

(19)



(11)

EP 4 118 334 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.10.2024 Patentblatt 2024/42

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04B 1/295 ^(2020.01) **F04B 1/324** ^(2020.01)
F04B 49/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22717577.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04B 49/002; F04B 1/295; F04B 1/324

(22) Anmeldetag: **22.03.2022**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/057550

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/207416 (06.10.2022 Gazette 2022/40)

(54) **VORRICHTUNG ZUM REGELN EINER HYDRAULIKPUMPE ODER EINES HYDRAULIKMOTORS**
DEVICE FOR CONTROLLING A HYDRAULIC PUMP OR A HYDRAULIC MOTOR
DISPOSITIF DE RÉGULATION D'UNE POMPE HYDRAULIQUE OU D'UN MOTEUR HYDRAULIQUE

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

(30) Priorität: **30.03.2021 DE 102021108081**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.01.2023 Patentblatt 2023/03

(73) Patentinhaber: **Andreas Lupold Hydrotechnik GmbH**
72189 Voehringen (DE)

(72) Erfinder:
• **LOHMILLER, Dieter**
72401 Haigerloch (DE)
• **SCHELL, Marvin**
78713 Schramberg (DE)

- **PLÖCKINGER, Andreas**
4623 Gunskirchen (AT)
- **FOSCHUM, Paul**
4040 Linz (AT)
- **WINKLER, Bernd**
4490 St. Florian (AT)
- **ZEHETBAUER, Thomas**
4101 Feldkirchen an der Donau (AT)

(74) Vertreter: **Westphal, Mussnug & Partner**
Patentanwälte mbB
Am Riettor 5
78048 Villingen-Schwenningen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 308 236 EP-A2- 2 664 804
DE-A1- 102011 120 767 DE-B3- 102015 209 074

EP 4 118 334 B1

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe oder eines Hydraulikmotors gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. des Oberbegriffs des Anspruchs 6.

[0002] Eine solche Vorrichtung ist z.B. aus EP 2 664 804 A2 bekannt.

[0003] Hydraulikpumpen werden bei vielen technischen Anwendungen eingesetzt, um ein Hydraulikfluid, insbesondere Hydrauliköl, von einem Hydraulikfluid-Reservoir zu einem Verbraucher zu fördern. Der Verbraucher kann beispielsweise ein Hydraulikzylinder sein, in welchem sich infolge der Förderung des Hydraulikfluids und eines vom betreffenden Hydrauliksystem und/oder eines darin angeordneten Verbrauchers entgegengebrachten Widerstandes ein Druck aufbaut, welcher in eine Bewegung oder eine Kraft umgesetzt werden kann. Ein derartiges Bauteil kann beispielsweise der Arm eines Baggers sein. Der entsprechende Bedienhebel des Baggers wird vom Baggerführer betätigt, infolgedessen ein gewisser Soll-Wert, beispielsweise des Volumenstroms im Hydraulikzylinder, vorgegeben wird. Der Bedienhebel wirkt daher als ein Stellglied, mit welchem das Fördervolumen der Hydraulikpumpe verändert wird.

[0004] Aus dem Stand der Technik bekannte Regler zum Regeln einer hydraulischen Pumpe verändern das Fördervolumen in vielen Fällen mittels eines Stellzylinders und entsprechend aufgebauten Kombinationen von Blenden, Federn, Drosseln und Ventilen, welche wiederum passiv über Druckrückführungen aus dem betreffenden Hydrauliksystem vorgesteuert werden. Derartige Regler sind beispielsweise aus der DE 24 13 295 A1 bekannt. Im Falle von Axialkolbenpumpen spricht man bei der Veränderung des Fördervolumens auch vom Verändern des Schwenkwinkels.

[0005] Aufgrund der Tatsache, dass aus dem Stand der Technik bekannte Regler eine bestimmte Kombination von Blenden, Federn, Drosseln und Ventilen aufweisen, bilden diese Regler eine bestimmte Regelaufgabe mit bestimmten Regelungscharakteristiken ab, welche im Betrieb des Verbrauchers nur bedingt geändert werden können. Soll die Regelungscharakteristik geändert werden, muss beispielsweise eine Feder oder ein Federpaket manuell weiter vorgespannt oder durch eine Feder mit einer anderen Federkennlinie ausgetauscht werden. Entsprechendes gilt für die übrigen hydraulischen Komponenten des betreffenden Reglers oder Hydrauliksystems.

