

(19)



(11)

EP 2 014 919 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

14.01.2009 Patentblatt 2009/03

(51) Int Cl.:

F04C 2/18 (2006.01)**F04C 14/18 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **08159994.6**(22) Anmeldetag: **09.07.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS(30) Priorität: **13.07.2007 DE 102007033146**(71) Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke Automotive
GmbH & Co. KG
73433 Aalen-Wasseralfingen (DE)**

(72) Erfinder:

- Lamparski, Christof, Dr.
88441 Mittelbiberach (DE)
- Bohner, Jürgen
88339 Bad Waldsee (DE)

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
**Patentanwälte
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)**
(54) **Verstellventil für die Verstellung des Fördervolumens einer Verdrängerpumpe**

(57) Verstellventil für die Verstellung des Fördervolumens einer Verdrängerpumpe, umfassend

- ein Ventilgehäuse (21),
- einen in dem Ventilgehäuse (21) beweglich gelagerten Ventilkolben (22) mit einer Wirkfläche (23) für einen Ventilstelldruck (P_{20}) eines Fluids,
- eine Ventilsfeder (25), die einer von dem Ventilstell-

druck (P_{20}) auf den Ventilkolben (22) ausgeübten Kraft entgegen wirkt,
d) und eine Verstelleinrichtung (27,28), mittels der der Ventilkolben (22) in Richtung der vom Ventilstelldruck (P_{20}) ausgeübten Kraft oder gegen diese Kraft verstellbar ist

Sowie Verdrängerpumpe mit verstellbarem Fördervolumen, ausgestattet mit einem solchen Verstellventil.

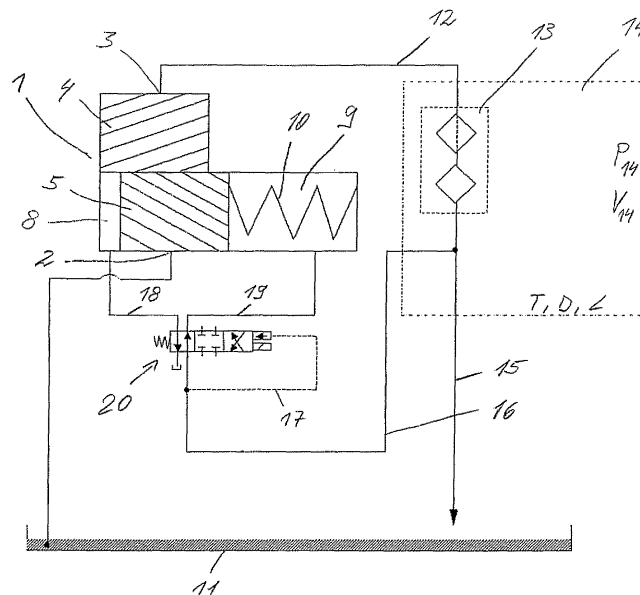


Fig. 3

EP 2 014 919 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verstellventil für die Verstellung des Fördervolumens einer Verdrängerpumpe und eine Verdrängerpumpe mit dem Verstellventil, das für die Verstellung des Fördervolumens eines von der Pumpe zu fördernden Fluids in einem Fluidkreis der

Pumpe angeordnet ist. Die Erfindung betrifft demgemäß auch das Verstellventil als solches, soweit es für die Verstellung des Fördervolumens einer Verdrängerpumpe vorgesehen ist.

[0002] Verdrängerpumpen fördern Fluide mit einem zur Pumpengeschwindigkeit proportionalen Volumenstrom. Das Fördervolumen pro Umdrehung oder hin und her gehenden Hub, der so genannte spezifische Volumenstrom, ist konstant oder kann in der Praxis zumindest in guter Näherung als konstant betrachtet werden. Die Konstanz pro Umdrehung oder Hub und dementsprechend die Proportionalität zur Pumpengeschwindigkeit ist beispielsweise in Anwendungen störend, in denen das von der jeweiligen Pumpe zu versorgende Aggregat einen Fluidbedarf hat, der in einem oder mehreren Geschwindigkeitsbereich(en) der Pumpe geringer ist als der sich aus der Proportionalität ergebende Volumenstrom. In dem jeweiligen Geschwindigkeitsbereich fördert die Pumpe dementsprechend einen über dem Bedarf liegenden Volumenstrom, der verlustbehaftet abgeleitet wird. Die Problematik wird in der US 6 126 420 B beschrieben, die zur Lösung des Problems bereits eine Innenzahnpumpe mit verstellbarem Fördervolumen offenbart,

[0003] Die US 6 244 839 B1 offenbart ebenfalls eine Innenzahnpumpe mit verstellbarem Fördervolumen. Für die Verstellung ist das innere Zahnrad relativ zu dem äußeren Zahnrad axial verschiebbar. Das innere Zahnrad ist Bestandteil einer axial verschiebbaren Verstellereinheit, die als beidseitig wirkender Kolben gebildet ist. Die Verstellereinheit wird über ein 4/3-Verstellventil mit dem von der Pumpe geförderten Fluid beaufschlagt. Das Verstellventil weist ein Ventilgehäuse und einen im Ventilgehäuse axial hin und her bewegbaren Ventilkolben auf, der an einem axialen Ende mit dem geförderten Fluid und am anderen axialen Ende mit einer dem Druck des Fluids entgegenwirkenden Kraft einer Ventulfeder beaufschlagt wird. Die Stellung des Ventilkolbens stellt sich entsprechend dem Gleichgewicht der Kraft der Ventulfeder und der vom Fluidruck erzeugten Kraft ein. Das Verstellventil ist so ausgelegt, dass sich die Verstellereinheit der Pumpe bei Erreichen eines durch die Ventulfeder vorgegebenen Fluiddrucks aus einer Axialposition für maximales Fördervolumen in Richtung auf eine Axialposition für minimales Fördervolumen bewegt. Die Vorspannkraft der Ventulfeder wird am Verstellventil im Vorhinein eingestellt.

[0004] Aus der WO 03/058071 A1 ist eine Verdrängerpumpe mit einem Verstellventil bekannt, dessen beweglicher Ventilkolben zur Verstellung des Fördervolumens der Pumpe in eine Axialrichtung mit Fluid der Hochdruckseite der Pumpe und dem Fluid entgegen wirkend mit

einer Federkraft beaufschlagt wird. Um den Fluiddruck, bei dessen Erreichen die Pumpe abgeregelt wird, absenken zu können, ist für das Verstellventil eine Steuerungseinrichtung vorgesehen, die auf den Ventilkolben eine Zusatzkraft ausübt. Als Beispiele für Steuerungseinrichtungen werden ein elektrischer Schrittmotor Für die Verstellung der Vorspannkraft der Ventulfeder und eine Magnetspule zur Erzeugung einer magnetischen Zusatzkraft gebannt. Der mittels des Verstellventils geschaltete Fluidstrom wirkt auf eine Verschiebeeinheit der Pumpe nur in Richtung maximalen Fördervolumens, während in die Gegenrichtung stets der Druck der Hochdruckseite wirkt.

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, das Fördervolumen einer Verdrängerpumpe flexibel und genau an den Bedarf eines zu versorgenden Aggregats anzupassen und eine ausreichende Versorgung des Aggregats stets zu gewährleisten.

[0006] Die Erfindung geht von einer Verdrängerpumpe für die Versorgung eines Aggregats mit Fluid aus, die ein Pumpengehäuse mit einer Förderkammer und ein in der Förderkammer bewegliches Förderglied aufweist, dass unmittelbar auf das Fluid wirkt, um dieses durch die Förderkammer zu fördern. Das Förderglied kann bei Ausführung einer Förderbewegung das Fluid alleine oder im Zusammenwirken mit einem oder gegebenenfalls auch mehreren weiteren Förderglied(ern) von einem Einlass der Förderkammer unter Erhöhung des Drucks durch einen Auslass der Förderkammer fördern. Der Einlass wird einer Niederdruckseite und der Auslass wird einer Hochdruckseite der Pumpe zugeordnet. Die Pumpe ist vorzugsweise in einem geschlossenen Fluidkreis angeordnet, kann grundsätzlich jedoch auch der Förderung des Fluids in einem offenen Fluidkreis dienen. Bei Integration in einem geschlossenen Fluidkreis saugt sie das Fluid auf der Niederdruckseite aus einem Reservoir durch den Einlass in die Förderkammer und fördert es auf der Hochdruckseite zu dem oder gegebenenfalls auch mehreren mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat(en). Stromabwärts von den oder den Aggregat(en) gelangt das Fluid wieder in das Reservoir, wodurch sich der Fluidkreis schließt. Die Pumpe kann beispielsweise für die Versorgung einer hydraulischen Presse mit Druckfluid verwendet werden. In bevorzugten Ausführungen ist sie in einem Kraftfahrzeug eingebaut oder für den Einbau vorgesehen, um eine das Kraftfahrzeug antreibende Brennkraftmaschine mit Schmierfluid oder ein Automatikgetriebe mit Hydraulikflüssigkeit zu versorgen, Vorzugsweise treibt die Brennkraftmaschine die Pumpe an.

[0007] Die Verdrängerpumpe umfasst ferner ein Verstellventil, mittels dem das Fördervolumen der Pumpe angepasst an den Bedarf des wenigstens einen zu versorgenden Aggregats verstellt und die für den Antrieb der Pumpe erforderliche Energie vorzugsweise entsprechend reduziert werden kann. Das Verstellventil umfasst ein Ventilgehäuse, einen in dem Ventilgehäuse beweglichen Ventilkolben, eine Ventulfeder und eine Verstellereinrichtung. Der Ventilkolben weist eine Wirkfläche für

einen fluidische Ventilstelldruck aus Die Ventildfeder ist so angeordnet, dass sie dem insgesamt auf den Ventilkörper wirkenden Ventilstelldruck entgegen auf den Ventilkolben wirkt.

