



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 363 025 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**19.11.2003 Patentblatt 2003/47**

(51) Int Cl.7: **F04C 2/10, F04C 15/04**

(21) Anmeldenummer: **03011033.2**

(22) Anmeldetag: **19.05.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

(72) Erfinder: **Missel, Gerold**  
**88427 Bad Schussenried (DE)**

(74) Vertreter: **Wess, Wolfgang, Dipl.-Ing.**  
**Patentanwälte Schwabe, Sandmair, Marx**  
**P.O. Box 86 02 45**  
**81629 München (DE)**

(30) Priorität: **17.05.2002 DE 10222131**

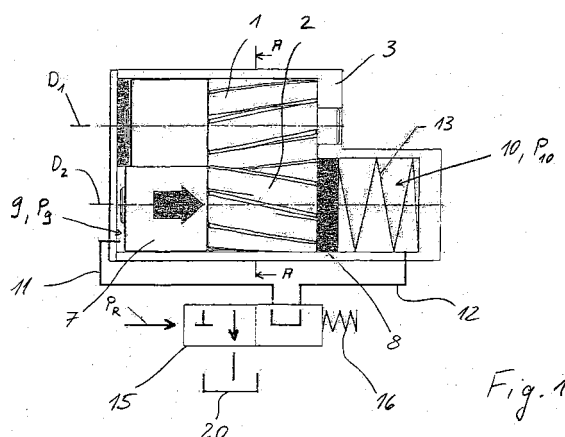
(71) Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke GmbH**  
**73433 Aalen-Wasseraltingen (DE)**

(54) **Verdrängerpumpe mit Fördervolumenverstellung**

(57) Verdrängerpumpe mit verstellbarem spezifischen Fördervolumen, umfassend:

- a) ein Gehäuse (3), das eine Förderkammer (4) enthält, in die an einer Niederdruckseite der Pumpe wenigstens ein Einlass (5) für Fluid und an einer Hochdruckseite der Pumpe wenigstens ein Auslass (6) für Fluid münden,
- b) wenigstens zwei in der Förderkammer (4) aufgenommene, drehantreibbare Förderräder (1, 2), die miteinander in einem Fördereingriff sind, um das Fluid von dem Einlass (5) zu dem Auslass (6) zu fördern, wobei die Förderräder (1, 2) so verstellbar sind, dass durch eine Verstellung der Förderräder (1, 2) relativ zueinander oder relativ zu dem Einlass (5) und/oder dem Auslass (6) das spezifische Fördervolumen der Pumpe verstellt wird,
- c) einen Kolben (7/8; 25), der für die Verstellung der Förderräder (1, 2) mit wenigstens einem der Förderräder (1, 2) gekoppelt ist,
- d) einen ersten Druckraum (9) und einen zweiten Druckraum (10) für eine Beaufschlagung des Kolbens (7/8; 25) je mit Fluid der Hochdruckseite, wobei ein auf den Kolben (7/8; 25) wirkender Fluidruck ( $P_9$ ) des ersten Druckraums (9) einem auf den Kolben (7/8; 25) wirkenden Fluidruck ( $P_{10}$ ) des zweiten Druckraums (10) entgegenwirkt,
- e) eine erste Fluidverbindung (11), die den ersten Druckraum (9) mit der Hochdruckseite verbindet, und eine zweite Fluidverbindung (12), die den zweiten Druckraum (10) mit der Hochdruckseite verbindet,
- f) ein Federelement (13), das dem in dem ersten Druckraum (9) auf den Kolben (7/8; 25) wirkenden

Fluidruck ( $P_9$ ) entgegenwirkt, g) und einen Regler (15), der den Fluidruck ( $P_{10}$ ) des zweiten Druckraums (10) in Abhängigkeit von einer für die Fluidförderung der Pumpe maßgeblichen Regelgröße ( $P_R$ ) der Hochdruckseite regelt.



EP 1 363 025 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verdrängerpumpe mit einer Verstellung ihres spezifischen Fördervolumens. Die Pumpe umfasst wenigstens zwei drehgelagerte Förderräder, die miteinander in einem Fördereingriff sind, um bei einem Drehantrieb von wenigstens einem der Förderräder ein Arbeitsfluid unter Druckerhöhung von einer Niederdruckseite der Pumpe zu einer Hochdruckseite der Pumpe zu fördern. Die Erfindung betrifft ferner ein die Pumpe umfassendes System für die Versorgung eines Aggregats mit einem Arbeits- oder Schmierfluid. In bevorzugten Verwendungen dient die Pumpe der Versorgung eines Verbrennungsmotors mit Schmieröl, d.h. sie bildet in dieser Verwendung die Schmierölpumpe des Motors. Als spezifisches Fördervolumen wird das auf eine Drehzahl von einem der Förderräder bezogene Fördervolumen der Pumpe [Fördervolumen/Drehzahl] verstanden.

[0002] Bei Verdrängerpumpen, beispielsweise Zahnradpumpen, ist das spezifische Fördervolumen konstant und das Fördervolumen daher proportional der Drehzahl der Förderräder, solange der Füllgrad der von den Förderrädern gebildeten Förderzellen 100 % ist.

[0003] In vielen Anwendungsfällen ist diese Proportionalität störend. Bei einer Presse beispielsweise ist für den Eilgang eine hohe Liefermenge an Drucköl notwendig, in der Endphase des Arbeitshubs der Presse wird jedoch nur noch hoher Druck gefordert, während der Bedarf an Öl-Fördervolumen auf Null zurückgeht. Da die Antriebsdrehzahl der Pumpe in der Regel konstant bleibt, entsteht ein unter hohem Druck stehender Ölstromüberschuss, der Energieverlust behaftet in einen Öltank zurückströmt.

[0004] Störend ist ein Ölstromüberschuss beispielsweise auch bei Motorschmierpumpen und Ölversorgungspumpen von automatischen Getrieben von Kraftfahrzeugen. Diese Aggregate benötigen zwar bei niedriger Motordrehzahl und damit niedriger Pumpendrehzahl, insbesondere im Leerlauf, ein Mindestfördervolumen und bei hoher Drehzahl einen Mindestöldruck, der Fluidbedarf bei höherer Drehzahl liegt aber weit unterhalb der Proportionalitätslinie.

[0005] Das spezifische Fördervolumen von Pumpen sollte dem Bedarf des Verbrauchers, beispielsweise ein Verbrennungsmotor, ein Automatikgetriebe oder eine Presse, angepasst sein, d.h. es sollte verstellbar sein. Die Verstellung des spezifischen Fördervolumens erfolgt bei bekannten Verdrängerpumpen durch eine Verstellung des Fördereingriffs der Förderräder. Hierfür sind eine ganze Reihe von Verstellmechanismen bekannt.

[0006] In der DE 198 47 132 C2 wird eine Außenzahnradpumpe beschrieben, deren spezifisches Fördervolumen abgeregelt ist, so dass es ab einer vorgegebenen Grenzdrehzahl mit weiter steigender Antriebsdrehzahl der Pumpe nur noch unterproportional zur Drehzahl steigt oder sogar konstant bleibt. Die Pumpe weist zwei

außenverzahnte Stirnräder auf, die in einer Förderkammer der Pumpe aufgenommen sind und miteinander kämmen. Der Fördereingriff wird durch den Zahneingriff der beiden Stirnräder gebildet. Um das spezifische Fördervolumen der Pumpe zu begrenzen, ist eines der beiden Stirnräder auf einem Kolben drehgelagert. Der Kolben ist in einem Gehäuse der Pumpe geradverschiebbar aufgenommen und wird zum Zwecke seiner Verschiebung auf einer Kolbenseite mit dem von der Pumpe geförderten Fluid von der Hochdruckseite der Pumpe beaufschlagt. Dem Fluidruck wirkt auf der gegenüberliegenden Kolbenseite ein Federelement entgegen. Aus dem Kräftegleichgewicht von Fluidruck und Federkraft ergibt sich die Verschiebeposition des Kolbens und damit auch die axiale Position des auf dem Kolben gelagerten Stirnrads relativ zu den anderen, nicht verschiebbaren Stirnrädern. Es wird daher durch die Verschiebewegung des Kolbens die axiale Eingriffslänge der beiden Stirnräder und dadurch das spezifische Fördervolumen der Pumpe verändert. Der Kolben wird mit dem Fluid der Hochdruckseite so beaufschlagt, dass mit zunehmendem Fluidruck die Eingriffslänge der beiden Stirnräder gegen die rückstellende Federkraft des Federelements verringert wird.

[0007] In Bezug auf die Verstellung des spezifischen Fördervolumens vergleichbare Außenzahnradpumpen sind aus der DE 41 21 074 A1 und der DE 35 28 651 A1 bekannt.

[0008] Aus der EP 1 182 351 ist auch eine Innenzahnradpumpe bekannt, deren spezifisches Fördervolumen verstellbar ist. Die Pumpe weist ein außenverzahntes Innenrad und ein innenverzahntes Hohlrad auf, die um exzentrische Drehachsen in einer Förderkammer des Pumpengehäuses drehbar aufgenommen sind und für die Fluidförderung drehangetrieben werden. Die beiden Förderräder bilden in Drehrichtung von einer Stelle tiefsten Zahneingriffs bis zu einer Stelle geringsten Zahneingriffs expandierende Förderzellen und von der Stelle geringsten Zahneingriffs bis zu der Stelle tiefsten Zahneingriffs komprimierende Förderzellen. Im Bereich der expandierenden Förderzellen mündet ein Einlass in die Förderkammer und im Bereich der komprimierenden Förderzellen mündet in die Kammer ein Auslass. Die expandierenden Fluidzellen saugen Fluid von dem Einlass an, und die komprimierenden Förderzellen verdrängen das Fluid durch den Auslass. Um das spezifische Fördervolumen der Pumpe verstellen zu können, ist das Hohlrad in einem Exzentering drehbar gelagert. Der Exzentering ist in dem Gehäuse um eine zu der Drehachse des Hohlrads exzentrische Drehachse ebenfalls drehbar gelagert. Durch eine Verstellung der Drehwinkelposition des Exzenterings relativ zu dem Einlass und dem Auslass wird die Verstellung des spezifischen Fördervolumens vorgenommen. Um die Drehwinkelposition des Exzenterings zu verstellen, wirkt ein Kolben über eine Zahnstange auf den Exzentering, so dass axiale Kolbenbewegungen in Verstell Drehbewegungen des Exzenterings übertragen werden. Der Kolben wird,

wie bereits der Kolben bei den bekannten Außenzahnpumpen, auf einer Seite mit dem Fluidruck der Hochdruckseite beaufschlagt und dem Fluidruck entgegenwirkend mit der Federkraft eines rückstellenden Federelements.