[0006] Regler mit einer elektrischen proportionalen Regelachse sind ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt und gegenüber den zuvor beschriebenen Reglern teilweise etwas flexibler, dennoch lässt die Flexibilität der aus dem Stand der Technik benannten Reglern zu wünschen übrig. Darüber hinaus sind die eingesetzten Ventile in vielen Fällen als Schieber- oder Kolbenventile ausgebildet, welche prinzipbedingt eine gewisse Leckage aufweisen. Diese Leckage führt zu einem Druckver-

lust innerhalb des betreffenden Hydrauliksystems und einer hierdurch hervorgerufenen Effizienzverringering des Betriebs des Hydrauliksystems.

[0007] Zum weiteren relevanten Stand der Technik sei auf die DE 36 44 736 A1, die EP 3 308 236 A1, die DE 10 2014 207 958 A1, die DE 10 2011 120 767 A1, die DE 20 2009 013 507 U1, die DE 10 2018 003 728 A1 und die DE 10 2012 006 219 A1 verwiesen.

[0008] Aufgabe einer Ausführungsform bzw. Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe oder eines Hydraulikmotors vorzuschlagen, mit welcher es mit einfachen und identisch aufgebauten Komponenten möglich ist, unterschiedliche Regelaufgaben ohne nennenswerte Anpassungen an den hydraulischen Komponenten flexibel lösen zu können. Zudem soll die Leckage in der Vorrichtung weitgehend verringert und somit die Dynamik und die Effizienz der Regelung erhöht werden.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den in den Ansprüchen 1, 6, 9 und 10 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Eine Ausführungsform der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe, umfassend

- ein Hydraulikfluid-Reservoir,
- eine Hydraulikpumpe mit einem Eingang und einem Ausgang, wobei
 - o der Eingang mittels einer ersten Niederdruckleitung mit dem Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist,
 - o der Ausgang mit einer Hochdruckleitung verbunden ist, an welche ein Verbraucher anschließbar ist,
- eine mit der Hydraulikpumpe zusammenwirkende Verstelleinheit, mit welcher das Fördervolumen der Hydraulikpumpe veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit in einer mit der Hochdruckleitung verbundenen Hochdruck-Nebenleitung angeordnet ist,
- ein in der Hochdruck-Nebenleitung angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Hochdruck-Sitzventil,
- einen Sensor, mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
- ein Stellglied, mit welchem ein Soll-Wert vorgegeben wird, und
- eine Regelungseinrichtung, welche mit dem Sensor und dem Stellglied derart zusammenwirkt, dass das Hochdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Sensor erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist.

[0011] Erfindungsgemäß ist das Hochdruck-Sitzventil als ein Sitzventil mit integrierter Druckbegrenzung aus-

geführt sein. In dieser Ausführungsform ist eine Druckbegrenzungsfunktion in das Hochdruck-Sitzventil integriert. Wenn der Druck im Hydrauliksystem und insbesondere im Verbraucher über einen gewissen Wert ansteigt, öffnet das Hochdruck-Sitzventil unabhängig von einer Betätigung, die von der Regelungseinrichtung veranlasst wird. Infolgedessen wird sichergestellt, dass die Hydraulikpumpe zurück schwenkt und der Druck im Hydrauliksystem unabhängig von der Funktionstüchtigkeit der Regelungseinrichtung einen bestimmten Wert nicht überschreiten kann. Die Komponenten des Hydrauliksystems werden hierdurch geschützt.

[0012] In der Regelungseinrichtung können Algorithmen hinterlegt werden, mit welchen verschiedene Regelungsaufgaben und Regelungscharakteristiken abgebildet werden können. Die Regelungseinrichtung kann beispielsweise so ausgeführt werden, dass klassische Regler, beispielsweise PI-Regler oder PID-Regler mit und ohne Festwertregelung, simuliert werden können. Um bestimmte Regelungscharakteristiken realisieren zu können, muss lediglich die Regelungseinrichtung entsprechend eingerichtet werden. Im Betrieb kann abhängig von der Anwendung die gewünschte Regelungscharakteristik auf geeignete Weise ausgewählt werden. Eine Veränderung der hydraulischen Komponenten ist nicht notwendig. Infolgedessen weist die vorliegende Vorrichtung zum Regeln der Hydraulikpumpe ein Höchstmaß an Flexibilität auf.