[0008] Als Fördervolumen wird in bevorzugten Ausführungsformen der spezifische Volumenstrom der Pumpe als solche verstanden, im Falle einer Rotationspumpe der Volumenstrom pro Umdrehung und im Falle einer Hubkolbenpumpe der Volumenstrom pro Hub. Obgleich weniger bevorzugt kann die Pumpe auch eine Konstantpumpe und das Verstellventil kann auf der Hochdruckseite der Pumpe als Bypassventil angeordnet sein, um Überschüssig gefördertes Fluid unter Umgehung des wenigstens einen Aggregats in das Reservoir zu fördern. Durch solch eine Bypassförderung wird zwar nicht der Energieverbrauch der Pumpe reduziert, aber immer noch eine bedarfsgerechte Förderung sichergestellt. Es wird in derartigen Ausführungen nicht das Fördervolumen am Auslass der Förderkammer- sondern das zu dem wenigstens einen Aggregat geförderte Fördervolumen bedarfsgerecht gesteuert oder geregelt. Es kann auch eine in ihrem Fördervolumen verstellbare Pumpe mit solch einem Bypaßventil kombiniert werden, indem der Volumenstrom pro Umdrehung oder Hub über ein erfindungsgemäßes Verstellventil oder in anderer Weise verstellt und stromabwärts von der Pumpe, aber stromaufwärts von dem zu versorgenden Aggregat, ein Teil des von der Pumpe geförderten Volumenstroms abzweigt und ungenutzt in ein Reservoir zurückgeleitet wird.

[0009] In bevorzugten Ausführungsformen wird das Fördervolumen der Pumpe als solche, gesehen unmittelbar am Auslass der Förderkammer, mittels des Verstellventils verstellt. In derartigen Ausführungen ist in dem Pumpengehäuse ein Stellglied bewegbar angeordnet, das in Richtung seiner Bewegbarkeit mit einer von dem Bedarf des wenigstens einen Aggregats abhängigen Stellkraft beaufschlagbar ist. Das Stellglied kann insbesondere zu einer Stirnseite des Förderglieds oder das Förderglied umgebend angeordnet sein. Das Stellglied und das Förderglied sind in ersten Varianten Bestandteil einer in dem Pumpengehäuse als Gesamtheit hin und her bewegbaren Verstelleinheit, beispielsweise einer linear beweglichen oder schwenkbaren oder anders quer zu einer Drehachse des bevorzugt drehbaren Förderglieds beweglichen Verstelleinheit. Beispiele derartiger Verstelleinheiten beschreiben beispielsweise die US 6 283 735 B1 für außenachsige, die US 6 126 420 B und US 6 244 839 B1 für innenachsige Pumpen und die EP 1 262 025 A2 für beide Pumpenarten. In zweiten Varianten ist das Stellglied relativ zu dem Förderglied und dem Pumpengehäuse verstellbar. Das Stellglied der zweiten Variante kann insbesondere ein das Förderglied umgebender Stellring sein, wie dies von Flügelumpen einschließlich Flügelzellenumpen, Pendelschieberumpen und auch von Innenzahnradumpen bekannt ist, um die Exzentrizität zum Förderglied zu verstellen, beispielsweise durch eine lineare Hub- oder eine Schwenkbewe-

gung des Stellglieds.

[0010] Die Stellkraft wird vorzugsweise fluidisch erzeugt, indem das Stellglied einen Stellkolben bildet, der mit einem Druckfluid beaufschlagt wird. Dieses Druckfluid kann insbesondere auf der Hochdruckseite der Pumpe abzweigt und als Teilstrom des von der Pumpe insgesamt geförderten Volumenstroms über das Verstellventil auf das Stellglied zurückgeführt werden. Das Druckfluid, mit dem das Stellglied beaufschlagt wird, kann grundsätzlich jedoch auch ein anderes Fluid sein, beispielsweise ein Fluid, das aus einem Druckreservoir oder von einer anderen Pumpe bereitgestellt wird.

[0011] In noch einer Variante wird ein Teilstrom des Fluides über das Verstellventil in die Förderkammer zurück zu der Niederdruckseite geführt, um dort den Füllgrad von Förderzellen zu steigern, wie dies beispielsweise in der US 6 935 851 B2 offenbart wird. Durch die Rückführung und Befüllung der Förderzellen wird gleichzeitig auch das Fördervolumen verstellt, wobei diese Art der Verstellung mit einer der bereits genannten anderen Arten auch in Kombination verwirklicht sein kann.

[0012] Nach der Erfindung wird die Verstelleinrichtung so gebildet, dass sie den Ventilkolben in Richtung der von dem Ventilstelldruck auf den Ventilkörper ausgeübten Kraft oder gegen den Ventilstelldruck verstellen kann. Sie wirkt vorzugsweise elektromagnetisch- Das Wort "oder" umfasst hier wie auch überall sonst im Sinne der Erfindung die Bedeutung von "entwederoder" und auch die Bedeutung von "und", soweit sich aus dem jeweiligen Zusammenhang nicht unumgänglich eine eingeschränkte Bedetzung umgibt. Die Verstelleinrichtung kann dementsprechend so konstruiert sein, dass sie der Kraft des Ventilstelldrucks nur entgegenwirkt oder vorzugsweise nur in die gleiche Richtung und der Ventildfeder entgegenwirkt, und sie kann alternativ auch so konstruiert sein, dass sie sowohl in als auch gegen die Kraft des Ventilstelldrucks den Ventilkolben verstellen kann.

[0013] In einer bevorzugten ersten Ausführungsform wirken der Ventilstelldruck und eine von der Verstelleinrichtung auf den Ventilkolben ausgeübte Kraft gemeinsam gegen die Kraft der Ventildfeder. Steigt der Ventilstelldruck, kann der Ventilkolben mittels einer entsprechend kleinere Kraft der Verstelleinrichtung gegen die Kraft der Ventildfeder verstellt werden.

[0014] In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ist die Verstelleinrichtung für eine Verstellung des Ventilkolbens sowohl in Richtung des Ventilstelldrucks als auch gegen den Ventilstelldruck eingerichtet. Handelt es sich bei der Verstelleinrichtung um eine Magnetverstelleinrichtung mit nur einer einzigen Magnetspule, so ist in derartigen Ausführungsformen die Magnetspule umpolbar. Alternativ kann für jede von zwei Richtungen der Bewegbarkeit des Ventilkolbens eine eigene Magnetspule mit jeweils einem Anker vorgesehen sein und der eine dieser Anker auf den Ventilkolben eine Kraft in die eine und der andere Anker eine Kraft in die andere Richtung der Bewegbarkeit des Ventilkolbens ausüben, um den Ventilkolben hin und her zu bewegen.

[0015] Die Position des Ventilkolbens kann relativ zum Ventilgehäuse somit zumindest in der zweiten Ausführungsform, vorzugsweise aber auch in der ersten Ausführungsform unabhängig von dem auf die Wirkfläche wirkenden Ventilstelldruck verstellt, und das Fördervolumen der Pumpe kann dementsprechend eingestellt werden. Das Verstellventil kann somit das Fördervolumen über einen größeren Betriebsbereich des zu versorgenden Aggregats kontinuierlich oder beliebig gestuft angepasst einstellen und nicht nur auf einen bestimmten Druck, bei dessen Erreichen das Fördervolumen abgeregt wird.

[0016] Vorzugsweise ist eine Steuerungs- oder Regelungseinrichtung für das Verstellventil so eingerichtet, dass mittels des Verstellventils das Fördervolumen über den gesamten Betriebsbereich des Aggregats angepasst verstellbar ist. Andererseits gewährleisten die Ventiltfeder und der ständig der Kraft der Ventiltfeder entgegenwirkende Ventilstelldruck eine sichere Versorgung des Aggregats, wenn auch bei Ausfall der Verstelleinrichtung nur noch wie von herkömmlichen Verdrängerpumpen bekannt mit einer Abregelung des Fördervolumens in Abhängigkeit von der Vorspannkraft und Federkonstanten der Ventiltfeder. Die Erfindung kombiniert eine genaue und flexible Anpassbarkeit an den Bedarf mit einer auch bei Ausfall der Verstelleinrichtung gewährleistete Versorgungssicherheit, sie schafft eine sogenannte Second-Level-Steuerung oder -regelung für das Fördervolumen.

[0017] Das Verstellventil ist vorzugsweise ein Proportionalventil. Es wird vorzugsweise elektrisch angesteuert. Die Verstelleinrichtung wirkt vorzugsweise magnetisch. Sie kann eine Proportionalmagnetspule aufweisen, die spannungs- oder stromgesteuert oder -geregelt wird, also durch eine am Bedarf des wenigstens einen Aggregats orientierte Variation der angelegten Spannung oder des elektrischen Stroms. In anderen bevorzugten Ausführungen wird das Verstellventil pulsmoduliert gesteuert oder geregelt. Bei Verwendung eines pulsmodulierten Verstellventils kann die Dauer der einzelnen Pulse oder der zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Pulsen der Stellgröße variiert werden, was auch den Fall einschließt, dass sowohl die Pulsdauer als auch die Zeitdauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen angepasst an den Bedarf variiert wird. Die Periodendauer der Stellgröße ist vorzugsweise konstant. Bevorzugt wird ein pulswidenmoduliertes Verstellventil verwendet. Die Periodendauer der Stellgröße für das Verstellventil ist deutlich kleiner als die für die Verstellung des Fördervolumens bestimmende Zeitkonstante der Verdrängerpumpe. Die Pulsmodulation bedient sich des Tiefpasscharakters der Pumpe. Indem die Einschaltzeit der Pulsweitenmodulation oder der Zeitabstand im Falle einer Pulsfrequenzmodulation angepasst an den Bedarf variiert wird, kann der Durchfluss durch das Verstellventil und infolgedessen das Fördervolumen der Verdrängerpumpe quasi kontinuierlich dem momentanen Bedarf des Aggregats entsprechend gesteuert oder geregelt

werden.