**[0009]** Die bekannten Verstellmechanismen erfordern große Rückstellkräfte während des gesamten Pumpenbetriebs. Falls das Rückstellelement, das dem auf den Kolben wirkenden Fluidruck entgegenwirkt, ein Federelement ist, muss der Federraum, der das Federelement aufnimmt, wegen der erforderlichen Federkräfte sehr lang sein. Gegebenenfalls muss das Federelement als Mehrfachfeder, beispielsweise Doppelfeder, ausgebildet sein.

**[0010]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Verdrängerpumpe zu schaffen, die eine raumsparende, preiswerte und im Dauerbetrieb standfeste Verstellrichtung für eine Verstellung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe aufweist.

**[0011]** Die Erfindung betrifft eine Verdrängerpumpe, deren spezifisches Fördervolumen verstellbar ist und die ein Gehäuse mit einer Förderkammer, wenigstens zwei in der Förderkammer aufgenommene Förderräder und eine Verstellrichtung für die Verstellung ihres spezifischen Fördervolumens umfasst. In die Förderkammer münden wenigstens ein Einlass und wenigstens ein Auslass für ein von der Pumpe zu förderndes Fluid. Der Einlass ist mit einer Niederdruckseite der Pumpe und der Auslass ist mit einer Hochdruckseite der Pumpe verbunden. Als Niederdruckseite wird das gesamte Fluidführungssystem von einem Fluidreservoir bis hin zu dem Einlass in die Förderkammer, d.h. das gesamte Fluidführungssystem stromaufwärts von dem Einlass einschließlich der in dem Gehäuse gebildeten Fluidzuführkanäle verstanden. Als Hochdruckseite wird das gesamte Fluidführungssystem unmittelbar stromabwärts von dem Auslass aus der Förderkammer bis wenigstens zu einem nächsten Aggregat verstanden, das von der Pumpe mit dem Fluid versorgt wird. Muss eine Mehrzahl von Aggregaten versorgt werden, so bildet derjenige Teil des Fluidführungssystems die Hochdruckseite, der sich von dem Abfluss stromabwärts bis wenigstens einschließlich dem letzten der zu versorgenden Aggregate erstreckt.

**[0012]** Die wenigstens zwei, vorzugsweise genau zwei, Förderräder sind drehantreibbar und stehen miteinander in einem Fördereingriff, um das Fluid unter Druckerhöhung von dem Einlass zu dem Auslass zu fördern. Um das spezifische Fördervolumen der Pumpe verstellen zu können, sind die Förderräder relativ zueinander oder relativ zu dem Zufluss oder relativ zu dem Abfluss oder relativ zu dem Zufluss und dem Abfluss verstellbar.

**[0013]** Die Verstellrichtung umfasst einen Kolben, der für die Verstellung der Förderräder mit wenigstens einem der Förderräder gekoppelt ist. Die Kopplung kann insbesondere bei Ausbildung der Verdrängerpumpe als Außenzahnpumpe darin bestehen, dass eines der

Förderräder, wie bei den bekannten Außenzahnpumpen, auf dem Kolben drehgelagert und zusammen mit dem Kolben und relativ zu dem anderen Förderrad axial verschiebbar ist. Die Kopplung kann jedoch auch erst von einem Verstellgetriebe gebildet werden, das eine Verstellbewegung des Kolbens in eine Verstellbewegung der Förderräder umwandelt. Ein Beispiel für solch eine Kopplung ist für eine Innenzahnpumpe beispielsweise aus der genannten EP 1 182 351 bekannt.

**[0014]** Zu der Verstellrichtung gehören ferner ein erster Druckraum und ein zweiter Druckraum je für eine Beaufschlagung des Kolbens mit dem Fluidruck der Hochdruckseite. Der Kolben ragt mit einer ersten Kolbenfläche in den ersten Druckraum und mit einer zweiten Kolbenfläche in den zweiten Druckraum. Der in dem ersten Druckraum auf den Kolben wirkende Fluidruck wirkt dem in der zweiten Druckkammer auf den Kolben wirkenden Fluidruck entgegen. Die beiden Druckräume sind je über eine Fluidverbindung mit der Hochdruckseite verbunden. Die Fluidverbindung mit der Hochdruckseite kann je eigenständig gebildet sein, d.h. die beiden Druckräume können parallel mit der Hochdruckseite verbunden sein. Die beiden Druckräume können jedoch auch miteinander und dann erst gemeinsam mit der Hochdruckseite verbunden sein. Schließlich kann die Fluidverbindung der Hochdruckseite auch so gestaltet sein, dass der eine der beiden Druckräume an die Hochdruckseite angeschlossen ist und der andere der beiden Druckräume mit diesem unmittelbar angeschlossenen Druckraum und dadurch erst mit der Hochdruckseite verbunden ist. Im letzteren Fall kann die Verbindung durch den Kolben hindurch oder bevorzugt unter Umgehung des Kolbens gebildet sein.

**[0015]** Die Verstellrichtung umfasst ferner ein Federelement, vorzugsweise eine mechanische Feder, das dem in dem ersten Druckraum auf den Kolben wirkenden Fluidruck entgegenwirkt. Ein Federraum, in dem das Federelement angeordnet ist, wird vorzugsweise von dem zweiten Druckraum gebildet. Grundsätzlich wäre es jedoch auch denkbar, dass das Federelement außerhalb des zweiten Druckraums angeordnet ist und dem Fluidruck in dem ersten Druckraum entgegenwirkt.

**[0016]** In einer Ausgangsstellung des Kolbens, in der die Förderräder bereits fördern, sind die Fluiddrücke in den beiden Druckräumen vorzugsweise gleich, so dass das Federelement in der Ausgangsstellung nicht mit Fluidruck belastet ist. Die Fluiddrücke können grundsätzlich jedoch auch in der Ausgangsstellung unterschiedlich gewählt sein. So kann der Fluidruck in der zweiten Druckkammer kleiner sein als der Fluidruck in der ersten Druckkammer, um das Federelement in der Ausgangsstellung des Kolbens unter einer Vorspannung zu halten. In der Ausgangsstellung des Kolbens ist die Stellung der Förderräder vorzugsweise so, dass die Pumpe ihr größtes spezifisches Fördervolumen aufweist. Durch die Verstellbewegung des Kolbens gegen

die Federkraft des Federelements wird das spezifische Fördervolumen in dieser bevorzugten Ausführung somit verkleinert. Es ist aber durchaus auch ein anderer Verlauf des spezifischen Fördervolumens über der Drehzahl denkbar, in dem das spezifische Fördervolumen von einem der Ausgangsstellung des Kolbens entsprechenden Ausgangswert mit zunehmender Drehzahl beispielsweise zunächst steigt und bei Überschreiten einer dem maximalen spezifischen Fördervolumen entsprechenden Antriebsdrehzahl abfällt.

**[0017]** Die Verstelleinrichtung weist des Weiteren einen Regler auf, der den Fluiddruck von wenigstens einem der beiden Druckräume in Abhängigkeit von einer für die Fluidförderung maßgeblichen Regelgröße regelt, so dass sich eine in Bezug auf das spezifische Fördervolumen vorteilhafte Fördercharakteristik der Pumpe einstellt. Die Regelgröße wird bevorzugt an der Hochdruckseite abgenommen und kann beispielsweise die Temperatur des Fluids oder eines zu versorgenden Aggregats, das von der Pumpe mit Schmieröl versorgt wird, oder die Viskosität des Fluids sein. Vorzugsweise ist ein Fluiddruck der Hochdruckseite die Regelgröße und wird im folgenden zur Unterscheidung von anderen Fluiddrücken als Fluidregeldruck bezeichnet, um auf die Verwendung als Regelgröße hinzuweisen. Der Fluidregeldruck kann insbesondere unmittelbar einem als Fluidikregler ausgebildeten Regler aufgegeben werden, um den Regler zu beeinflussen. In alternativen Ausführungen ist die Drehzahl eines Hubkolbenmotors oder eines anderen zu versorgenden Aggregats oder bei nicht rotativen Bewegungen eine vergleichbare Frequenz die Regelgröße. Die Regelgröße kann mit Vorteil synthetisch gebildet sein, insbesondere entsprechend einer Bedarfslinie oder eines Bedarfskennlinienfelds des zu versorgenden Aggregats oder einer zu versorgenden Mehrzahl von Aggregaten. Beispielhaft sei auch hier wieder das über der Drehzahl aufgetragene Bedarfskennlinienfeld oder nur eine Bedarfskennlinie eines Hubkolbenmotors genannt. Insbesondere kann ein Motorsteuergerät die Regelgröße erzeugen und dem Regler als Stellgröße elektrisch oder optisch aufgeben. Die Regelgröße muss somit nicht unumgänglich eine sich aus der Pumpentätigkeit unmittelbar ergebende physikalische Größe sein, sondern kann stattdessen auch eine Größe sein, die für ein zu versorgendes Aggregat, beispielsweise einen Motor, oder für eine andere mit dem Fluid in Kontakt befindliche Komponente charakteristisch ist. Auch eine derartige Regelgröße wird vorzugsweise auf der Hochdruckseite abgenommen.