[0013] Vorschlagsgemäß wird das Fördervolumen der Hydraulikpumpe mit einer entsprechenden Aktivierung des Hochdruck-Sitzventils und folglich auf hydraulischem Wege verändert. Eine gezielte Änderung der Drehzahl des Antriebsmotors der Hydraulikpumpe erfolgt nicht, jedoch kann die Antriebsdrehzahl aufgrund der Belastung variieren, wodurch die Funktionalität des Hydrauliksystems nicht nachteilig beeinflusst wird. Hieraus ergibt sich der Vorteil, dass vergleichsweise einfache Antriebsmotoren verwendet werden können, die ohne eine Drehzahlregelung betrieben werden können. Beispielsweise können Verbrennungsmotoren verwendet werden, die konstant in ihrem optimalen Drehzahlbereich und folglich wirtschaftlich betrieben werden können. Aufwendige Antriebsmotoren wie beispielsweise Servomotoren, deren Drehzahl geregelt werden kann, sind nicht notwendig. Abhängig von den Anforderungen der Anwendung kann jedoch auch ein drehzahlvariabler Motor eingesetzt werden, um eine weitere Regelgröße zur Ausnutzung der Eigenschaften der Regelung hinzuzufügen.

[0014] Die Hydraulikpumpe kann eine beliebige Anzahl von Kolben aufweisen. Die vorschlagsgemäße Vorrichtung wirkt auf sämtliche Kolben gleichermaßen ein. Eine individuelle Regelung einzelner Kolben erfolgt nicht, wodurch die vorschlagsgemäße Vorrichtung konstruktiv und regelungstechnisch einfach gehalten werden kann.

[0015] Gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform umfasst die Verstelleinheit einen Stellzylinder oder ist als ein Stellzylinder ausgebildet, wobei

- im Stellzylinder ein Kolben verschiebbar gelagert ist,
- der Kolben den Stellzylinder in einen ersten Druckraum und einen zweiten Druckraum unterteilt,
- der erste Druckraum mittels einer Hochdruck-Nebenleitung sowie einer Arbeitsleitung mit der Hochdruckleitung verbunden ist,
- der zweite Druckraum mittels einer zweiten Niederdruckleitung mit Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist, und
- der Kolben mit einer Rückstellfeder und/oder einem Gegenkolben gegen den ersten Druckraum vorgespannt ist.

[0016] Das Hochdruck-Sitzventil verbindet die Hochdruck-Nebenleitung und die Arbeitsleitung, wobei die Arbeitsleitung dem Hochdruck-Sitzventil nachgelagert angeordnet ist. Infolge der Betätigung des Hochdruck-Sitzventils kann das Druckniveau in der Arbeitsleitung beeinflusst werden.

[0017] Die Verwendung eines Stellzylinders als Verstelleinheit lässt sich technisch vergleichsweise einfach umsetzen und hat sich als zuverlässig erwiesen.

[0018] Nach Maßgabe einer weiteren Ausführungsform kann zwischen dem Hochdruck-Sitzventil und der Verstelleinheit eine Neben-Niederdruckleitung aus der Hochdruck-Nebenleitung abzweigen und in die zweite Niederdruckleitung münden, und in der Neben-Niederdruckleitung eine feste oder variable Niederdruckdrossel angeordnet sein. Der Begriff "Drossel" soll im Folgenden so verstanden werden, dass er jede Querschnittsverengung in der betreffenden Leitung mit umfasst. Man kann daher auch von einer "Verdüsung" oder einer Blende sprechen. Die Drossel kann fix oder variabel ausgeführt werden. Unter einer variablen Drossel soll verstanden werden, dass die Querschnittsverengung im Gegensatz zu einer festen Drossel verändert werden kann.

[0019] Eine variable Drossel kann beispielsweise zwei oder mehrere sich voneinander unterscheidende Querschnittsverengungen vorgeben, welche beispielsweise von einem Benutzer durch Drehen eines Handrads ausgewählt werden können. Die Auswahl kann aber auch mit Unterstützung eines Stellmotors oder Elektromagneten bewirkt werden, der vom Benutzer entsprechend betätigt wird. Diese elektrische Betätigung kann aber auch von der Regelungseinrichtung aktiviert und folglich in die Regelung integriert werden.