[0018] Das Verstellventil ist vorzugsweise ein Mehrwegeventil mit wenigstens drei Anschlüssen, bevorzugt mit vier Anschlüssen. Es ist vorzugsweise zwischen wenigstens zwei Schaltstellungen, bevorzugt zwischen drei Schaltstellungen, umschaltbar

[0019] Das Verstellventil wird in bevorzugten Ausführungen in Abhängigkeit von einem Sollwert für den von der Verdrängerpumpe zu fördernden Volumenstrom oder einen von der Verdrängerpumpe zu erzeugenden Fluidversorgungsdruck gesteuert oder geregelt. Eine Sollwertvorgabe gibt den Sollwert einer für das Verstellventil vorgesehenen Steuerungs- oder Regelungseinrichtung vor. Der Sollwert wird vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Bedarf des Aggregats variiert. Vorzugsweise wird ein Kennfeld für die vom Betriebszustand des Aggregats abhängigen Sollwerte vorgegeben. Der wenigstens eine Sollwert oder bevorzugt die mehreren Sollwerte wird oder werden in Abhängigkeit von einer für den Betriebszustand kennzeichnenden physikalischen Größe vorgegeben, die während des Betriebs des Aggregats mittels einer Erfassungseinrichtung sensorisch ermittelt wird. Die wenigstens eine physikalische Größe kann insbesondere eine Temperatur, eine Drehzahl oder ein Lastzustand des Aggregats sein. Bevorzugt wird der Sollwert oder werden die Sollwerte für den Volumenstrom oder den Fluidversorgungsdruck in Abhängigkeit von wenigstens zwei den Betriebszustand des Aggregats kennzeichnenden Größen vorgegeben. Wird die Verdrängerpumpe als Schmierölpumpe für eine Brennkraftmaschine verwendet, kann oder können sensorisch beispielsweise die Temperatur des Schmieröls oder der Kühlflüssigkeit im Bereich der Brennkraftmaschine oder die Drehzahl oder für den Lastzustand die Gaspedal- oder eine Drosselklappenstellung erfasst und daraus anhand des Kennfelds der zugehörige Sollwert ermittelt und der Steuerungs- oder Regelungseinrichtung für das Verstellventil vorgegeben werden.

[0020] In einer bevorzugten ersten Ausführungsform wird das Verstellventil in Abhängigkeit von dem jeweiligen Sollwert nur gesteuert. Auf die Erfassung eines für den Bedarf repräsentativen Istwerts der den Sollwert bildenden physikalischen Größe, nämlich des Volumenstroms oder des Fluidversorgungsdrucks, wird verzichtet, ebenso auf eine aufwendige Verarbeitung für eine Regelung anhand eines Soll/Ist-Vergleichs.

[0021] In einer ebenfalls bevorzugten zweiten Ausführungsform wird das Verstellventil in Abhängigkeit von einem Soll/Ist-Vergleich des jeweiligen Sollwerts und eines kontinuierlich oder in ausreichend kleinen Zeitabständen gemessenen Istwerts des Volumenstroms oder des Fluidversorgungsdrucks geregelt. Eine Regelung ist in solchen Fällen von Vorteil, in denen sich der Volumenstrombedarf des Aggregats wegen Verschleiß im Verlaufe der Lebensdauer des Aggregats ändert.

[0022] In einer optionalen Kombination der beiden Ausführungsformen ist eine Kontrolleinrichtung vorgesehen, die von einer Steuerung gemäß der ersten Ausführungsform

rungsform auf eine Regelung gemäß der zweiten Ausführungsform umstellen kann. Bevorzugt wird dabei, wenn das Verstellventil zunächst anhand des vorgegebenen Volumenstroms gesteuert und bei zunehmenden Leckverlusten in Folge eines Verschleißes des Aggregats später auf eine Druckregelung umgestellt wird. In noch einer weiteren Ausführungsform ist eine lernfähige Kontrolleinrichtung vorgesehen, die anhand einer sensorischen Erfassung des Volumenstroms oder Fluidversorgungsdrucks zunehmenden Verschleiß feststellt und den Sollwert oder das Sollwert-Kennfeld angepasst wenigstens einmal oder in mehreren Stufen, gegebenenfalls kontinuierlich während der Lebensdauer des Aggregats verschiebt.

[0023] In noch einer bevorzugten Ausführungsform wird das Verstellventil zum einen anhand eines Sollwerts oder eines Sollwert-Kennfelds für den Fluidversorgungsdruck oder den Volumenstrom gesteuert und zusätzlich stromgeregelt. Eine besonders bevorzugte Ausführung ist ein anhand eines Sollwerts oder mehrerer Sollwerte bzw. eines Sollwert-Kennfeldes für den Fluidversorgungsdruck oder den Volumenstrom mittels Pulsweitenmodulation gesteuertes und zusätzlich stromgeregeltes Verstellventil. Mit der Stromregelung werden vorteilhafterweise mit Temperaturänderungen einhergehende Änderungen des elektrischen Widerstands einer Magnetverstelleinrichtung ausgeglichen. Es wird die Stromaufnahme der Magnetverstelleinrichtung erfasst und die Änderungen in der Größe des elektrischen Stroms aufgrund von Widerstandsänderungen ausgeglichen, indem das Tastverhältnis der Variation der Stromaufnahme entsprechend geregelt wird. Entsprechend kann jedoch nicht nur für die bevorzugte Ausführung als pulsweitenmoduliertes Verstellventil, sondern auch bei anders gesteuerten Verstellventilen verfahren werden. Durch eine Stromregelung zusätzlich zur Steuerung anhand eines Sollwerts oder Sollwert-Kennfelds im den Volumenstrom oder den Fluidversorgungsdruck kann auf eine Volumenstrom- oder Druckregelung verzichtet werden, obgleich auch im Falle einer Stromregelung zusätzlich eine Volumenstrom- oder Druckregelung zum Einsatz gelangen kann.

[0024] Die Steuerungs- oder Regelungseinrichtung kann integrierter Bestandteil des Verstellventils oder separat von diesem eingebaut sein. Die Sollwertvorgabe kann gegenständlicher Bestandteil der Steuerungs- oder Regelungseinrichtung oder gegenständlich separat von den anderen Teilen der Steuerungs- oder Regelungseinrichtung verwirklicht sein. Das Verstellventil ist vorzugsweise integrierter Bestandteil der Verdrängerpumpe, beispielsweise am Pumpengehäuse montiert. Das Verstellventil kann in der integrierten Ausführung vorteilhafterweise auch in Gehäuse der Verdrängerpumpe angeordnet sein, beispielsweise in einer Aufnahmebohrung oder einem andersartig geformten Aufnahmeraum in einer Wand des Pumpengehäuses. Die Anschlüsse des Verstellventils können in derartigen Ausführungen raum- und gewichtssparend als Bohrungen oder anders ge-

formte Kanäle in Gehäuse, insbesondere in besagter Gehäusewand geformt sein. Das Pumpengehäuse kann dementsprechend gleichzeitig auch das Ventilgehäuse oder auch nur einen Teil des Ventilgehäuses bilden.

[0025] In den Ausführungsformen, in denen das Fördervolumen unmittelbar der Pumpe verstellt wird, ist es vorteilhaft, wenn das Stellglied als doppeltwirkender Stellkolben gebildet ist mit zwei axial voneinander abgewandten, vorzugsweise einander abgewandt gegenüberliegenden Kolbenflächen und mittels des Verstellventils entweder die eine oder die andere Kolbenfläche mit einem unter Druck stehenden Druckfluid beaufschlagt werden kann, gegebenenfalls auch beide Kolbenflächen gleichzeitig.

[0026] Bildet das Stellglied einen mit Druckfluid beaufschlagbaren Stellkolben, beispielsweise einen nur einseitig mit Druckfluid beaufschlagbaren oder vorzugsweise einen doppeltwirkenden Kolben, wird es in bevorzugten Ausführungen von einer Pumpenfeder mit einer Federkraft beaufschlagt, wobei die Pumpenfeder in Richtung auf eine Vergrößerung des Fördervolumens der Pumpe wirkt. Bildet das Stellglied einen doppeltwirkenden Kolben, wird es bevorzugt, wenn die Pumpenfeder so schwach ist, dass die Verstellodynamik der Pumpe nicht maßgeblich durch die Pumpenfeder beeinflusst wird, sondern ausschließlich oder zumindest zu einem deutlich überwiegenden Teil durch das Verstellventil. Grundsätzlich kann auf eine Pumpenfeder in derartigen Ausführungen auch verzichtet werden. Andererseits ist die Verwendung einer schwachen Pumpenfeder von Vorteil, wobei solch eine Pumpenfeder so ausgelegt ist, dass sie nur sicherstellt, dass bei mit geringer Geschwindigkeit laufender Verdrängerpumpe das für diese Pumpengeschwindigkeit maximale Fördervolumen gefördert wird. Es genügt eine Pumpenfeder, die auf das Stellglied eine Federkraft entsprechend einem Fluidruck von höchstens 1 bar ausübt.

[0027] Bevorzugt erzeugt das mittels des Verstellventils gesteuert oder geregelt zu der Verdrängerpumpe zwecks Verstellung geführte Fluid oder im Falle eines nur als Bypassventil verwendeten Verstellventils das zu einem Reservoir abgezwigte Fluid bei seinem Durchfluss durch das Verstellventil den Ventilstelldruck. In derartigen Ausführungen wird für die Erzeugung des Ventilstelldrucks kein separater Anschluß benötigt. Der gleiche Einlass, durch den der das Verstellventil durchströmende Fluidstrom in das Verstellventil gelangt, bildet auch den Anschluss für das den Ventilstelldruck erzeugende Fluid.

[0028] Bevorzugt wird es, wenn der Ventilstelldruck mittels mehrerer Wirkflächen, vorzugsweise mittels genau zwei Wirkflächen erzeugt wird, die sich der Größe nach unterscheiden, so dass der Ventilstelldruck auf den Ventilkolben eine Differenzkraft: entsprechend der Flächendifferenz der Wirkflächen ausübt. Besonders bevorzugt wird das Merkmal der Differenzkraft mit dem weiteren Merkmal kombiniert, wonach das Fluid bei dem Durchströmen des Verstellventils gleichzeitig auch den

Ventilstelldruck erzeugt.

[0029] In einer Weiterbildung kann die Vorspannkraft der Ventilsfeder verstellt werden, bevorzugt fluidisch während die Verdrängerpumpe das Fluid fördert. So kann das Verstellventil einen weiteren Kolben aufweisen, der vorzugsweise nur der Einstellung der Vorspannkraft dient und vorzugsweise mit dem Fluid beaufschlagt wird, das auch den Ventilstelldruck erzeugt, wobei für den Kolben zur Verstellung der Vorspannkraft ein separater Anschluss vorgesehen oder vorzugsweise eine auf diesen Verstellkolben wirkende Kraft ebenfalls von dem durchströmenden Fluid erzeugt werden kann.

[0030] Vorteilhafte Merkmale werden auch in den Unteransprüchen und deren Kombinationen beschrieben.