**[0018]** In einer ersten Ausführung ist der erste Druckraum mit der Hochdruckseite verbunden, und der zweite Druckraum ist in dem ersten Reglerzustand über den Regler mit dem ersten Druckraum verbunden. In einer zweiten Ausführung sind der erste Druckraum und der zweite Druckraum in dem ersten Reglerzustand über den Regler je einzeln oder gemeinsam mit der Hochdruckseite verbunden. Beide Druckräume werden in der zweiten Ausführung somit in dem ersten Reglerzustand

über den Regler mit dem Fluid der Hochdruckseite gespeist. In beiden Ausführungen trennt der Regler in dem zweiten Reglerzustand den zweiten Druckraum von der Hochdruckseite. Vorzugsweise verbindet er in beiden Ausführungen in dem zweiten Reglerzustand den zweiten Druckraum mit der Niederdruckseite.

**[0019]** Solange die Regelgröße trotz Fluidförderung einen vorgegebenen Wert nicht erreicht, sind die Drücke in den beiden Druckräumen vorzugsweise stets gleich, so dass auf das Federelement keine Fluiddruckkraft wirkt. Der Regler schließt den wenigstens einen der beiden Druckräume, dessen Fluiddruck er regelt, in einem ersten Reglerzustand unmittelbar mit der Hochdruckseite oder mit dem anderen der beiden Druckräume vorzugsweise kurz, so dass ein verzugsloser Druckausgleich stattfindet. Dies erhöht die Regeldynamik. Ferner muss das Federelement zumindest in dem ersten Reglerzustand somit keine Differenzdrücke ausgleichen, sondern allenfalls für einen sicheren, mechanischen Anschlagkontakt des Kolbens in der Stellung für Maximalförderung sorgen. Das Federelement kann deshalb weich und in Richtung der Kolbenbewegung kurz sein.

**[0020]** Das Federelement ist vorzugsweise so ausgelegt, dass es gerade die Fail-Safe Funktion erfüllt und in dieser Funktion die Aufrechterhaltung eines Mindestdrucks auf der Hochdruckseite sicherstellt. Der Mindestdruck beträgt in bevorzugten Verwendungen, wie der zur Versorgung eines Hubkolbenmotors mit Schmieröl, zwei bar oder weniger. Das Federelement ist daher vorzugsweise so ausgelegt und eingebaut, dass es einer Kraft nachgibt, die einer Druckdifferenz zwischen den Druckräumen von zwei bar oder weniger entspricht. Bei Druckdifferenzen, die kleiner als der durch Auslegung und Einbau vorgegebene Wert sind, zwingt das Federelement den Kolben in die Position für Maximalförderung.

**[0021]** Vorzugsweise wird durch den Regler der Druck des zweiten Druckraums verändert, beispielsweise mit zunehmendem Fluidregeldruck, zunehmender Temperatur oder zunehmender Drehzahl kontinuierlich oder in einer oder mehreren Stufen verkleinert. Grundsätzlich wäre es jedoch auch möglich, mit zunehmendem Fluidregeldruck, zunehmender Temperatur oder zunehmender Drehzahl den Druck des ersten Druckraums stattdessen zu vergrößern. Denkbar wäre es auch, die Drücke in beiden Druckräumen mittels des Reglers abgestimmt zu regeln, um die gewünschte Fördercharakteristik zu erhalten.

**[0022]** Der Regler ist vorzugsweise ein Mehrzustandsregler, der mehrere diskrete Reglerzustände, d. h. Schaltzustände bzw. Schaltstellungen, einnehmen kann. Welche der Schaltstellungen der Regler einnimmt, wird von der Regelgröße bestimmt. Werden als Regelgröße der Fluidregeldruck und als Regler ein Fluidikregler, insbesondere ein Regelventil, verwendet, so wird die Schaltstellung bevorzugt durch die Differenz aus der Kraft, die der Fluidregeldruck ausübt, und einer

dem Fluidregeldruck entgegenwirkenden Rückstellkraft bestimmt. In einer einfachen, bevorzugten Ausführung ist der Regler ein Zweizustandsregler, der den zweiten Druckraum in einer ersten von zwei Schaltstellungen mit der Hochdruckseite der Pumpe und in der zweiten Schaltstellung mit der Niederdruckseite der Pumpe verbindet. Vorzugsweise bildet ein Regelventil den Regler, besonders bevorzugt ein Mehrwegeventil mit wenigstens zwei Schaltstellungen.

**[0023]** Anstatt eines Reglers mit diskreten Reglerzuständen ist in bevorzugten anderen Ausführungen ein kontinuierlicher Regler, vorzugsweise ein Proportionalventil, vorgesehen, dessen Reglerzustände sich in Abhängigkeit von der Regelgröße kontinuierlich ändern.

**[0024]** Anstatt den diskreten oder kontinuierlichen Regler fluidisch anzusteuern, kann der Regler in ebenfalls bevorzugter Ausführung ein elektromagnetischer Regler sein, der natürlich nach wie vor einen Fluidruck regelt.

**[0025]** Die Verdrängerpumpe ist vorzugsweise als Zahnradpumpe ausgeführt, wobei sowohl Außenzahnradpumpen als auch Innenzahnradpumpen bevorzugte Ausführungsbeispiele sind. Bildet eine Außenzahnradpumpe die Verdrängerpumpe, so werden das erste und das zweite Förderrad je von einem außenverzahnten Stirnrad gebildet. Die Förderkammer wird im Wesentlichen von den Mantelflächen des Gehäuses, die die in Zahneingriff befindlichen Stirnräder umgeben, und Dichtflächen gebildet, die den Stirnflächen der Stirnräder axial zugewandt gegenüberliegen. Eines der beiden Stirnräder ist auf dem Kolben drehgelagert und zusammen mit dem Kolben in dem Gehäuse relativ zu dem anderen Stirnrad axial geradverschiebbar. Der Kolben bildet die dem derart bewegbar gelagerten Stirnrad axial zugewandten Dichtflächen der Förderkammer. Der erste Druckraum und der zweite Druckraum befinden sich in der dieser Ausführung in der axialen Verlängerung zu beiden Seiten des verschiebbaren Stirnrads. Bevorzugte Details einer Außenzahnradpumpe werden in der DE 198 47 132 C2 beschrieben.

**[0026]** Bildet eine Innenzahnradpumpe die Verdrängerpumpe, so bildet ein Zahnradlaufsatz aus einem außenverzahnten Innenrad und einem innenverzahnten Hohlrad, die miteinander in einem kämmenden Zahneingriff sind, das erste und das zweite Förderrad. In Bezug auf eine bevorzugte Ausführung wird auf Anspruch 10 verwiesen.

**[0027]** Ferner wird in Bezug auf weitere besonders bevorzugte Merkmale der Erfindung auch auf die Unteransprüche hingewiesen.

**[0028]** Anhand von Figuren werden nachfolgend bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Die an den Ausführungsbeispielen offenbar werdenden 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 Außenzahnradpumpe in einem Längsschnitt,
- Figur 2 die Außenzahnradpumpe in einem Querschnitt,
- 5 Figur 3 eine Innenzahnradpumpe in einer Ausgangsstellung in einem Querschnitt,
- Figur 4 die Innenzahnradpumpe in einer Endstellung,
- Figur 5 die Innenzahnradpumpe in einem Längsschnitt und
- 10 Figur 6 die Innenzahnradpumpe in einem weiteren Querschnitt.

**[0029]** Figur 1 in einem Längsschnitt und Figur 2 in dem Querschnitt A-A zeigen eine Außenzahnradpumpe, die in Bezug auf ihr spezifisches Fördervolumen so geregelt wird, dass in einem unteren Drehzahlbereich das Fördervolumen der Pumpe und zusammen damit der Fluidruck der Hochdruckseite mit der Drehzahl stärker ansteigen als in einem oberen Bereich. Im Ausführungsbeispiel ist die Regelung zweistufig mit einem konstanten spezifischen Fördervolumen in dem unteren Drehzahlbereich bis zu der Grenzdrehzahl. Bei Erreichen der Grenzdrehzahl wird die Pumpe abgeregelt, d. h. es wird das spezifische Fördervolumen so verringert, dass der Fluidruck bei einer weiteren Drehzahlerhöhung konstant bleibt.

**[0030]** Ein Gehäuse 3 der Pumpe bildet eine Förderkammer 4, in der ein erstes Förderrad 1 um seine Drehachse  $D_1$  und ein zweites Förderrad 2 um seine Drehachse  $D_2$  drehbar aufgenommen sind. Die Förderräder 1 und 2 sind außenverzahnte Stirnräder. Die beiden Außenverzahnungen sind mit 1a und 2a bezeichnet. Die Förderräder 1 und 2 sind mit ihren Verzahnungen 1a und 2a in einem kämmenden Zahneingriff. In den Eingriffsbereich der Förderräder 1 und 2 mündet zu einer Seite ein Einlass 5 und zu einer gegenüberliegenden Seite ein Auslass 6, wie am besten in Figur 2 zu erkennen ist. Bei einem Drehantrieb der Förderräder 1 und 2 wird durch den Zahneingriff Fluid von dem Einlass 5 angesaugt und durch den Auslass 6 unter Druckerhöhung verdrängt. In Figur 2 ist dieser Fördervorgang durch Richtungspfeile für das Fluid und die Drehrichtung der Förderräder 1 und 2 angedeutet. Die gesamte Fluidführung in und außerhalb der Pumpe bis zu der Druckerhöhung wird im Sinne der Erfindung als Niederdruckseite verstanden.