[0020] Unter der Voraussetzung, dass die als ein Stellzylinder ausgestaltete Verstelleinheit und der Kolben komplett leakagefrei miteinander zusammenwirken, könnte sich der einmal im ersten Druckraum aufgebaute Druck nicht mehr abbauen. Der Stellzylinder würde in einer bestimmten Position verbleiben, so dass das Fördervolumen der Hydraulikpumpe nicht mehr verändert werden könnte. Wie erwähnt, ist dies eine rein theoretische Betrachtung, da der Kolben und der Stellzylinder prinzipbedingt immer eine gewisse Leckage aufweisen, so dass immer ein bestimmtes Volumen des Hydraulikfluids vom ersten Druckraum zum zweiten Druckraum

strömen wird. Eine gewisse Leckage ist daher Voraussetzung zum funktionsgemäßen Betrieb der Vorrichtung. Allerdings gilt auch hier, dass die Leckage zu einem Druckverlust und folglich zu einer verminderten Effizienz im Betrieb der vorliegenden Vorrichtung führt. Insofern ist man bestrebt, die Leckage so gering wie möglich auszuführen, was mit einer erhöhten Fertigungsgenauigkeit des Kolbens und des Stellzylinders erreicht werden kann. Eine Restleckage wird jedoch immer verbleiben. Je geringer jedoch die Leckage ist, desto langsamer kann sich der Druck im ersten Druckraum abbauen, was sich negativ auf die Dynamik der Regelung auswirkt. Mit der in der Neben-Niederdruckleitung angeordneten Niederdruckdrossel wird neben der Leckage zwischen dem ersten Druckraum und dem zweiten Druckraum ein weiterer Weg geschaffen, mit welchem der Druck im ersten Druckraum abgebaut werden kann. Hierdurch wird die Dynamik der Regelung erhöht.

[0021] In einer weitergebildeten Ausführungsform kann zwischen dem Hochdruck-Sitzventil und der Verstelleinheit eine Neben-Niederdruckleitung aus der Hochdruck-Nebenleitung abzweigen und in die zweite Niederdruckleitung münden, und in der Neben-Niederdruckleitung ein Niederdruck-Sitzventil angeordnet sein, welches mittels der Regelungseinrichtung unter Berücksichtigung des vom Sensor erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der zuvor erörterten Ausführungsformen lediglich dadurch, dass anstelle einer Niederdruckdrossel ein Niederdruck-Sitzventil eingesetzt wird. Während eine Drossel nicht oder kaum in einen Regelkreislauf eingebunden werden kann, da sie ein passives Element darstellt, kann das Niederdruck-Sitzventil sehr gut in den Regelkreislauf integriert werden. Insofern kann der Druckabbau unter Verwendung der Neben-Niederdruckleitung sehr genau ausgewählt werden. Sowohl die Dynamik als auch die Präzision der Regelung können hierdurch im Vergleich zur Niederdruckdrossel deutlich erhöht werden.

[0022] Bei einer weiteren Ausführungsform kann die Hochdruck-Nebenleitung eine Bypassleitung aufweisen, mit welcher das Hochdruck-Sitzventil umgangen wird. Zudem kann in der Bypassleitung ein Druckbegrenzungsventil angeordnet sein. Das Druckbegrenzungsventil kann beispielsweise als ein federbelastetes Rückschlagventil realisiert sein. Auch hierdurch wird eine Druckbegrenzungsfunktion realisiert, die alternativ zu dem Sitzventil mit integrierter Druckbegrenzungsfunktion oder zusätzlich hier zu vorgesehen sein kann. Mit diesem Druckbegrenzungsventil wird unabhängig von der Funktionstüchtigkeit des Hochdruck-Sitzventil und von seinem Schaltzustand ein Druckanstieg über einen gewissen Wert verhindert. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Offenbarung der Begriff "Druckbegrenzungsventil" abweichend von der üblichen Definition verwendet wird, wonach ein Druckbegrenzungsventil direkt mit dem Hydraulik-Reservoir verbunden ist. Abgesehen von der Anordnung

des vorschlagsgemäßen Druckbegrenzungsventils besteht aber kein Unterschied in der Funktion zu einem definitionsgemäßen Druckbegrenzungsventil. Alternativ kann in diesem Zusammenhang auch von einem druckabhängigen Schaltventil gesprochen werden.