[0031] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Figuren erläutert. An dem Ausführungsbeispiel offenbar werdende Merkmale bilden je einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und auch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

- Figur 1 eine Verdrängerpumpe in einem Querschnitt,
- Figur 2 die Verdrängerpumpe in einem Längsschnitt,
- Figur 3 die Verdrängerpumpe mit einem Verstellventil für die Verstellung des Fördervolumens der Pumpe,
- Figur 4 das Verstellventil einzeln als Schaltzeichen und
- Figur 5 das Verstellventil in einem Längsschnitt

[0032] Figur 1 zeigt eine Verdrängerpumpe in einem Querschnitt. In einem Pumpengehäuse 1 ist eine Förderkammer mit einem Einlass 2 auf einer Niederdruckseite und einem Auslass 3 auf einer Hochdruckseite gebildet. In der Förderkammer sind ein erstes Förderglied 4 und ein zweites Förderglied 5 beweglich angeordnet. Die Förderglieder 4 und 5 sind miteinander in einem Fördereingriff. Werden die Förderglieder 4 und 5 angetrieben, führen sie im Fördereingriff eine Förderbewegung aus, durch die ein Fluid, beispielsweise Schmieröl oder eine Hydraulikflüssigkeit, durch den Einlass 2 in die Förderkammer gesogen und mit höherem Druck durch den Auslass 3 verdrängt wird. Das Förderglied 4 wird angetrieben und treibt das Förderglied 5 im Fördereingriff an.

[0033] Die Verdrängerpumpe des Ausführungsbeispiels ist eine Außenzahnradpumpe. Die Förderglieder 4 und 5 sind dementsprechend außen umlaufend verzahnte Förderrotoren und der Fördereingriff ein Zahn-eingriff. Die Förderglieder 4 und 5 sind um je eine Drehachse R_4 und R_5 drehbar gelagert. Bei einem Drehantrieb wird das angesaugte Fluid vom Einlass 2 in bei jedem der Förderglieder 4 und 5 von den Zahn-lücken gebildeten Förderzellen durch den Bereich der so genannten Umschlingung 1a transportiert und durch den Auslass 3 ausgestoßen.

[0034] Um das Fördervolumen der Pumpe dem Bedarf eines mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats anpassen zu können, ist die längs den Drehachsen R_4 und R_5

gemessene axiale Länge des Fördereingriffs der Förderglieder 4 und 5, die Eingriffslänge, verstellbar. Für die Verstellung ist das Förderglied 5 relativ zu dem Förderglied 4 und dem Pumpengehäuse 1 axial zwischen einer Position maximaler Eingriffslänge und dementsprechend maximalen Fördervolumens und einer Position minimaler Eingriffslänge und dementsprechend minimalen Fördervolumens hin und her bewegbar.

[0035] Figur 2 zeigt die Verdrängerpumpe in einem Längsschnitt. Das Förderglied 4 ist verdrehgesichert auf einer Antriebswelle befestigt, die aus dem Pumpengehäuse 1 hinausragt und ein Antriebsrad für den Antrieb der Pumpe trägt. Das Förderglied 5 ist Bestandteil einer Verstelleinheit, die über das Förderglied 5 hinaus ein Stellglied mit zwei Stellkolben 6 und 7 umfasst. Diese Verstelleinheit 5-7 ist als Gesamtheit im Pumpengehäuse 1 axial hin und her bewegbar, um die Eingriffslänge verstellen zu können. Das Förderglied 5 ist axial zwischen den Stellkolben 6 und 7 angeordnet. Das Stellglied 6, 7 lagert das Förderglied 5 um die Drehachse R_5 drehbar. Die Verstelleinheit 5-7 ist in einem zylindrischen Hohlraum des Pumpengehäuses 1 aufgenommen. Der Hohlraum bildet eine axiale Laufbahn für die Bewegungen der Verstelleinheit 5-7. Des Weiteren bildet er an einer axialen Seite der Verstelleinheit 5-7 einen Druckraum 8 und an der anderen Seite einen weiteren Druckraum 9. Die Stellkolben 6 und 7 trennen die beiden Druckräume 8 und 9 von unvermeidlichen Leckverlusten abgesehen fluidisch voneinander und auch von der Förderkammer. Die Druckräume 8 und 9 sind jeweils mit einem unter Druck stehenden Fluid, im Ausführungsbeispiel mit dem von der Verdrängerpumpe geförderten Fluid bedruckbar. In dem Druckraum 9 ist eine Pumpenfeder 10 angeordnet, deren Federkraft auf die Verstelleinheit 5-7, nämlich auf den Stellkolben 7, in Richtung maximaler Eingriffslänge wirkt.

[0036] Figur 3 zeigt die Verdrängerpumpe integriert in einen geschlossenen Fluidkreis, beispielsweise einen Schmierölkreis eines Kraftfahrzeugs. Der Fluidkreis enthält ein Reservoir 11, aus dem die Pumpe das Fluid auf der Niederdruckseite durch den Einlass 2 ansaugt und mit höherem Druck auf der Hochdruckseite durch den Auslass 3, eine angeschlossene Versorgungsleitung 12 und über eine Kühl- und Reinigungseinrichtung 13 mit einem Kühler und einem Filter zu dem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat 14, beispielsweise eine Brennkraftmaschine für den Antrieb eines Kraftfahrzeugs, fördert. Stromabwärts von dem Aggregat 14 wird das Fluid durch eine Leitung 15 zurück in das Reservoir 11 geführt.

[0037] Stromabwärts von der Kühl- und Reinigungseinrichtung 13, insbesondere stromabwärts von dem Reinigungsteil der Kühl- und Reinigungseinrichtung 13, aber noch stromaufwärts von dem Aggregat 14 wird ein Teilstrom 16 des Fluids abgezweigt und über ein Verstellventil 20 zu der Pumpe zurückgeführt. Das Verstellventil 20 weist einen Einlass für den Teilstrom 16, einen mit dem Reservoir 11 kurzgeschlossenen Auslass und zwei weitere Anschlüsse auf, von denen der eine über

eine Leitung 18 mit dem Druckraum 8 und der andere über eine Leitung 19 mit dem Druckraum 9 verbunden ist. Das Verstellventil 20 ist ein Mehrwege-Schaltventil. In einer ersten Schaltstellung führt es den Teilstrom 16 in den Druckraum 8 und verbindet den Druckraum 9 mit dem Reservoir 11, schaltet den Druckraum 9 also auf Umgebungsdruck. In einer zweiten Schaltstellung, die das Verstellventil in Figur 3 einnimmt, kehrt es diese Verhältnisse um, indem es den Teilstrom 16 in den Druckraum 9 führt und den Druckraum 8 mit dem Reservoir 11 kurzschließt. Das Verstellventil 20 des Ausführungsbeispiels kann drei Schaltstellungen einnehmen nämlich die beiden genannten Schaltstellungen und ferner eine Mittelstellung, in der es die Druckräume 8 und 9 voneinander und auch von dem Reservoir 11 und dem Teilstrom 16 trennt, so dass der jeweilige Druck in den Druckräumen 8 und 9 erhalten bleibt, sieht man von Leckagen und damit verbundenen Leckverlusten ab. Im Ausführungsbeispiel wurde für das Verstellventil 20 ein 4/3-Wegeventil gewählt.

[0038] Figur 4 zeigt das Verstellventil 20 wie in Figur 3 als Schaltzeichen, lediglich in vergrößerter Darstellung. Eingetragen sind die vier Anschlüsse des Verstellventils 20, von denen der Einlass für den zurückgeführten Teilstrom 16 mit I, der Auslass zum Reservoir 11 mit O, der Anschluss für den Druckraum 8 mit A und der Anschluss für den Druckraum 9 mit B bezeichnet sind.

[0039] Das Verstellventil 20 ist ein Proportionalventil mit einem ständig wirkenden fluidischen Ventilstelldruck P_{20} , nämlich dem Druck des im Teilstrom 16 zurückgeführten Fluids, und einer Ventildfeder 25, die dem Ventilstelldruck P_{20} entgegen wirkend angeordnet ist. Der fluidische Ventilstelldruck P_{20} und die Kraft der Ventildfeder 25 allein bestimmen bei ordnungsgemäßer Funktion des Verstellventils 20 jedoch nicht dessen Schaltstellung. Das Verstellventil 20 umfasst als Proportionalventil eine Verstelleinrichtung, die das Verstellventil 20 angepasst an den Fluidbedarf des Aggregats 14 aus jeweils einer der Schaltstellungen in eine andere umsteuert. Der Ventilstelldruck P_{20} und die Ventildfeder 25 verleihen dem Verstellventil 20 eine Fail-Safe-Eigenschaft bei Ausfall der Proportional-Verstelleinrichtung.

[0040] Die Verstelleinrichtung ist eine Magnetverstelleinrichtung, die mit einem pulsweitenmodulierten elektrischen Stellsignal geschaltet wird. Das Stellsignal wird von einer Steuerungseinrichtung in Form eines Rechtecksignals mit einem konstanten oberen und einem konstanten unteren Signalleve, beispielsweise Spannungsniveau, und einer bestimmten Periodendauer t erzeugt. Entsprechend der Pulsweitenmodulation kann die Zeitdauer des oberen Signalleve, die so genannte Einschaltzeit, und in der Folge entsprechend die Zeitdauer des unteren Signalleve, die Ausschaltzeit, variiert werden. Die Magnetkraft der Verstelleinrichtung ändert sich entsprechend dem Tastverhältnis des Stellsignals, d. h. dem Verhältnis der Einschaltzeit zur Periodendauer t . Die Schaltstellung des Verstellventils 20 ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht der Kraft der Ventildfeder 25 und

den beiden entgegenwirkenden Kräften, nämlich der vom Ventilstelldruck P_{20} erzeugten fluidischen Kraft und der Magnetkraft. Je größer der Ventilstelldruck P_{20} , desto kleiner ist die dem Gleichgewicht der Kräfte entsprechende Magnetkraft. Übersteigt die Summe aus fluidischer Kraft und Magnetkraft die Federkraft, bewegt sich der Ventilkolben 22 in Richtung auf die erste Schaltstellung, und das Fördervolumen der Verdrängerpumpe wird abgeregelt. Überwiegt die Kraft der Ventildfeder 25, bewegt sich der Ventilkolben 22 in die zweite Schaltstellung, und die Verschiebeeinheit 5-7 bewegt sich entsprechend in Richtung maximales Fördervolumen.