**[0031]** Der Drehantrieb der Förderräder 1 und 2 erfolgt über eine Antriebswelle, die von dem Gehäuse 3 drehgelagert ist. Das Förderrad 1 ist auf der Antriebswelle verdreh- und verschiebegesichert befestigt. Das angetriebene Förderrad 1 kann relativ zu dem Gehäuse 3 lediglich Drehbewegungen um seine Drehachse  $D_1$  ausführen.

**[0032]** Das zweite Förderrad 2 ist zwischen zwei Kolbenkörpern 7 und 8 auf einem Verbindungsabschnitt, der die beiden Kolbenkörper 7 und 8 miteinander verbindet, um seine Drehachse  $D_2$  drehbar gelagert und

relativ zu den Kolbenkörpern 7 und 8 nicht verschiebbar. Die beiden Kolbenkörper 7 und 8 bilden einen doppelt wirksamen Kolben, der in einer Bohrung des Gehäuses 3 entlang der Drehachse  $D_2$  des Förderrads 2 hin und her geradverschiebbar ist. Durch eine Verschiebewegung, die der Kolben 7/8 gemeinsam mit dem zweiten Förderrad 2 relativ zu dem ersten Förderrad 1 ausführt, wird die axiale Länge des Zahneingriffs der beiden Förderräder 1 und 2 und infolgedessen das spezifische Fördervolumen der Pumpe verändert.

**[0033]** Das Gehäuse 3 bildet zu einer Seite des Kolbens 7/8 einen ersten Druckraum 9 und auf der anderen Seite des Kolbens 7/8 einen zweiten Druckraum 10, der dem ersten Druckraum 9 entlang der Drehachse  $D_2$  gegenüberliegt. Der Kolben 7/8 dichtet mit seinem Kolbenkörper 7 den ersten Druckraum 9 und mit seinem Kolbenkörper 8 den zweiten Druckraum 10 ab. Der Kolben 7/8 separiert fluidisch die beiden Druckräume 9 und 10 voneinander. Die in dem ersten Druckraum 9 mit einem Druck  $P_9$  beaufschlagbare Kolbenfläche des Kolbenkörpers 7 ist genauso groß wie die in dem zweiten Druckraum 10 mit einem Druck  $P_{10}$  beaufschlagbare Kolbenfläche des Kolbenkörpers 8, so dass an beiden, einander gegenüberliegenden Kolbenseiten die gleiche Druckkraft auf den Kolben 7/8 wirkt, solange in den beiden Druckräumen 9 und 10 der gleiche Druck herrscht.

**[0034]** In dem zweiten Druckraum 10 ist eine mechanische Druckfeder als Federelement 13 aufgenommen. Das Federelement 13 ist axial an einem Boden des Druckraums 10 und axial gegenüberliegend an dem Kolbenkörper 8 abgestützt. Wenn das Federelement 13 axial unter Druckspannung steht, wirkt es dem in dem ersten Druckraum 9 auf den Kolben 7/8 wirkenden Fluiddruck  $P_9$  entgegen. Der zweite Druckraum 10 bildet gleichzeitig auch den Federraum, d.h. den Einbauraum, für das Federelement 13.

**[0035]** Um die Druckräume 9 und 10 unter Druck setzen zu können, wird der erste Druckraum 9 von einer ersten Fluidverbindung 11 mit der Hochdruckseite verbunden. Um auch den zweiten Druckraum 10 mit der Hochdruckseite verbinden zu können, ist eine zweite Fluidverbindung 12 vorgesehen. Die zweite Fluidverbindung 12 ist über ein Regelventil 15 mit der Hochdruckseite verbunden. Das Regelventil 15 ist ein Wegeventil mit zwei Schaltstellungen. Das Regelventil 15 verbindet in einer in Figur 1 dargestellten ersten Schaltstellung die zweite Fluidverbindung 12 mit der ersten Fluidverbindung 11 und schafft unter Umgehung des Kolbens 7/8 den Anschluss des zweiten Druckraums 10 an die Hochdruckseite. In einer zweiten Schaltstellung trennt es den zweiten Druckraum 10 von der Hochdruckseite und sperrt die erste Fluidverbindung 11. Der erste Druckraum 9 bleibt in der zweiten Schaltstellung weiterhin mit der Hochdruckseite verbunden oder ist zumindest abgeschlossen. Das Regelventil 15 verbindet in der zweiten Schaltstellung den zweiten Druckraum 10 mit der Niederdruckseite. Im Ausführungsbeispiel ist der zweite Druckraum 10 in der zweiten Schaltstellung des

Regelventils 15 mit einem Fluidreservoir 20 verbunden. In bevorzugten Verwendungen der Pumpe, beispielsweise als Schmierölpumpe für einen Verbrennungsmotor, handelt es sich bei dem Fluidreservoir 20 um einen Fluidsumpf.

Die Fluidverbindungen 11 und 12 sind in unmittelbarer Nähe der Pumpe angeordnet, vorzugsweise sind sie in das Gehäuse 3 der Pumpe integriert. Vorzugsweise ist auch das Regelventil 15 in das Gehäuse 3 integriert oder doch zumindest außen an dem Gehäuse 3 montiert. Der erste Druckraum 9 und in der ersten Schaltstellung des Regelventils 15 auch der zweite Druckraum 10 beziehen ihr Druckfluid somit bevorzugt von innerhalb des Gehäuses 3. Grundsätzlich wäre es jedoch auch denkbar, dass sie ihr Druckfluid von einer geeigneten Stelle der Hochdruckseite stromabwärts von dem Gehäuse 3 beziehen.

**[0036]** Das Regelventil 15 wird in Abhängigkeit von einem Fluidregeldruck  $P_R$  geschaltet. Es wird von einem Rückstellelement 16, das im Ausführungsbeispiel als mechanisches Federelement ausgeführt ist, in der ersten Schaltstellung gehalten, die einer Ausgangsstellung des Regelventils 15 und des Kolbens 7/8 entspricht. Das Rückstellelement 16 wirkt dem Fluidregeldruck  $P_R$  entgegen. Sobald der Fluidregeldruck  $P_R$  einen Grenzdruck erreicht hat, springt das Regelventil 15 gegen die rückstellende Kraft des Rückstellelements 16 aus der ersten Schaltstellung in seine zweite Schaltstellung.

**[0037]** Der Fluidregeldruck  $P_R$  wird von der Hochdruckseite der Pumpe abgenommen. Grundsätzlich kann er zwar unmittelbar in der Förderkammer 4 an deren Hochdruckseite, an deren Auslass 6, von innerhalb des Gehäuses 3 hinter der Förderkammer 4 oder in unmittelbarer Nähe stromabwärts von dem Gehäuse 3 abgenommen werden, bevorzugt wird jedoch der Fluidregeldruck  $P_R$  an einer Stelle der Hochdruckseite abgenommen, an der der Fluiddruck dem Fluiddruck eines von der Pumpe mit dem Fluid zu versorgenden Verbrauchers möglichst genau entspricht. Handelt es sich bei dem Verbraucher beispielsweise um den Hubkolbenmotor eines Kraftfahrzeugs, so ist der Fluidregeldruck  $P_R$  vorzugsweise der Druck der sogenannten Hauptgalerie. Dementsprechend ist das Regelventil 15 über eine Fluidverbindung mit der betreffenden Stelle der Hochdruckseite verbunden. Eine geeignete Stelle für die Abnahme des Fluidregeldrucks  $P_R$  befindet sich insbesondere zwischen dem Verbraucher und einem letzten Filter vor dem Verbraucher.

**[0038]** Die Wirkungsweise der Pumpenregelung wird nachfolgend für eine bevorzugte Verwendung der Pumpe als Schmierölpumpe für einen Hubkolbenmotor beschrieben, wobei unterstellt wird, dass die Pumpe von der Kurbelwelle des Motors unmittelbar oder über ein Getriebe und somit in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors angetrieben wird.

**[0039]** Die Einstellung des Regelventils 15 ist derart, dass es in einem unteren Drehzahlbereich des Motors,

der sich bei beispielsweise einem Personenkraftwagen bis 1500 oder auch 2000 Umdrehungen pro Minute oder auch bis noch höhere Drehzahlen erstrecken kann, seine erste Schaltstellung einnimmt, in der es beide Druckräume 9 und 10 mit der Hochdruckseite verbindet und in beiden Druckräumen der gleiche Druck  $P_9 = P_{10}$  der Hochdruckseite herrscht. Der Druck  $P_{10}$  im zweiten Druckraum 10 ist in dem unteren Motordrehzahlbereich daher genauso hoch wie der Druck  $P_9$  im ersten Druckraum 9. Im unteren Drehzahlbereich, insbesondere im Motorleerlauf, wird ein möglichst großes spezifisches Fördervolumen gewünscht, um die Schmierölversorgung des Motors auch bei geringen Drehzahlen sicherstellen zu können. In der ersten Schaltstellung des Regelventils 15 ist die axiale Eingriffslänge der beiden Förderräder 1 und 2 daher, wie in Figur 1 dargestellt, maximal. Die maximale Eingriffslänge entspricht im Ausführungsbeispiel der Länge der beiden gleich langen Förderräder 1 und 2. Sie wird bei Nullförderung, insbesondere im Stillstand der Förderräder 1 und 2, und, wie gesagt, im unteren Drehzahlbereich des Motors und damit auch im unteren Drehzahlbereich der Förderräder 1 und 2 bis zu einer von dem Regelventil 15 vorgegebenen Grenzdrehzahl beibehalten.