[0023] Eine Ausbildung der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe, umfassend

- ein Hydraulikfluid-Reservoir,
- eine Hydraulikpumpe mit einem Eingang und einem Ausgang, wobei
 - o der Eingang mit einer ersten Niederdruckleitung mit dem Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist,
 - o der Ausgang mit einer Hochdruckleitung verbunden ist, an welche ein Verbraucher anschließbar ist,
- eine mit der Hydraulikpumpe zusammenwirkende Verstelleinheit, mit welcher das Fördervolumen der Hydraulikpumpe veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit in einer mit der Hochdruckleitung verbundenen Hochdruck-Nebenleitung angeordnet ist,
- eine Neben-Niederdruckleitung, die aus der Hochdruck-Nebenleitung abzweigt,
- ein in der Neben-Niederdruckleitung angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Niederdruck-Sitzventil,
- einen Sensor, mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
- ein Stellglied, mit welchem ein Soll-Wert vorgebar ist, und
- eine Regelungseinrichtung, welche mit dem Sensor und dem Stellglied derart zusammenwirkt, dass das Niederdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Sensor erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist.

[0024] In dieser Ausbildung umfasst die Vorrichtung kein Hochdruck-Sitzventil, sondern ein Niederdruck-Sitzventil. Im ersten Druckraum stellt sich somit immer das Druckniveau ein, welches auch am Verbraucher anliegt. Das Fördervolumen der Hydraulikpumpe wird hauptsächlich mit der Ansteuerung des Niederdruck-Sitzventils beeinflusst.

[0025] Gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform umfasst die Verstelleinheit einen Stellzylinder oder ist als ein Stellzylinder ausgebildet, wobei

- im Stellzylinder ein Kolben verschiebbar gelagert ist,
- der Kolben den Stellzylinder in einen ersten Druckraum und einen zweiten Druckraum unterteilt,
- der erste Druckraum mittels einer Hochdruck-Ne-

benleitung sowie einer Arbeitsleitung mit der Hochdruckleitung verbunden ist,

- der zweite Druckraum mittels einer zweiten Niederdruckleitung mit Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist, und
- der Kolben mit einer Rückstellfeder und/oder einem Gegenkolben gegen den ersten Druckraum vorgespannt ist.

[0026] Die Verwendung eines Stellzylinders als Verstelleinheit lässt sich technisch vergleichsweise einfach umsetzen und hat sich als zuverlässig erwiesen.

[0027] Bei einer weiteren Ausbildung kann vorgesehen sein, dass in der Hochdruck-Nebenleitung eine feste oder variable Hochdruckdrossel angeordnet ist. In diesem Fall liegt im ersten Druckraum nicht automatisch derselbe Druck wie am Verbraucher an, sondern abhängig des Systemzustandes, das reduzierte Druckniveau. Die Druckbelastung des Stellzylinders ist entsprechend geringer.

[0028] Eine Ausgestaltung der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln eines Hydraulikmotors, umfassend

- ein Hydraulikfluid-Druckreservoir,
- einen Hydraulikmotor mit einem Eingang und einem Ausgang, wobei
 - o der Eingang mittels einer Hochdruckleitung mit dem Hydraulikfluid-Druckreservoir verbunden ist,
 - o der Ausgang mittels einer Rücklaufleitung mit einem Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist,
- eine mit dem Hydraulikmotor zusammenwirkende Verstelleinheit, mit welcher das vom Hydraulikmotor aufzunehmende Schluckvolumen veränderbar ist,
- ein in der Hochdruck-Nebenleitung angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Hochdruck-Sitzventil,
- einen Sensor, mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem vom Hydraulikmotor aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
- ein Stellglied, mit welchem ein Soll-Wert vorgebar ist, und
- eine Regelungseinrichtung, welche mit dem Sensor und dem Stellglied derart zusammenwirkt, dass das Hochdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Sensor erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist.