[0041] In einer Modifikation sind die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit der ersten und der zweiten Schaltstellung des Verstellventils 20 zugeordnet. Bei ordnungsgemäßer Funktion der Verstelleinrichtung sind die Position des Ventilkolbens 22 und damit einhergehend die Schaltstellung des Verstellventils 20 vom Ventilstelldruck P_{20} entkoppelt. Beispielfhaft sei angenommen, dass das Verstellventil 20 während jeder Einschaltzeit die erste Schaltstellung einnimmt, in der das Fluid des Teilstroms 16 in den Druckraum 8 zurückgeführt wird, und während jeder Ausschaltzeit die zweite Schaltstellung einnimmt, in der das Fluid in den Druckraum 9 zurückgeführt wird.

[0042] Durch Variation der Einschaltzeit und entsprechend der Ausschaltzeit kann in beiden Ausführungen wegen der im Vergleich zu der maßgeblichen Zeitkonstanten der Pumpe deutlich kürzeren Periodendauer t des Stellsignals der Durchfluss durch das Verstellventil 20 zum jeweiligen Druckraum 8 oder 9 praktisch kontinuierlich variiert werden. Entsprechend kontinuierlich kann auch der Druck im Druckraum 8 und der Druck im Druckraum 9 verändert werden.

[0043] In der Folge kann die Verstelleinheit 5-7 längs ihres axialen Verstellwegs in jede beliebige Axialposition bewegt und auch dort gehalten werden. Das Fördervolumen ist somit zwischen dem maximalen und dem minimalen Fördervolumen flexibel und genau kontinuierlich an den Fluidbedarf des Aggregats 14 anpassbar.

[0044] Für die bedarfsgerechte Versorgung des Aggregats 14 ist in einer Steuerung des Aggregats 14, im Ausführungsbeispiel einer Motorsteuerung, ein Kennfeld in einem elektronischen oder optischen Speicher abgelegt. Das Kennfeld enthält für die hinsichtlich des Fluidbedarfs relevanten Betriebszustände des Aggregats 14 jeweils einen vorgegebenen Sollwert für den Fluidversorgungsdruck P_{14} oder den Volumenstrom V_{14} , den das Aggregat 14 im jeweiligen Betriebszustand benötigt. Diese Volumenstrom- oder Druck-Sollwerte sind in dem Kennfeld in Abhängigkeit von physikalischen Größen abgelegt, die die hinsichtlich des Fluidbedarfs zu unterscheidenden Betriebszustände kennzeichnen. Beispielfhaft für die physikalischen Größen seien die Temperatur T , die Drehzahl D und die Last L genannt. Das Aggregat 14 weist eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer oder mehrerer, die unterschiedlichen Betriebszustände kennzeichnenden physikalischen Größe(n) auf. Die Temperatur T kann beispielsweise an einer kritischen

Stelle des Aggregats 14, in einem der Kühlung des Aggregats 14 dienenden Kühlfluid oder in dem von der Pumpe 3 geförderten Fluid gemessen werden. Die Drehzahl D kann sehr einfach mittels eines Tachometers und die Last L über die Gaspedal- oder eine Drosselklappenstellung erfasst werden. In Abhängigkeit von den erfassten Größen wählt eine Sollwertvorgabe anhand des Kennfelds den zugeordneten Druck- oder Volumenstrom-Sollwert aus und gibt ihn der Steuerungseinrichtung für das Verstellventil 20 auf. Die Steuerungseinrichtung bildet das Stellsignal, nämlich das Verhältnis der Einschaltzeit zur Periodendauer t , entsprechend dem momentanen Sollwert. Eine Rückkopplung mittels einer Regelgröße, vorliegend einem gemessenen Ist-Wert des Fluidversorgungsdrucks P_{14} oder des Volumenstroms V_{14} , ist nicht erforderlich, so lange der tatsächliche Fluidbedarf des Aggregats 14 dem Sollwert entspricht.

[0045] Die Steuerung auf der Basis des Sollwerts kann insbesondere um eine Stromregelung ergänzt sein. Die Stromregelung dient insbesondere der Kompensation von Widerstandsänderungen der magnetischen Verstell-einrichtung, wie sie vor allem bei Temperaturänderungen stattfinden können. Dabei wird die Stromaufnahme der Verstelleinrichtung mit einer Erfassungseinrichtung erfasst und auf einem bestimmten Stromwert gehalten. Wird mittels der Erfassungseinrichtung eine Änderung der Stromaufnahme und dementsprechend des elektrischen Widerstands der Verstelleinrichtung festgestellt, wird das Tastverhältnis in solch einer Weise verändert, dass die Stromaufnahme wieder dem Stromwert vor der Widerstandsänderung entspricht.

[0046] Für den Fall, dass sich der tatsächliche Fluidbedarf des Aggregats 14 ändert und von den Sollwerten des Kennfelds abweicht, beispielsweise aufgrund eines im Verlaufe der Lebensdauer des Aggregats 14 stattfindenden Verschleißes, ist für das Verstellventil 20 auch eine Regelungseinrichtung vorgesehen. Die Regelungseinrichtung bildet das Stellsignal für das Verstellventil 20 in Abhängigkeit von einem Soll-Ist-Vergleich auf der Basis eines für das Aggregat 14 erforderlichen Fluidversorgungsdrucks P_{14} oder Volumenstroms V_{14} . Die Regelungseinrichtung hat Zugriff auf einen Speicher, in dem andere Sollwerte des Drucks P_{14} oder Volumenstroms V_{14} in Form eines Kennfelds vergleichbar dem bislang für die Steuerung verwendeten Kennfeld abgelegt sind. Die Kennfelder der Druck-Sollwerte oder Volumenstrom-Sollwerte können in physikalisch unterschiedlichen Speichern oder im gleichen Speicher in unterschiedlichen Bereichen abgelegt sein. Des Weiteren ist eine übergeordnete Kontrolleinrichtung vorgesehen, die Bestandteil der Druck- oder Volumenstrom-Steuerungseinrichtung oder der Regelungseinrichtung sein kann und von der Steuerung auf eine Regelung umstellt, wenn festgestellt wird, dass sich der Bedarf des Aggregats soweit geändert hat, dass das Kennfeld der Sollwerte den tatsächlichen Bedarf nicht mehr adäquat beschreibt, weil sich der Bedarf beispielsweise aufgrund Verschleiß erhöht hat. Für den Soll-Ist-Druckvergleich kann der tatsächlich herrschen-

de Fluidversorgungsdruck P_{14} beispielsweise an der stromabwärtigsten Verbrauchsstelle des Aggregats 14 oder im Beispielfall der Brennkraftmaschine an der Motorgalerie erfasst und mit dem für den jeweiligen Betriebszustand maßgeblichen Druck-Sollwert verglichen werden, beispielsweise durch Differenzbildung von Soll- und Istwert.

[0047] Die beispielhaft als nicht rückgekoppelt beschriebene Druck- oder Volumenstrom-Steuerung kann zu einer Druck- oder Volumenstrom-Regelung mit einem Soll/Ist-Vergleich des jeweiligen Druck- oder Volumenstrom-Sollwerts mit einem für den Vergleich zu messenden Istwert weitergebildet sein. Es können mehrere Kennfelder für den Volumenstrom V_{14} oder Fluidversorgungsdrucks P_{14} im vorhinein abgelegt sein, die den Bedarf für unterschiedliche Zeitpunkte im Lebenszyklus des Aggregats 14 beschreiben, beispielsweise ein Kennfeld für die ersten n Kilometer eines Kraftfahrzeugs oder n Betriebsstunden des Aggregats 14, die nächsten m Kilometer des Fahrzeugs oder m Betriebsstunden des Aggregats etc. Anhand beispielsweise des Kilometerstands des Fahrzeugs oder einer Betriebsdauererfassung kann in derartigen Ausführungen von dem zuerst benutzten Kennfeld auf das nächste usw. umgestellt werden. Die Steuerungseinrichtung kann schließlich auch über die Fähigkeit verfügen, die Sollwerte des Kennfelds entsprechend dem Zustand des Aggregats 14 zu verändern, um jeweils auf der Basis des veränderten Kennfelds das Verstellventil 20 besser an den jeweiligen Zustand des Aggregats 14 angepasst steuern zu können. Die Änderung der Sollwerte des Kennfelds oder die Auswahl eines von mehreren vorgegebenen Kennfeldern wird vorteilhafterweise automatisch vorgenommen, beispielsweise anhand des bereits genannten Kilometerstands oder der Betriebsdauer oder einer Erfassung des Fluidversorgungsdrucks P_{14} und Vergleich mit einem oder in Form eines Kennfelds vorgegebenen Druck-Sollwert(en), wobei solch ein Soll/Ist-Vergleich zwar für eine Druckregelung des Verstellventils 20 verwendet werden könnte, vorzugsweise aber lediglich für die Auswahl des zu verwendenden Druck- oder Volumenstrom-Kennfelds oder die Veränderung der Druck- oder Volumenstrom-Sollwerte eines einzigen vorgegebenen Kennfelds zur Steuerung verwendet wird.

[0048] In den Figuren 3 und 4 wird für die Erzeugung des Ventilstelldrucks P_{20} von dem zurückgeführten Teilstrom 16 nochmals ein Teilstrom 17 vor dem Verstellventil 20 abgezweigt und damit ein Ventilkolben des Verstellventils 20 der Ventildfeder 25 entgegen beaufschlagt.

[0049] Figur 5 zeigt in einem Längsschnitt ein in Bezug auf die Erzeugung des Ventilstelldrucks P_{20} modifiziertes Verstellventil 20. Der Ventilstelldruck P_{20} wird anders als bei dem Verstellventil der Figur 4 nicht mittels eines zusätzlichen Teilstroms, in den Figuren 3 und 4 der Teilstrom 17, sondern mittels des zu steuernden oder zu regelnden Durchflusses des Teilstroms 16 erzeugt. Von dieser Modifikation abgesehen gelten die zum Verstellventil 20 der Figuren 3 und 4 gemachten Ausführungen

auch für das modifizierte Verstellventil 20 und die hierzu gemachten Ausführungen auch für das Verstellventil 20 der Figuren 3 und 4.

[0050] Das Verstellventil 20 weist ein Ventilgehäuse 21 und einen in dem Ventilgehäuse 21 längs einer zentralen Ventilachse S axial hin und her beweglichen Ventilkolben 22 auf. Von der Verstelleinrichtung sind eine Magnetspule 27 und ein aus Weicheisen gebildeter Anker 28 dargestellt. Angedeutet sind auch die elektrischen Anschlüsse der Magnetspule 27. Die Magnetspule 27 ist fest mit dem Ventilgehäuse 21 verbunden und umgibt den Anker 28. Der Anker 28 ist mit dem Ventilkolben 22 axial nicht beweglich verbunden, so dass der Ventilkolben 22 und der Anker 28 Axialbewegungen wie eine Einheit ausführen.

