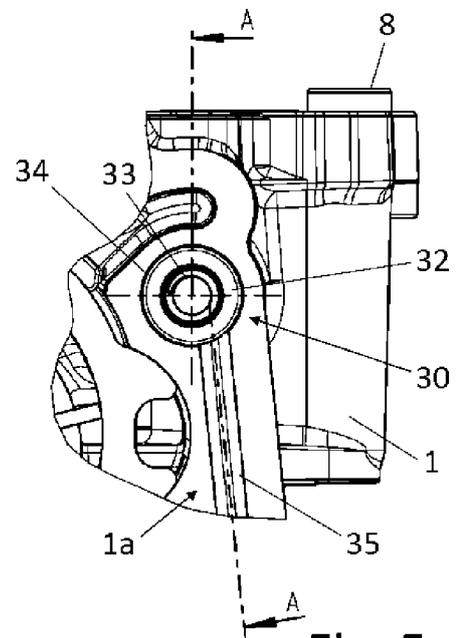


Fig. 5

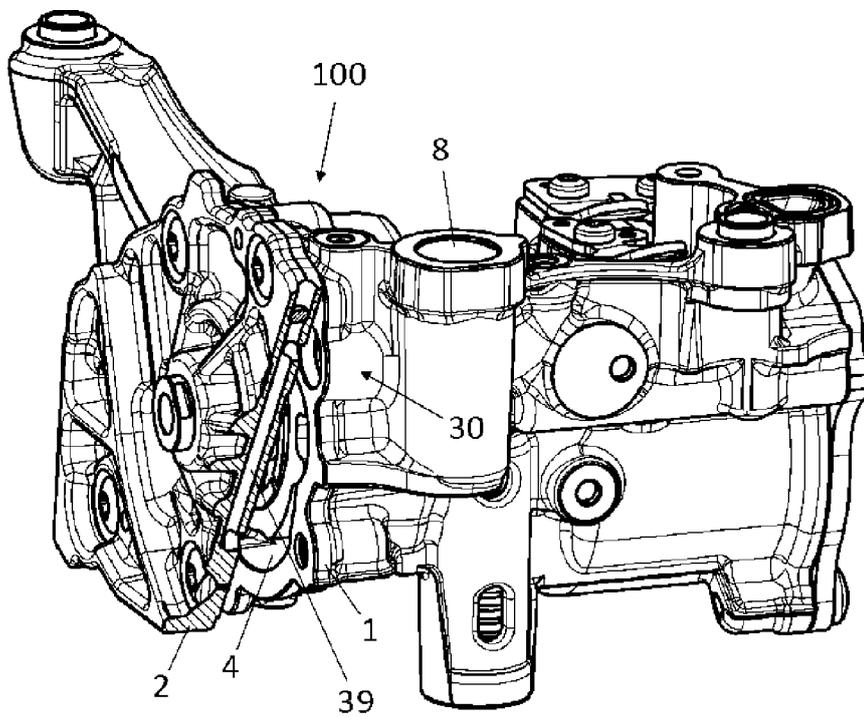


Fig. 6