**[0040]** Das erste Förderrad 1 wird um seine Drehachse  $D_1$  von der Kurbelwelle her drehangetrieben und treibt über den Zahneingriff das zweite Förderrad 2 um dessen Drehachse  $D_2$  ebenfalls an. Durch den Zahneingriff wird Schmieröl von der Niederdruckseite, d.h. vom Ölsumpf 20 durch den Einlass 5 in die Förderkammer 4 angesaugt. In der Förderkammer 4 erfolgt die Fluidförderung durch einen Förderraum, der von Mantelflächen des Gehäuses 3 um die Zahnkopfkreise der Förderräder 1 und 2 herum sowie von axialen Dichtflächen dicht umschlossen wird, zu dem Auslass 6. Die axialen Dichtflächen werden für das Förderrad 1 von dem Gehäuse 3 und für das Förderrad 2 von den beiden Kolbenkörpern 7 und 8 gebildet. Auf der Hochdruckseite der Pumpe wird das Öl über einen Ölfiter zu dem Motor gefördert, hinter dem Motor in einem Kühler gekühlt und schließlich in den Sumpf 20 zurückgeführt und dabei auf den Druck der Niederdruckseite entspannt.

**[0041]** Wird die Motordrehzahl und damit gleichzeitig auch die Pumpendrehzahl erhöht, so erhöht sich der Fluidregeldruck  $P_R$  entsprechend der Pumpencharakteristik. Ist die Grenzdrehzahl erreicht, ist auch der Fluidregeldruck  $P_R$  so groß, dass unter seiner Wirkung das Regelventil 15 in seine zweite Schaltstellung umschaltet. Der zweite Druckraum 10 ist in der zweiten Schaltstellung des Regelventils 15 mit der Niederdruckseite, nämlich mit dem Sumpf 20 verbunden. Im zweiten Schaltzustand des Regelventils 15 stehen somit der erste Druckraum 9 unter dem hohen Druck  $P_9$  der Hochdruckseite und der zweite Druckraum 10 unter dem dagegen vernachlässigbaren Druck  $P_{10}$  der Niederdruckseite. Der Kolben 7/8 und damit zusammen das von ihm drehgelagerte zweite Förderrad 2 werden unter der Wirkung des Drucks  $P_9$  gegen die Elastizitätskraft des Fe-

derelements 13 axial verschoben. Durch die Verschiebung wird die Eingriffslänge der Förderräder 1 und 2 und damit einhergehend das spezifische Fördervolumen der Pumpe verringert. Die Verringerung des spezifischen Fördervolumens hat eine Absenkung des Fluiddrucks auf der Hochdruckseite, d.h. des Fluidregeldrucks  $P_R$ , zur Folge. Fällt der Fluidregeldruck  $P_R$  unter den Grenzwert, so fällt das Regelventil 15 wieder in seine erste Schaltstellung zurück, in der es den zweiten Druckraum 10 über die beiden Fluidverbindungen 11 und 12 mit dem ersten Druckraum 9 verbindet. Die Pumpe wird somit ab Erreichen der Grenzdrehzahl auf Einhaltung des Grenzwerts des Fluidregeldrucks  $P_R$  geregelt. Durch die Regelung wird eine Druckbegrenzung und damit auch eine Fördervolumenbegrenzung der Pumpe erhalten. Der Fluiddruck der Hochdruckseite steigt im unteren Drehzahlbereich des angetriebenen ersten Förderrads 1 bis zu der Grenzdrehzahl im Wesentlichen proportional zu der Drehzahl und knickt bei der Grenzdrehzahl in eine Horizontale ab, d.h. der Fluiddruck der Hochdruckseite bleibt in dem Drehzahlbereich über der Grenzdrehzahl konstant.

**[0042]** Durch Ersatz des Regelventils 15 durch ein anderes Regelventil mit mehr als zwei diskreten Schaltstellungen oder ein kontinuierliches Regelventil, beispielsweise ein Proportionalventil, können auch andere Druckverläufe verwirklicht werden. So kann es beispielsweise vorteilhaft sein, wenn der geschilderte Druckverlauf in dem unteren Drehzahlbereich und einem sich daran anschließenden mittleren Drehzahlbereich eingestellt wird, der Fluiddruck der Hochdruckseite aber in einem sich an den mittleren Drehzahlbereich anschließenden hohen Drehzahlbereich wieder mit der Drehzahl des angetriebenen ersten Förderrads 1 ansteigt. Für die Verwirklichung solch eines Druckverlaufs könnte das Regelventil 15 des Ausführungsbeispiels durch ein Regelventil mit drei Schaltstellungen ersetzt werden und den zweiten Druckraum 10 im oberen Drehzahlbereich über ein Druckreduzierelement mit der Hochdruckseite verbinden, um das Federelement 13 zu unterstützen.

**[0043]** Die Figuren 3 bis 6 zeigen eine Innenzahnradpumpe mit ebenfalls einer erfindungsgemäßen Verstellung des spezifischen Fördervolumens der Pumpe.

**[0044]** Die Figuren 3 und 4 zeigen die Innenzahnradpumpe je in einem Querschnitt. Das erste Förderrad 1 der Innenzahnradpumpe wird von einem drehangetriebenen Innenrad mit einer Außenverzahnung 1a gebildet. Das zweite Förderrad 2 wird von einem Hohlrad mit einer Innenverzahnung 2i gebildet. Die Außenverzahnung 1a hat einen Zahn weniger als die Innenverzahnung 2i. Das erste Förderrad 1 sitzt verdrehsicher auf einer drehangetriebenen Welle. Das zweite Förderrad 2 ist in dem Gehäuse 3 der Pumpe drehbar gelagert. Die Drehachse  $D_1$  des ersten Förderrads 1 verläuft parallel beabstandet, d.h. exzentrisch, zu der Drehachse  $D_2$  des zweiten Förderrads 2. Die Exzentrizität ist mit "e" bezeichnet.

**[0045]** Das erste Förderrad 1 und das zweite Förderrad 2 bilden zwischen sich einen Fluidförderraum, der in gegeneinander druckdicht abgeschlossene Förderzellen 24 unterteilt ist. Die einzelnen Förderzellen 24 sind jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zähnen des ersten Förderrads 1 und des zweiten Förderrads 2 gebildet. Von einem Ort tiefsten Zahneingriffs bis zu einem Ort geringsten Zahneingriffs werden die Förderzellen 24 in Drehrichtung zunehmend größer, um anschließend von dem Ort geringsten Zahneingriffs bis zu dem Ort tiefsten Zahneingriffs wieder abzunehmen. Die größer werdenden, d.h. expandierenden Förderzellen 24 sind mit dem Einlass 5 der Förderkammer 4 und die kleiner werdenden, d.h. komprimierenden Förderzellen 24 sind mit dem Auslass 6 der Förderkammer 4 verbunden. Der Einlass 5 und der Auslass 6 wird durch seitlich an die Förderzellen 25 sich anschließende, nierenförmige Nutöffnungen in Dichtflächen des Gehäuses 3 gebildet, die den Förderrädern 1 und 2 axial zugewandt gegenüberliegen. Die den Einlass 5 bildende Öffnung überdeckt expandierende Förderzellen 24 und die den Auslass 6 bildende Öffnung überdeckt komprimierende Förderzellen 24 der beiden Förderräder 1 und 2. Im Bereich des Orts tiefsten Zahneingriffs und im Bereich des Orts geringsten Zahneingriffs bildet das Gehäuse Dichtstege zwischen dem Einlass 5 und dem Auslass 6. Bei einem Drehantreiben der Förderräder 1 und 2 wird Fluid von den expandierenden Förderzellen 24 von der Niederdruckseite angesaugt, über den Ort geringsten Zahneingriffs transportiert und auf der Hochdruckseite unter höherem Druck durch den Auslass 6 verdrängt.

**[0046]** Um das spezifische Fördervolumen verändern zu können, ist das zweite Förderrad 2 in einem Exzenterring 21 aufgenommen, der von dem Gehäuse 3 drehbar gelagert wird und relativ zu dem Gehäuse 3 in Bezug auf seine Drehwinkelposition verstellt werden kann. Das zweite Förderrad 2 ist in dem Exzenterring 21 mittels eines Gleitdrehlagers frei drehbar gelagert. Figur 3 zeigt den Exzenterring 21 und die Förderräder 1 und 2 in einer Ausgangsstellung, in der das spezifische Fördervolumen der Pumpe sein Maximum aufweist. Indem der Exzenterring 21 gegen die Drehrichtung der Förderräder 1 und 2 gedreht wird, wandert die Drehachse  $D_2$  des zweiten Förderrads 2 aus der Ausgangsstellung entgegen der Drehrichtung um die Drehachse  $D_1$  des ersten Förderrads 1. Figur 4 zeigt den Exzenterring 21 in seiner Endstellung, in der das spezifische Fördervolumen der Pumpe sein Minimum erreicht hat. Die in Figur 4 gezeigte Endstellung ist die Nullstellung der Pumpe, in der im Idealfall kein Fluid gefördert wird.

**[0047]** Die Figuren 5 und 6 zeigen einen Verstellmechanismus zur Verstellung der Drehwinkelposition des Exzenterrings 21. Der Exzenterring 21 ist topfförmig mit einem Ringkörper, der den eigentlichen Exzenterring als Topfwandung bildet, einem Topfboden und einem von dem Topfboden axial abragenden Zapfen 22. Der Zapfen 22 ist zu dem Ringkörper des Exzenterrings 21 konzentrisch. Der Zapfen 22 ist mit einer Stirnverzahnung 23 versehen. Die Verzahnung 23 ist mit der Verzahnung 26 eines Kolbens 25 in Zahneingriff. Der Kolben 25 ist in dem Gehäuse 3 der Pumpe hin und her verschiebbar gelagert und bildet mit seiner Verzahnung 26 eine Zahnstange. Der Kolben 25 dichtet an einer Kolbenseite einen ersten Druckraum 9 und an einer zweiten Kolbenseite einen zweiten Druckraum 10 ab.

**[0048]** Was die Beaufschlagung des Kolbens 25 mit dem Druckfluid der Hochdruckseite anbetrifft, entspricht der Kolben 25 des zweiten Ausführungsbeispiels dem Kolben 7/8 des ersten Ausführungsbeispiels. Auch das Federelement 13 entspricht seiner Funktion nach demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels. Der Regelkreis zur Beaufschlagung der beiden Druckräume 9 und 10 mit dem Druckfluid der Hochdruckseite einschließend des Regelventils für die von Fluidregeldruck abhängige Druckbeaufschlagung oder Druckentlastung des zweiten Druckraums 10 entspricht ebenfalls dem ersten Ausführungsbeispiel, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel verwiesen sei.