[0051] Der Ventilkolben 22 weist eine erste Wirkfläche 23 und eine zweite Wirkfläche 24 für den Ventilstelldruck P_{20} auf. Die Wirkflächen 23 und 24 begrenzen axial gemeinsam einen Fluidraum 26 und sind einander axial zugewandt. Die Wirkfläche 23, auf die der Ventilstelldruck P_{20} der Ventildfeder 25 entgegen wirkt, ist größer als die Wirkfläche 24, wobei in Figur 5 die Verhältnisse übertrieben dargestellt sind. Tatsächlich ist der Größenunterschied nur geringfügig, allerdings so definiert, dass der Ventilstelldruck P_{20} auf den Ventilkolben 22 stets eine dem Größenunterschied der Wirkflächen 23 und 24 entsprechende Differenzkraft ausübt, die der Kraft der Ventildfeder 25 entgegenwirkt. Da der Ventilkolben 22 sehr genau auf den Größenunterschied der Wirkflächen 23 und 24 gefertigt werden kann, kann auch die Differenzkraft entsprechend klein und die Ventildfeder 25 vorteilhafterweise weicher als im Ausführungsbeispiel der Figur 4 sein. Entsprechend geringe Kräfte benötigt die Verstelleinrichtung 27, 28. Das Verstellventil 20 wird insgesamt feinfühleriger, und es können die Schaltzeiten des Verstellventils 20 verkürzt werden.

[0052] Der Einlass I für das zu steuernde oder regelnde Fluid mündet in allen Schaltstellungen des Verstellventils 20 in den Fluidraum 26. In der dargestellten Schaltstellung, die der Schaltstellung des Verstellventils 4 in den Figuren 3 und 4 entspricht, mündet der Anschluss B in den Fluidraum 26, und der Ventilkolben 22 trennt den Fluidraum 26 und somit den Einlass I von dem anderen Anschluss A. Entsprechend wird das Fluid des Teilstroms 16 in den Druckraum 9 zurückgeführt, während der Druckraum 8 über den Anschluß A mit dem Reservoir 11 verbunden und somit drucklos geschaltet ist. In dieser Schaltstellung ist der Anschluss A über einen Raum des Ventilgehäuses 21, in dem die Ventildfeder 25 angeordnet ist, mit dem Auslass O und über diesen mit dem Reservoir 11 verbunden. Wechselt das Stellsignal sein Signallevel, im Ausführungsbeispiel vom unteren auf das obere Signallevel, wird die Magnetspule 27 bestromt und verschiebt den Anker 28 gegen die Kraft der Ventildfeder 25 in axialer Richtung zunächst in die mittlere Schaltstellung und bei entsprechend langer Einschaltzeit bis in die andere extreme Schaltstellung, die erste Schaltstellung. In der mittleren Schaltstellung trennt der Ven-

tilkolben 22 beide Anschlüsse A und B von dem Fluidraum 26, in den nach wie vor der Einlass I mündet. In der ersten Schaltstellung nimmt der Ventilkolben 22 solch eine axiale Position ein, dass der Fluidraum 26 in axialer Überlappung sowohl mit dem Einlass I als auch mit dem Anschluss A ist, während der Ventilkolben 22 in der betreffenden axialen Position den Anschluß B von dem Fluidraum 26 fluidisch trennt. In der ersten Schaltstellung wird das Fluid des Teilstroms 16 durch den Fluidraum 26 und den Anschluss A in den Druckraum 8 geleitet, während der Druckraum 9 über den Anschluss B und einen Durchlass C des Ventilkolbens 22 mit dem Auslass O und schließlich mit dem Reservoir 11 verbunden ist.

[0053] Der Ventilkolben 22 ist hohl. Der Durchlass C ist in einem zylindrischen Mantelbereich des Ventilkolbens 22 geformt, der sich an die Wirkfläche 24 in Richtung auf den Anker 28 anschließt und mit dem umgebenden Mantel des Ventilgehäuses 21 einen engen Dichtspalt bildet, der die Verstelleinrichtung 27, 28 fluidisch von dem Fluidraum 26 trennt. An die Wirkfläche 23 schließt sich radial außen und von der Verstelleinrichtung 27, 28 weg ebenfalls ein zylindrischer Mantelbereich des Ventilkolbens 22 an, der mit dem Ventilgehäuse 21 einen weiteren engen Dichtspalt bildet, solange das Verstellventil 20 nicht die erste Schaltstellung einnimmt, in der der Ventilkolben 22 die axiale Position einnimmt, in der der Fluidraum 26 sich in einer axialen Überlappung mit dem Anschluss A befindet.

[0054] Die Verstelleinrichtung 27, 28 mit der zugeordneten Steuerungseinrichtung schaltet das Verstellventil 20 über den gesamten Betriebsbereich des Aggregats 14 und steuert oder regelt die axiale Position der Verstelleinheit 5-7 und infolgedessen das Fördervolumen der Verdrängerpumpe über den gesamten Volumenstrombereich, der für die angepasste Versorgung des Aggregats 14 erforderlich ist. Der fluidische Ventilstelldruck P_{20} und die Ventildfeder 25 dienen als Backup-Befehlschlagung für den Fall, dass die Verstelleinrichtung 27, 28 oder die zugeordnete Steuerungseinrichtung aufgrund eines Defekts ausfällt, beispielsweise wegen eines Kabelbruchs oder einer gelösten elektrischen Steckverbindung. Das Verstellventil 20 ist so ausgelegt, dass im Falle eines Ausfalls das Fördervolumen der Pumpe von Maximal in Richtung Minimal erst bei Erreichen eines Fluidversorgungsdrucks P_{14} verstellt wird, der größer ist als ein größter Fluidversorgungsdruck P_{14} , der sich bei ordnungsgemäßer Funktion des Verstellventils 20 einstellt. Hierfür ist die Ventildfeder 25 mit einer Vorspannkraft eingebaut, die größer ist als eine Kraft, die ein größter Ventilstelldruck P_{20} , der sich bei ordnungsgemäßer Funktion einstellen kann, auf den Ventilkolben 22 ausübt.

Bezugszeichen:

[0055]

1	Pumpengehäuse		Ventilstelldruck (P_{20}) ausgeübten Kraft oder gegen diese Kraft verstellbar ist.
1a	Umschlingung		
2	Einlass		
3	Auslass		
4	Förderglied	5	2. Verstellventil nach dem vorhergehenden Anspruch und wenigstens einem der folgenden Merkmale:
5	Förderglied		
6	Stellkolben		
7	Stellkolben		- die Verstelleinrichtung (27, 28) ist elektrisch betätigbar;
8	Druckraum		
9	Druckraum	10	- die Verstelleinrichtung (27, 28) ist als Magnetverstelleinrichtung gebildet;
10	Pumpenfeder		- die Verstelleinrichtung (27, 28) wirkt der Kraft der Ventulfeder (25) entgegen.
11	Reservoir		
12	Leitung		
13	Kühl- und Reinigungseinrichtung		
14	Aggregat	15	3. Verstellventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:
15	Leitung		
16	Teilstrom		
17	Teilstrom		
18	Leitung		- das Verstellventil (20) ist ein Proportionalventil;
19	Leitung	20	- das Verstellventil (20) wird pulsmoduliert, vorzugsweise pulsweitenmoduliert, gesteuert oder geregelt;
20	Verstellventil		- das Verstellventil (20) wird stromgesteuert oder -geregelt;
21	Ventilgehäuse		- das Verstellventil (20) wird spannungsgesteuert oder -geregelt;
22	Ventilcalben		- das Verstellventil (20) weist wenigstens drei Anschlüsse (I, O, A, B), vorzugsweise vier Anschlüsse für das Fluid auf;
23	Wirkfläche		- das Verstellventil (20) ist zwischen wenigstens zwei Schaltstellungen, vorzugsweise drei Schaltstellungen umschaltbar;
24	Wirkfläche	25	- das Verstellventil (20) ist ein Wegeventil.
25	Ventulfeder		
26	Fluidraum		
27	Magnetspule		
28	Anker		
A	Anschluss	30	4. Verstellventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
B	Anschluss		
I	Einlass		- eine Steuerungs- oder Regelungseinrichtung für die Steuerung oder Regelung eines von der Verdrängerpumpe zu erzeugenden Fluidversorgungsdrucks (P_{14}) oder zu fördernden Volumenstroms (V_{14})
O	Auslass		- und eine Sollwertvorgabe für die Vorgabe wenigstens eines Druck- oder Volumenstrom-Sollwerts, vorzugsweise eines in vorgegebener Weise variablen Sollwerts,
S	Ventilachse		- wobei die Steuerungs- oder Regelungseinrichtung die Verstelleinrichtung (27, 28) in Abhängigkeit von dem Sollwert steuert oder regelt.
t	Periodendauer	35	5. Verstellventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend
D	Drehzahl		
L	Last		
T	Temperatur		
P_{14}	Fluidversorgungsdruck		
V_{14}	Volumenstrom	40	- eine Regelungseinrichtung für die Regelung eines von der Verdrängerpumpe zu erzeugenden Fluidversorgungsdrucks (P_{14}),

Patentansprüche

1. Verstellventil für die Verstellung des Fördervolumens einer Verdrängerpumpe, das Verstellventil umfassend
 - a) ein Ventilgehäuse (21),
 - b) einen in dem Ventilgehäuse (21) beweglich gelagerten Ventilkolben (22) mit einer Wirkfläche (23) für einen Ventilstelldruck (P_{20}) eines Fluids,
 - c) eine Ventulfeder (25), die einer von dem Ventilstelldruck (P_{20}) auf den Ventilkolben (22) ausgeübten Kraft entgegen wirkt,
 - d) und eine Verstelleinrichtung (27, 28), mittels der der Ventilkolben (22) in Richtung der vom

vorzugsweise eines in vorgegebener Weise variablen Soll-werts

- und einen Sensor für die Ermittlung eines Ist-werts des Fluidversorgungsdrucks (P_{14}),
- wobei die Regelungseinrichtung den Istwert mit dem Sollwert vergleicht und in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs die Verstell-

5

6. Verstellventil nach einer Kombination der zwei vorhergehenden Ansprüche, umfassend eine Kontrolleinrichtung, mittels der das Verstellventil (20) von der Steuerung des Fluidversorgungsdrucks (P_{14}) oder Volumenstroms (V_{14}) auf die Regelung des Fluidversorgungsdrucks (P_{14}) oder Volumenstroms (V_{14}) umstellbar ist.