[0029] Das Schluckvolumen des Hydraulikmotors steht in Analogie zum Förderolumen der Hydraulikpumpe. Mit dem Schluckvolumen kann die Leistung oder das Drehmoment, welches vom Hydraulikmotor abgegeben wird, beeinflusst werden.

[0030] Eine Umsetzung der Erfindung betrifft eine Vor-

richtung zum Regeln eines Hydraulikmotors, umfassend

- ein Hydraulikfluid-Druckreservoir,
- einen Hydraulikmotor mit einem Eingang und einem Ausgang, wobei
 - o der Eingang mittels einer Hochdruckleitung mit dem Hydraulikfluid-Druckreservoir verbunden ist,
 - o der Ausgang mittels einer Rücklaufleitung mit einem Hydraulikfluid-Reservoir verbunden ist,
- eine mit dem Hydraulikmotor zusammenwirkende Verstelleinheit, mit welchem das vom Hydraulikmotor aufzunehmende Schluckvolumen veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit in einer mit der Hochdruckleitung verbundenen Hochdruck-Nebenleitung angeordnet ist,
- ein in der Neben-Niederdruckleitung angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Niederdruck-Sitzventil,
- einen Sensor, mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem vom Hydraulikmotor aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren und den Verbraucher betreffenden Messeinheit erfassbar ist,
- ein Stellglied, mit welchem ein Soll-Wert der Kenngröße vorgebar ist, und
- eine Regelungseinrichtung, welche mit dem Sensor und dem Stellglied derart zusammenwirkt, dass das Niederdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Sensor erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist.

[0031] Die technischen Effekte und Vorteile, die sich mit der vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln eines Hydraulikmotors erreichen lassen, entsprechen denjenigen, die für die vorliegende Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe erörtert worden sind. Zusammenfassend sei darauf hingewiesen, dass sich einerseits die Leckage innerhalb der Vorrichtung im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Reglern deutlich verringern lässt, wodurch die Effizienz und die Dynamik der Regelung erhöht werden. Andererseits lassen sich verschiedene Regelungsaufgaben und Regelungscharakteristiken ohne eine Änderung der Hydraulikkomponenten der Vorrichtung flexibel und schnell realisieren. Zudem kann eine Vielzahl von Parametern bei der Regelung berücksichtigt werden, wodurch die Genauigkeit der Regelung erhöht wird. Diese Parameter können mit weiteren Sensoren erfasst werden.

[0032] Gemäß einer weiteren Umsetzung der Erfindung sind

- das Hochdruck-Sitzventil als ein Hochdruck-Digital-sitzventil und/oder
- das Niederdruck-Sitzventil als ein Niederdruck-Digital-sitzventil und/oder
- das Hochdruck-Sitzventil mit integrierter Druckbe-

grenzungsfunktion als ein Hochdruck-Digitalsitzventil mit integrierter Druckbegrenzungsfunktion ausgebildet.

[0033] Digitalsitzventile haben insbesondere folgende Eigenschaften: Sie sind im geschlossenen Zustand vollständig oder nahezu vollständig leakagefrei, so dass sie im geschlossenen Zustand keinen oder nahezu keine Leckage in der vorliegenden Vorrichtung verursachen und weisen im geöffneten Schaltzustand größere Öffnungsquerschnitte im Vergleich zu herkömmlichen Standardreglern auf. Infolgedessen können die Dynamik und die Effizienz der Regelung verbessert werden. Die verbesserte Dynamik führt zu einem besseren Ansprechverhalten des betreffenden Stellglieds und zu einem erhöhten Bedienungskomfort. Digitalsitzventile nehmen nicht nur zwei Schaltzustände (auf und zu) ein, sondern können bei entsprechender Ansteuerung durch die Elektronik der Regelungseinheit zum Dosieren verwendet werden. Außerdem weisen sie sehr geringe Schaltzeiten von 5 msec und weniger auf. Der Volumenstrom des Hydraulikfluids, welcher das betreffende Digitalsitzventil durchströmt, kann mit der Frequenz des Öffnens und Schließens sehr genau eingestellt werden. Neben der genannten Pulsweitenmodulation gibt es auch noch andere Ansteuervarianten wie Frequenzmodulation beziehungsweise Kombinationen daraus.