**[0049]** Durch die per Fluiddruck und Federelement 13 bewirkte Verschiebung des Kolbens 25 wird über den Zahneingriff der beiden Verzahnungen 26 und 23 der Exzenterring 21 um seine Drehachse  $D_1$  verdreht. Die Drehverstellung des Exzenterrings 21 bewirkt, wie bereits geschildert, die Drehverstellung der Förderräder 1 und 2 relativ zu dem Einlass 5 und dem Auslass 6 in die Förderkammer 4 der Pumpe. Im Ergebnis wird für die Innenzahnradpumpe die gleiche Art der Verstellung des spezifischen Fördervolumens wie bei der Außenzahnradpumpe des ersten Ausführungsbeispiels erhalten.

**[0050]** In Bezug auf weitere Details der Innenzahnradpumpe und deren Verstellung wird die EP 1 182 351 der Anmelderin in Bezug genommen, so dass auf eine ausführlichere Beschreibung an dieser Stelle verzichtet werden kann.

#### Bezugszeichen:

##### [0051]

|        |                 |
|--------|-----------------|
| 1      | Förderrad       |
| 1a     | Verzahnung      |
| 2      | Förderrad       |
| 2a, 2i | Verzahnung      |
| 3      | Gehäuse         |
| 4      | Förderkammer    |
| 5      | Einlass         |
| 6      | Auslass         |
| 7      | Kolbenkörper    |
| 8      | Kolbenkörper    |
| 9      | Druckraum       |
| 10     | Druckraum       |
| 11     | Fluidverbindung |
| 12     | Fluidverbindung |
| 13     | Federelement    |
| 14     | -               |



|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 15              | Regler, Regelventil |
| 16              | Rückstellelement    |
| 17              | -                   |
| 18              | -                   |
| 19              | -                   |
| 20              | Fluidsumpf          |
| 21              | Exzenterring        |
| 22              | Zapfen              |
| 23              | Verzahnung          |
| 24              | Förderzellen        |
| 25              | Kolben              |
| 26              | Verzahnung          |
| D <sub>1</sub>  | Drehachse           |
| D <sub>2</sub>  | Drehachse           |
| P <sub>9</sub>  | Fluiddruck          |
| P <sub>10</sub> | Fluiddruck          |
| P <sub>R</sub>  | Fluidregeldruck     |

### Patentansprüche

#### 1. Verdrängerpumpe mit verstellbarem spezifischen Fördervolumen, umfassend:

- a) ein Gehäuse (3), das eine Förderkammer (4) enthält, in die an einer Niederdruckseite der Pumpe wenigstens ein Einlass (5) für Fluid und an einer Hochdruckseite der Pumpe wenigstens ein Auslass (6) für Fluid münden,
- b) wenigstens zwei in der Förderkammer (4) aufgenommene, drehantreibbare Förderräder (1, 2), die miteinander in einem Fördereingriff sind, um das Fluid von dem Einlass (5) zu dem Auslass (6) zu fördern, wobei die Förderräder (1, 2) so verstellbar sind, dass durch eine Verstellung der Förderräder (1, 2) relativ zueinander oder relativ zu dem Einlass (5) und/oder dem Auslass (6) das spezifische Fördervolumen der Pumpe verstellt wird,
- c) einen Kolben (7/8; 25), der für die Verstellung der Förderräder (1, 2) mit wenigstens einem der Förderräder (1, 2) gekoppelt ist,
- d) einen ersten Druckraum (9) und einen zweiten Druckraum (10) für eine Beaufschlagung des Kolbens (7/8; 25) je mit Fluid der Hochdruckseite, wobei ein auf den Kolben (7/8; 25) wirkender Fluiddruck (P<sub>9</sub>) des ersten Druckraums (9) einem auf den Kolben (7/8; 25) wirkenden Fluiddruck (P<sub>10</sub>) des zweiten Druckraums (10) entgegenwirkt,
- e) eine erste Fluidverbindung (11), die den ersten Druckraum (9) mit der Hochdruckseite verbindet, und eine zweite Fluidverbindung (12), die den zweiten Druckraum (10) mit der Hochdruckseite verbindet,
- f) ein Federelement (13), das dem in dem ersten Druckraum (9) auf den Kolben (7/8; 25) wirkenden Fluiddruck (P<sub>9</sub>) entgegenwirkt,

g) und einen Regler (15), der den Fluiddruck (P<sub>10</sub>) des zweiten Druckraums (10) in Abhängigkeit von einer für die Fluidförderung der Pumpe maßgeblichen Regelgröße (P<sub>R</sub>) regelt.

2. Verdrängerpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelgröße (P<sub>R</sub>) ein Fluidregeldruck von der Hochdruckseite ist.
3. Verdrängerpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Regler (15) eine Verbindungsleitung angeschlossen ist, durch die unter dem Fluidregeldruck (P<sub>R</sub>) stehendes Fluid der Hochdruckseite von außerhalb des Gehäuses (3) der Pumpe dem Regler (15) zuführbar ist.
4. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) ein Regelventil ist oder umfasst, dem als die Regelgröße (P<sub>R</sub>) ein Fluidregeldruck (P<sub>R</sub>) von der Hochdruckseite der Pumpe aufgegeben wird, wobei dem Fluidregeldruck (P<sub>R</sub>) eine Rückstellkraft eines Rückstellelements (16) entgegenwirkt.
5. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) ein Regelventil mit wenigstens zwei diskreten Schaltstellungen (Reglerzustände) ist oder umfasst, die in Abhängigkeit von der Regelgröße (P<sub>R</sub>) geschaltet werden.
6. Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) ein kontinuierlich regelndes Regelventil ist oder umfasst, das den Fluiddruck in der zweiten Druckkammer (10) in Abhängigkeit von der Regelgröße (P<sub>R</sub>) kontinuierlich regelt.
7. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) die zweite Fluidverbindung (12) unterbricht, wenn die Regelgröße (P<sub>R</sub>) einen vorgegebenen Wert erreicht oder überschreitet.
8. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) in einem ersten Reglerzustand den zweiten Druckraum (10) mit der Hochdruckseite der Pumpe und in einem zweiten Reglerzustand mit der Niederdruckseite der Pumpe verbindet, wobei der Regler (15) den zweiten Reglerzustand bei einem größeren Wert der Regelgröße (P<sub>R</sub>) einnimmt als den ersten Reglerzustand.
9. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der

Regler (15) in einem ersten Reglerzustand den zweiten Druckraum (10) mit dem ersten Druckraum (9) verbindet und in einem zweiten Reglerzustand von dem ersten Druckraum (9) trennt, wobei der Regler (15) den zweiten Reglerzustand bei einem größeren Wert der Regelgröße ( $P_R$ ) einnimmt als den ersten Reglerzustand.

10. Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) in einem ersten Reglerzustand den ersten Druckraum (9) und den zweiten Druckraum (10) je einzeln mit der Hochdruckseite der Pumpe verbindet und in einem zweiten Reglerzustand den zweiten Druckraum (10) von der Hochdruckseite trennt, wobei der Regler (15) den zweiten Reglerzustand bei einem größeren Wert der Regelgröße ( $P_R$ ) einnimmt als den ersten Reglerzustand.
11. Verdrängerpumpe nach einem der zwei vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (15) in dem zweiten Reglerzustand den zweiten Druckraum (10) mit der Niederdruckseite der Pumpe verbindet.
12. Verdrängerpumpe nach einem der vier vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch den Regler (15) jeweils geschaffene Fluidverbindung ein Kurzschluss für einen verzugslosen Druckausgleich ist.
13. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe eine Außenzahnradpumpe ist und die wenigstens zwei Förderräder (1, 2) außenverzahnte Stirnräder sind, die miteinander in einem kämmenden Zahneingriff sind, um das Fluid von dem Einlass (5) zu dem Auslass (6) zu fördern, wobei der Kolben (7/8) eine Drehlagerung für eines der Förderräder (1, 2) bildet und wobei durch eine axiale Verschiebung des Kolbens (7/8) eine axiale Eingriffslänge der Förderräder (1, 2) verändert und dadurch das spezifische Fördervolumen der Pumpe verstellt wird.
14. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe eine Innenzahnradpumpe ist und die wenigstens zwei Förderräder (1, 2) ein außenverzahntes Innenrad und ein innenverzahntes Hohlrad sind, die in einem kämmenden Zahneingriff Förderzellen bilden, die das Fluid von dem Einlass (5) zu dem Auslass (6) fördern, wobei das Hohlrad wenigstens einen Zahn mehr aufweist als das Innenrad, die Verdrängerpumpe umfassend:
  - einen Exzentering (21), der in dem Gehäuse (3) um eine Exzenteringdrehachse ( $D_1$ ) dreh-