10

7. Verstellventil nach einen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ventildfeder (25) vorgespannt ist und auf den Ventilkolben (22) eine Vorspannkraft ausübt, die größer ist als eine Kraft, die ein bei ordnungsgemäßer Funktion der Verstelleinrichtung (27, 28) größter Ventilstelldruck (P_{20}) auf den Ventilkolben (22) ausübt.

20

8. Verstellventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Ventilkolben (22) eine weitere Wirkfläche (24) für den Ventilstellruck (P_{20}) aufweist und die Wirkflächen (2.3, 24) einander entgegen wirkend angeordnet und der Größe nach unterschiedlich sind, um dem Größenunterschied der Wirkfläche (23, 24) entsprechend eine auf den Ventilkolben (22) der Ventildfeder (25) entgegen wirkende Differenzkraft zu erzeugen.

25

30

9. Verstellventil nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Wirkflächen (2.3, 24) einander in Richtung der Beweglichkeit des Ventilkolbens (22) zugewandt den gleichen Fluidraum (26) begrenzen.

35

40

10. Verstellventil nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem der Ventilkolben (22) zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position hin und her beweglich ist, in der ersten Position des Ventilkolbens (22) ein Einlass (I) und ein Anschluss (A) für ein den Ventilstelldruck (P_{20}) erzeugendes Druckfluid in den Fluidraum (26) münden und der Ventilkolben (22) in der zweiten Position den Anschluss (A) von dem noch immer in den Fluidraum (26) mündenden Einlass (I) trennt.

45

50

11. Verstellventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Ventilgehäuse (21) einen Einlass (I), einen ersten Anschluß (A) und einen zweiten Anschluss (B) für ein Druckfluid aufweist, der Ventilkolben (22) zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position hin und her beweglich ist

55

und der Einlass (I) bei in der ersten Position befindlichem Ventilkolben (22) mit dem ersten Anschluss (A) verbunden und von dem zweiten Anschluss (B) getrennt und bei in der zweiten Position befindlichem Ventilkolben (22) mit dem zweiten Anschluss (B) verbunden und von dem ersten Anschluss (A) getrennt ist, um das Druckfluid wahlweise entweder über den ersten Anschluss (A) oder den zweiten Anschluss (B) zu der Pumpe zu leiten.

12. Verdrängerpumpe mit verstellbarem Fördervolumen, umfassend:

- a) ein Pumpengehäuse (1),
- b) eine in dem Pumpengehäuse (I) gebildete Förderkammer mit einem Einlass (2) für ein Fluid auf einer Niederdruckseite und einem Auslass (3) für das Fluid auf einer Hochdruckseite der Pumpe,
- c) ein in der Förderkammer bewegliches Förderglied (5) für die Förderung des Fluids
- d) und ein für die Verstellung des Fördervolumens in einem von dem Förderglied (5) geförderten Strom des Fluids angeordnetes Verstellventil (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

13. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei

- zu einer Stirnseite des Förderglied (5) oder das Förderglied umgebend für die Verstellung des Fördervolumens in dem Pumpengehäuse (1) ein Stellglied (6, 7) bewegbar angeordnet ist,
- das Stellglied (6, 7) in Richtung seiner Bewegbarkeit mit einer von dem Bedarf eines mit dem Fluid zu versorgenden Aggregats (14) abhängigen Stellkraft beaufschlagbar ist,
- wobei das Stellglied (6, 7) und das Förderglied (5) Bestandteil einer in dem Pumpengehäuse (1) als Gesamtheit hin und her bewegbaren Verstelleinheit (5, 6, 7) sind oder eines aus Stellglied und Förderglied relativ zu dem anderen und dem Pumpengehäuse verstellbar ist.

14. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch und wenigstens einem der folgenden Merkmale:

- die Pumpe ist eine Rotationspumpe, und das Förderglied (5) ist ein in der Förderkammer um eine Drehachse (R_5) drehbar angeordneter Förderrotor;
- der Stellkraft entgegen wirkend ist eine Pumpenfeder (10) angeordnet.

15. Verdrängerpumpe nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche, wobei das Stellglied (6, 7) mit

dem Fluid der Hochdruckseite der Pumpe beaufschlagbar ist, um die Stellkraft zu erzeugen.

15. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Stellglied (6, 7) einen doppeltwirkenden Stellkolben mit einer ersten Kolbenfläche und einer- von der ersten Kolbenfläche abgewandten zweiten Kolbenfläche bildet, die erste Kolbenfläche über einen ersten Anschluss (A) des Verstellventils (20) und die zweite Kolbenfläche über einen zweiten Anschluss (B) des Verstellventils (20) mit einem Druckfluid, vorzugsweise dem Fluid der Hochdruckseite der Pumpe, beaufschlagbar sind und der Ventilkolben (22) zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position hin und her bewegbar ist, wobei das Verstellventil (20) in der ersten Position des Ventilkolbens (22) das Druckfluid nur zu der ersten Kolbenfläche und in der zweiten Position nur zu der zweiten Kolbenfläche leitet.

17. Verdrängerpumpe nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:

- das Stellglied (6, 7) ist gemeinsam mit dem Förderglied (5) oder relativ zu dem Förderglied (5) in Bezug auf die Drehachse (R_5) axial oder quer bewegbar;
- das Förderglied (5) ist mit einem weiteren Förderglied (4) der Verdrängerpumpe in einem Fördereingriff, um das Fluid zu fördern;
- die Pumpe ist eine Außenzahnrad- oder Innenzahnradpumpe;
- das Stellglied (6, 7) weist einen ersten Stellkolben (6) und einen zweiten Stellkolben (7) auf, und das Förderglied (5) ist axial zwischen den Stellkolben (6, 7) angeordnet und mit den Stellkolben (6, 7) als Verstelleinleitung (5, 6, 7) im Fördereingriff relativ zu dem weiteren Förderglied (4) axial hin und her bewegbar;
- die Pumpe ist eine Flügelpumpe, Pendelschieberpumpe oder Innenzahnradpumpe, und das Stellglied ist ein das Förderglied umgebender, quer zu der Drehachse des Förderglieds bewegbarer Stellring.

18. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das von der Verdrängerpumpe geforderte Fluid auf der Hochdruckseite der Pumpe, vorzugsweise stromabwärts von einer Reinigungseinrichtung (13), abgezweigt und über das Regelventil (20) zurück zu der Pumpe geführt wird, um dort die Stellkraft zu erzeugen.

19. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das zurückgeführte Fluid den Ventilsteildruck (P_{20}) erzeugt, vorzugsweise während des Durchströmens des Verstellventils (20).

20. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend

- eine Erfassungseinrichtung für die Erfassung wenigstens einer physikalischen Größe (T, D, L), die den Fluidbedarf eines von der Pumpe zu versorgenden Aggregats (14) kennzeichnet
- eine Sollwertvorgabe, die in Abhängigkeit von der wenigstens einen erfassten physikalischen Größe (T, D, L) einen Sollwert für einen von der Verdrängerpumpe zu fördernden Volumenstrom (V_{14}) oder zu erzeugenden Fluidversorgungsdruck (P_{14}) bildet,
- und eine Steuerungs- oder Regelungseinrichtung, die in Abhängigkeit von dem Sollwert die Verstelleinrichtung (27, 28) des Verstellventils (20) steuert oder regelt.

21. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, umfassend einen Sensor für die Ermittlung eines Istwerts des Volumenstroms (V_{14}) oder Fluidversorgungsdrucks (P_{14}), wobei die Regelungseinrichtung in Abhängigkeit von einem Vergleich des Sollwerts und des Istwerts eine Stellgröße für die Verstelleinrichtung (27, 28) des Verstellventils (20) bildet.

22. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche und wenigstens einem der folgenden Merkmale:

- die Pumpe wird als Schmierölpumpe in einem Fahrzeug für die Versorgung einer Brennkraftmaschine (14) mit Schmieröl oder eines Automatikgetriebes mit Hydraulikflüssigkeit verwendet,
- die Pumpe wird von der Brennkraftmaschine (14) angetrieben.

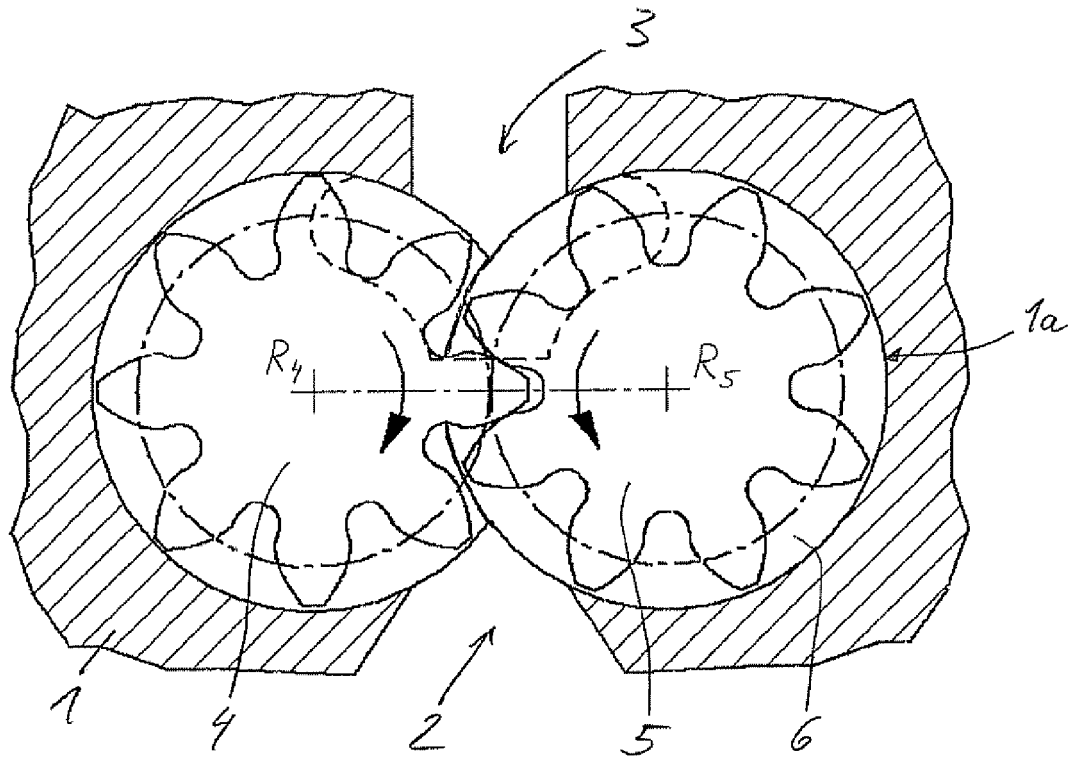


Fig. 1

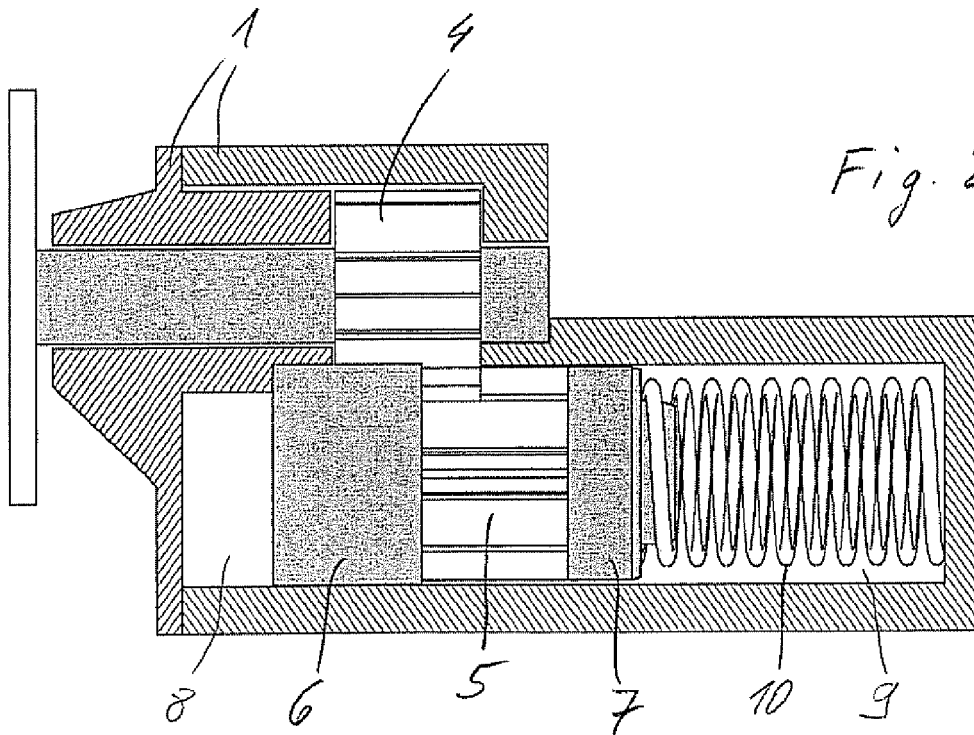


Fig. 2

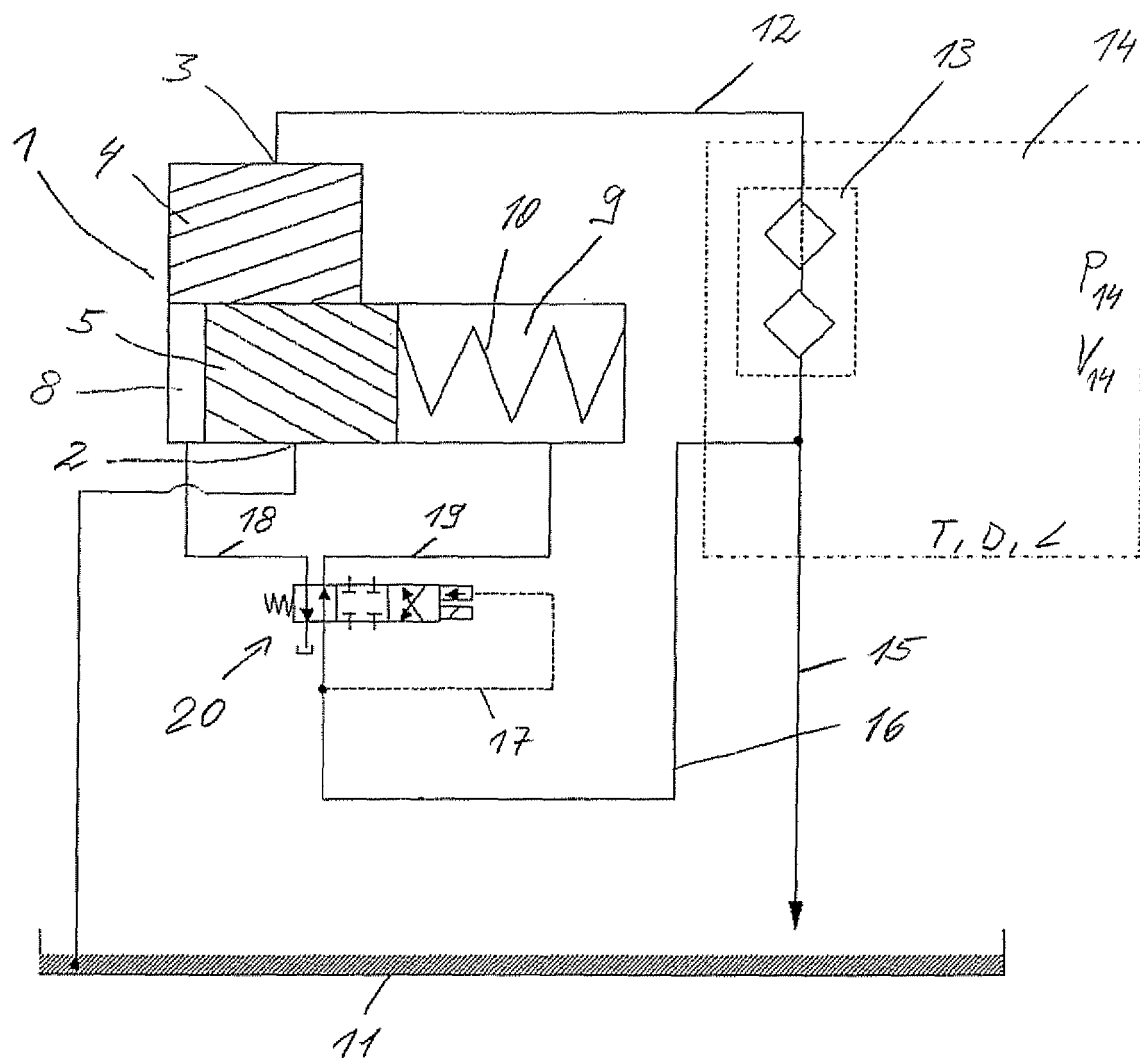
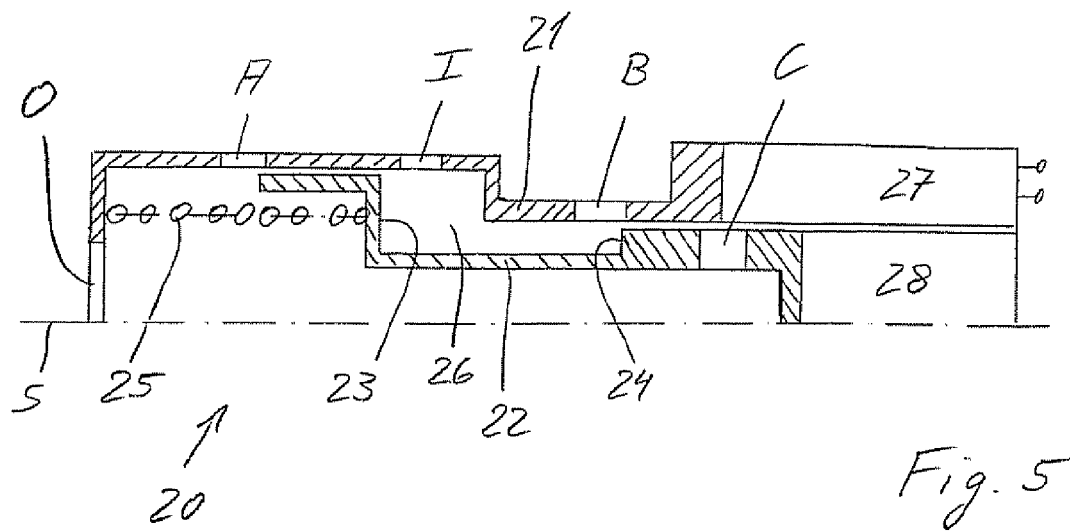
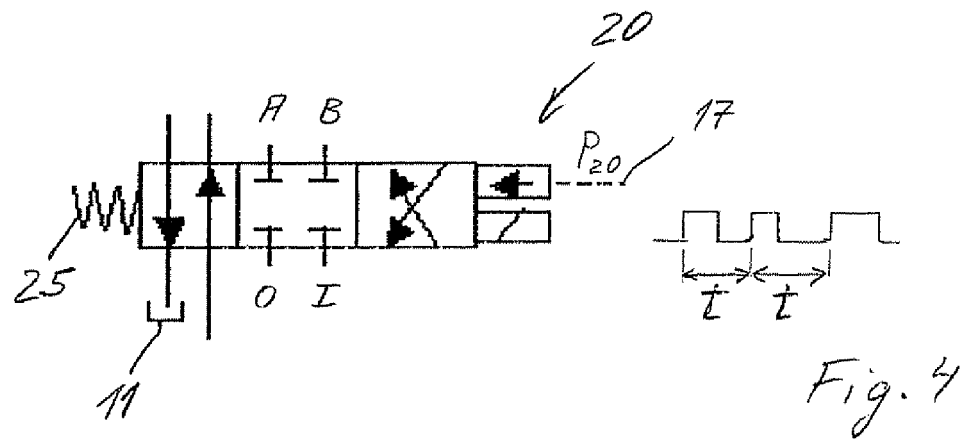


Fig. 3



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

- US 6126420 A [0002] [0009]
- US 6244839 B1 [0003] [0009]
- WO 03058071 A1 [0004]
- US 6283735 B1 [0009]
- EP 1262025 A2 [0009]
- US 6935851 B2 [0011]