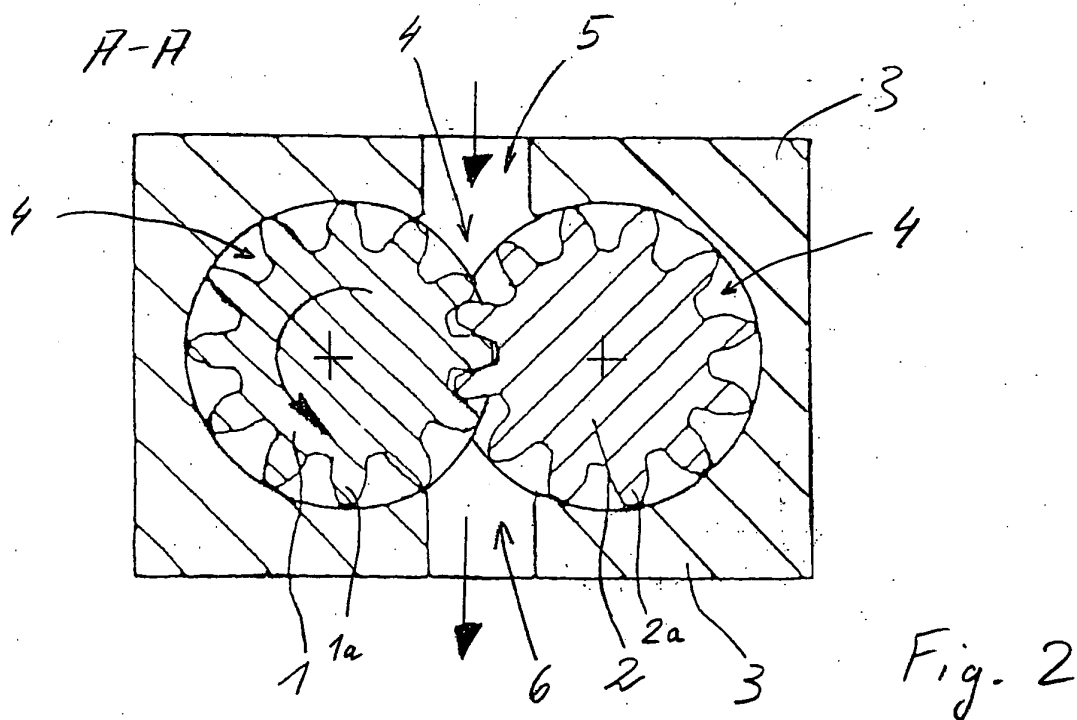
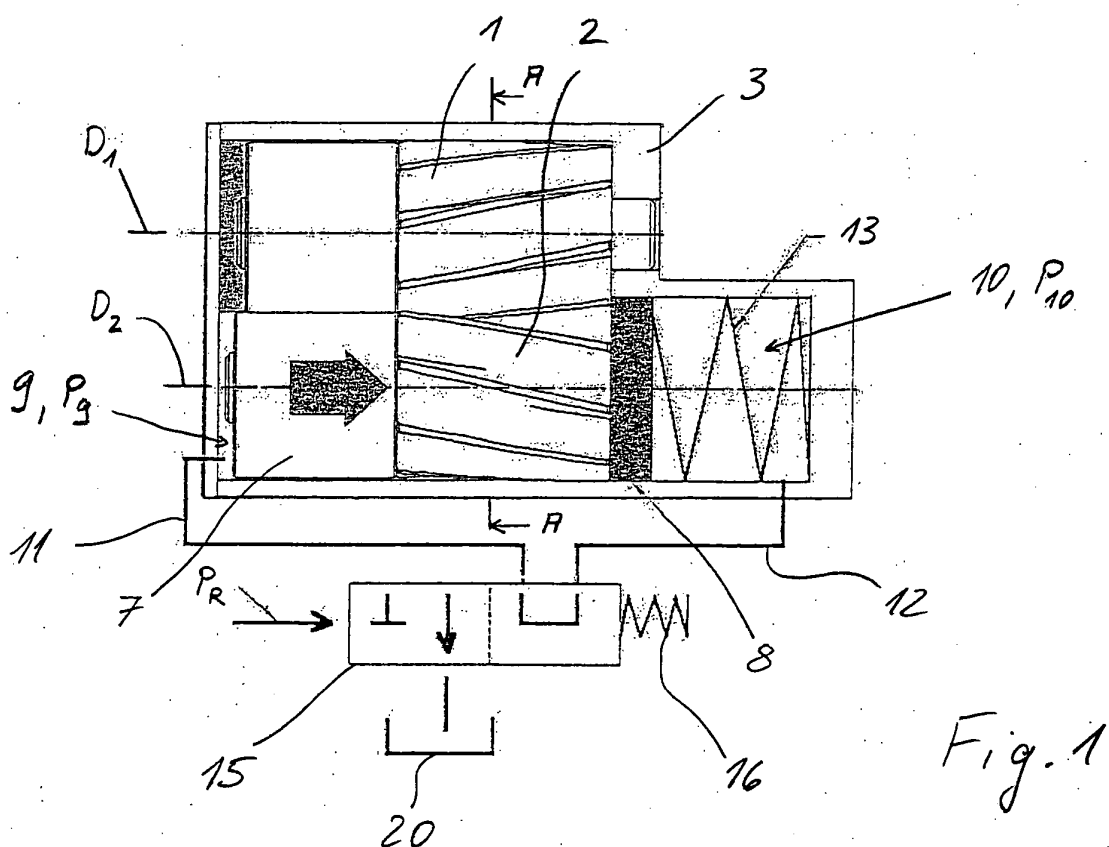
bar gelagert ist und eines der Förderräder (1, 2) um seine Drehachse ( $D_2$ ) drehbar lagert, wobei die Exzenteringdrehachse ( $D_1$ ) und die Drehachse ( $D_2$ ) des von dem Exzentering (21) drehbar gelagerten Förderrads (2) zueinander exzentrisch sind,

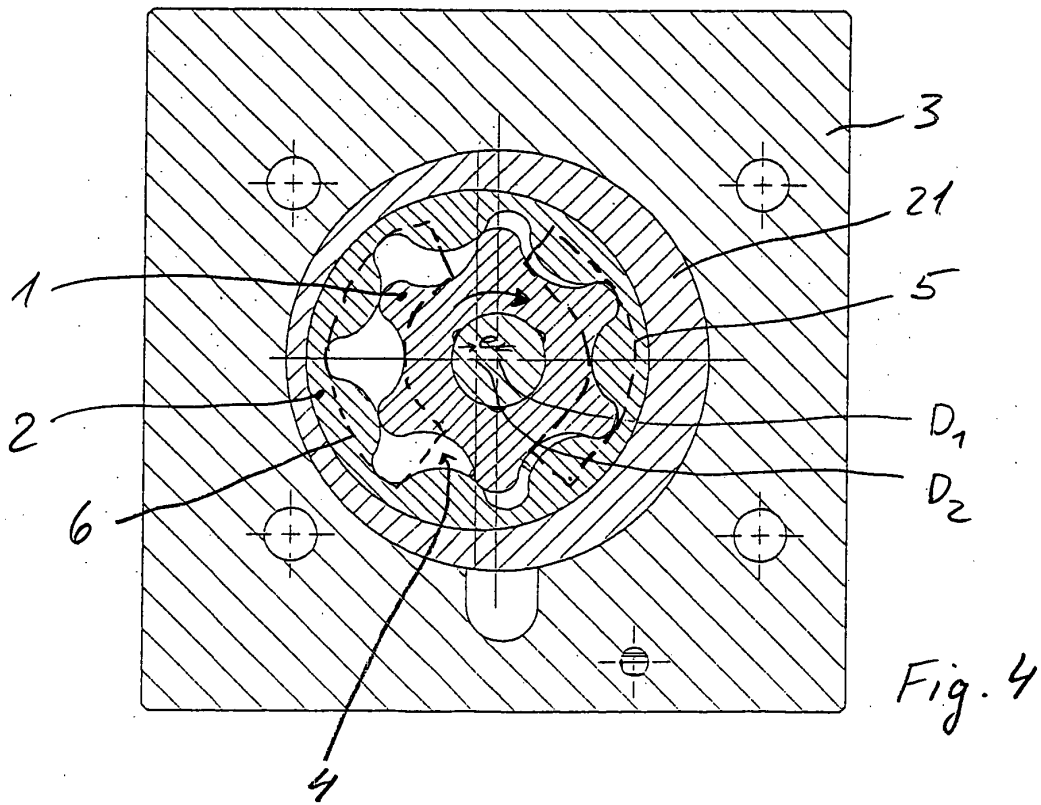
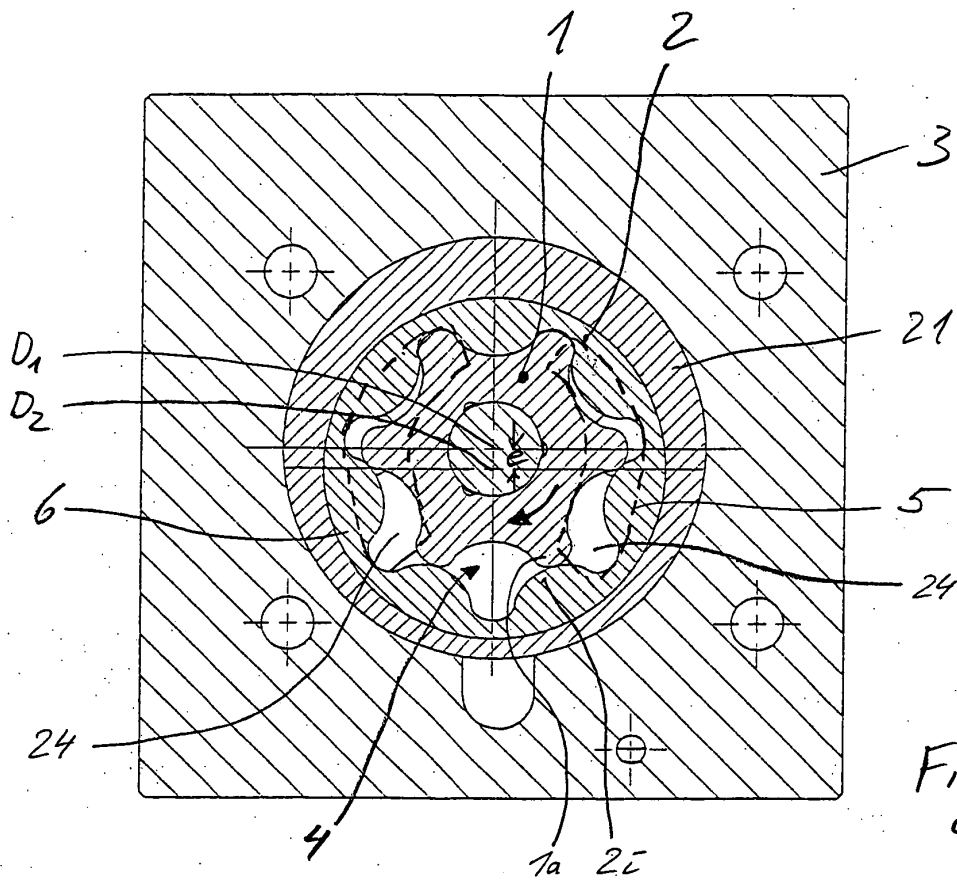
- und ein Verstellgetriebe (23, 26), das den Exzentering (21) mit dem Kolben (25) koppelt und eine Verstellbewegung des Kolbens (25) in eine Drehbewegung des Exzenterings (21) umwandelt, um die Förderräder (1, 2) relativ zu dem Einlass (5) und dem Auslass (6) zu verstellen.

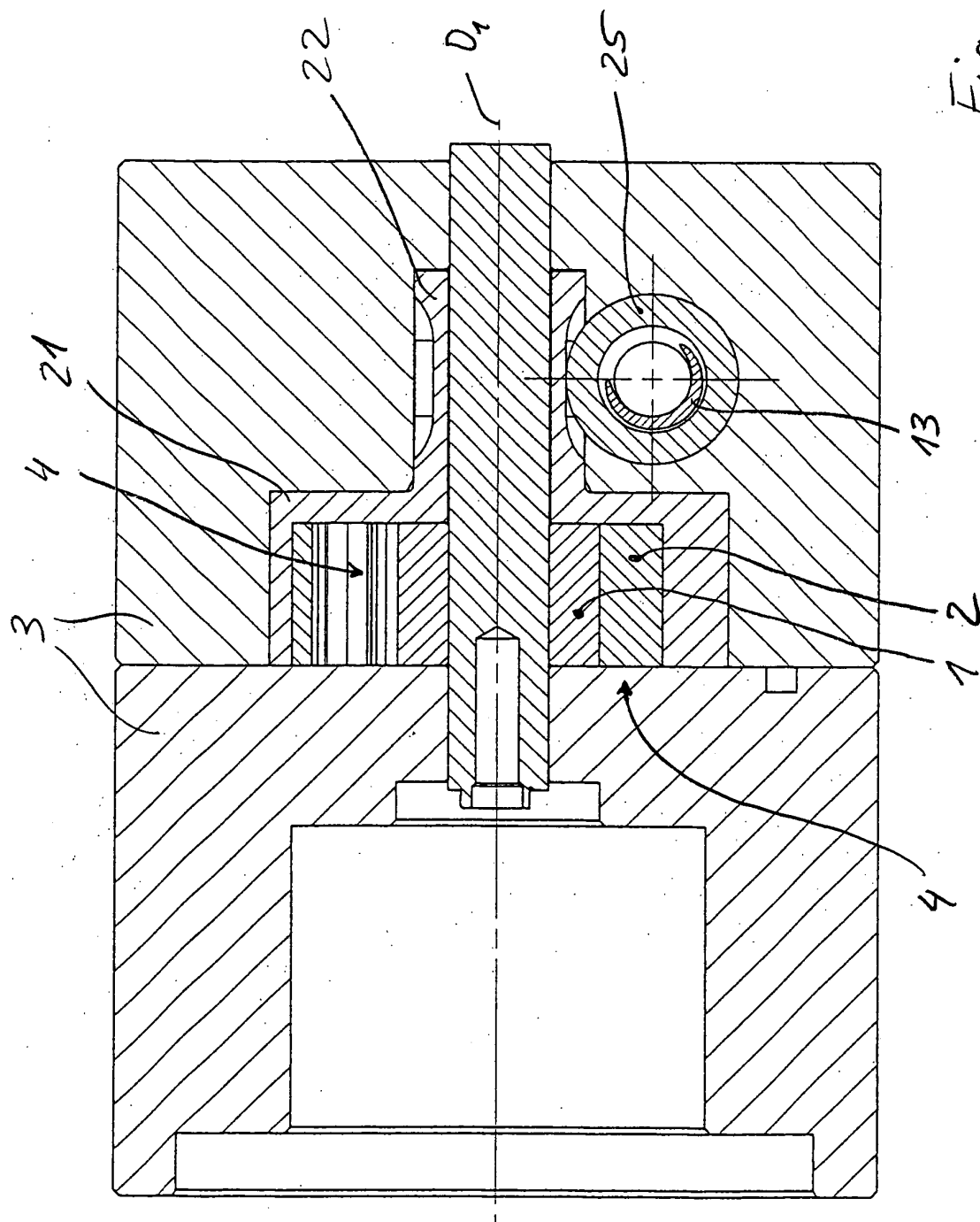
15. System zur Versorgung eines Aggregats, vorzugsweise eines Verbrennungskolbenmotors, mit einem Arbeitsfluid oder Schmierfluid, das System umfassend:

- a) eine Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- b) eine Fluidführungseinrichtung, die das Aggregat und ein Fluidreservoir (20) umfasst und durch die das Fluid über das Aggregat und das Fluidreservoir (20) in einem Kreislauf förderbar ist,
- c) wobei die Niederdruckseite der Pumpe sich von dem Einlass (5) der Förderkammer (4) stromaufwärts bis wenigstens zu dem Fluidreservoir (20) erstreckt,
- d) und wobei die Hochdruckseite der Pumpe sich von dem Auslass (6) der Förderkammer (6) stromabwärts bis wenigstens zu dem Aggregat erstreckt.

16. System nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Hochdruckseite der Pumpe in der Fluidführungseinrichtung zwischen dem Auslass (6) der Förderkammer (4) und dem Aggregat ein Fluidfilter angeordnet ist und die Regelgröße ( $P_R$ ) stromabwärts von dem Fluidfilter abgenommen wird.







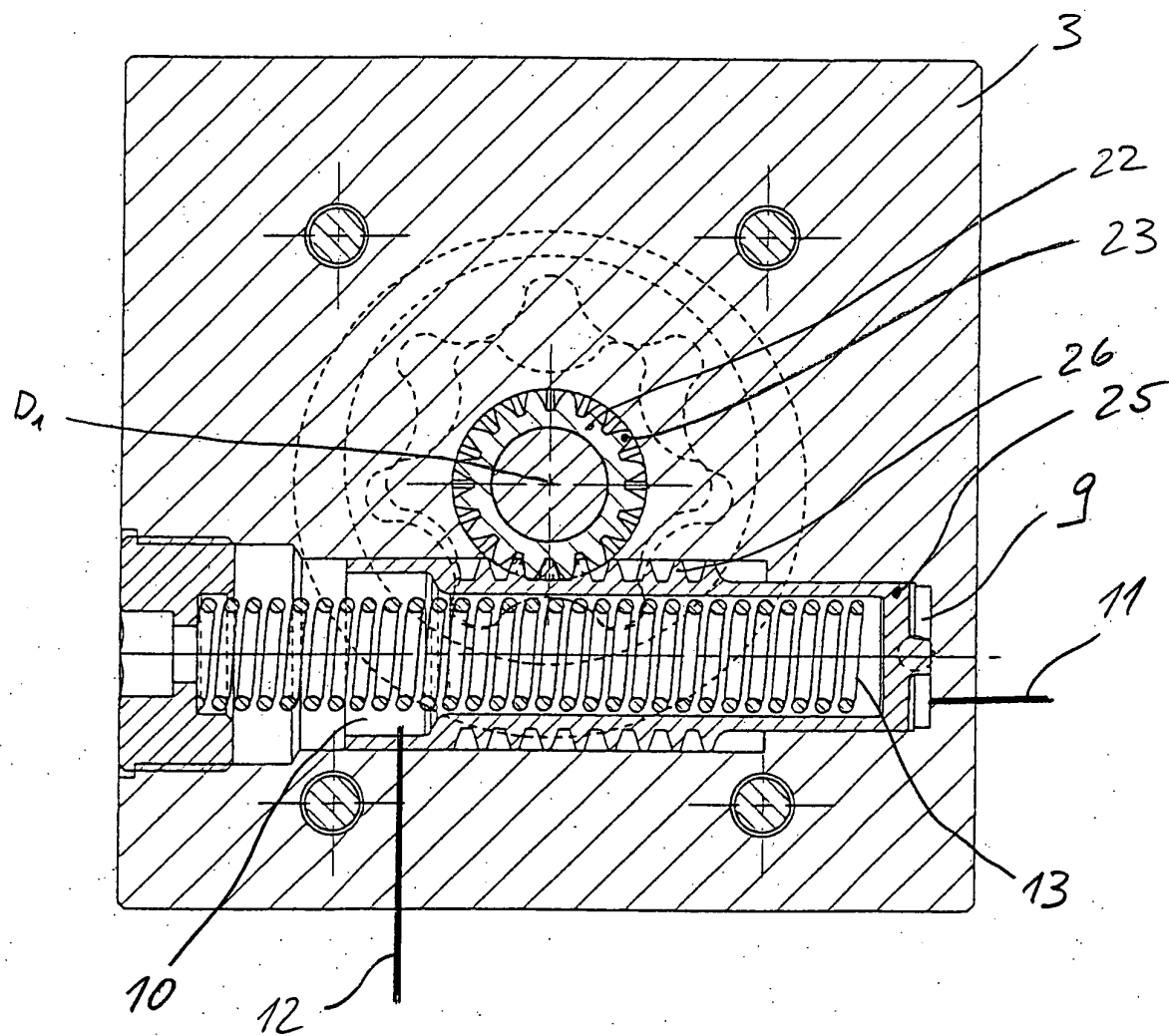


Fig. 6