[0034] Zudem lassen sich Digitalsitzventile mit einer Regelungseinrichtung betätigen, welche eine Leistungselektronik umfassen kann. Die Regelungseinrichtung ist in der Lage, eine Vielzahl von Parametern bei der Betätigung der Digitalsitzventile zu berücksichtigen, um den Ist-Wert der Kenngröße, beispielsweise der Volumenstrom des Hydraulikfluids, möglichst genau dem Soll-Wert, der vom Stellglied vorgegeben wird, anzugleichen. Der Ist-Wert kann mit dem Sensor erfasst werden. Das Stellglied kann beispielsweise als ein Bedienhebel eines Baggers ausgestaltet sein. Die Regelung wird im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Reglern deutlich verbessert.

[0035] Wie erwähnt, kann je nach Ausführungsform ein leakagefreier Stellzylinder eingesetzt werden. Technisch kann ein zumindest nahezu leakagefreier Stellzylinder dadurch bereitgestellt werden, dass am Kolben entsprechende Dichtungen angeordnet sind, welche den Kolben gegenüber dem Stellzylinder abdichten. Wie ebenfalls erwähnt, könnte dann der mit der Leckage verbundene Druckverlust im Betrieb der vorliegenden Vorrichtung deutlich reduziert oder ganz beseitigt werden, was eine Steigerung der Effizienz zur Folge hat. Allerdings erzeugt eine Dichtung eine erhöhte Reibung im Stellzylinder, was dazu führt, dass zum Verschieben des Kolbens die Reibkräfte der Dichtung überwunden werden müssen. Hierdurch kann es zu einem verzögerten Ansprechverhalten kommen. Um dem entgegenzuwirken, können die Digitalsitzventile von der Regelungseinrichtung mit einer sogenannten "Boost-and-Hold"-Strategie betätigt werden. Durch die getaktete Ansteuerung

kommt es zu pulsartigen Druckanstiegen im ersten Druckraum und im zweiten Druckraum, was ein genaues Verstellen des Kolbens trotz auftretender Haft/Gleitreibung (Stick-Slip-Effekt) ermöglicht.

[0036] In einer Weiterbildung der Erfindung ist mittels eines Drucksensors ein in der Arbeitsleitung vorliegender Druck erfassbar, wobei der Drucksensor mit der Regelungseinrichtung derart zusammenwirkt, dass das Hochdruck-Sitzventil und/oder das Niederdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Drucksensor erfassten Drucks aktivierbar ist. So kann der Druck in der Arbeitsleitung als zusätzliche Größe in die Regelung des Systems mit einbezogen werden. Der in der Arbeitsleitung erfasste Druck entspricht dem Druck, der an der Verstelleinheit anliegt. Durch die Einbeziehung des Drucks in der Arbeitsleitung in die Regelung kann die Verstelleinheit durch die Regelungseinrichtung direkter beeinflusst werden. Die Verstelleinheit stellt in der Regel das Fördervolumen der Hydraulikpumpe oder das Schluckvolumen des Hydraulikmotors ein. Sind weitere Parameter der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors bekannt, kann mit der derart weitergebildeten Vorrichtung der Hydraulikpumpe jedes beliebige Fördervolumen beziehungsweise dem Hydraulikmotor jedes beliebige Schluckvolumen aufgeprägt werden. Die hydraulische Leistung der Hydraulikpumpe kann so auf die Leistung des Antriebsmotors abgestimmt werden. Ist die Vorrichtung zum Regeln eines Hydraulikmotors ausgebildet, kann die hydraulische Leistung des Hydraulikmotors auf die an der Welle abgenommene Leistung abgestimmt werden.

[0037] Die Regelungseinrichtung kann dazu ausgebildet sein, anhand des von dem Drucksensor erfassten Drucks eine Stellung der Verstelleinheit zu ermitteln, wobei das Hochdruck-Sitzventil und/oder das Niederdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung der von der Regelungseinrichtung ermittelten Stellung der Verstelleinheit aktivierbar sein kann. Wenn die Verstelleinheit als Stellzylinder ausgebildet ist, wird die Stellung der Verstelleinheit vorzugsweise durch die Position des Kolbens im Stellzylinder beschrieben. Über die Position des Kolbens kann ferner ein Schwenkwinkel der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors ermittelt werden. Durch eine derartige Anordnung kann daher der Schwenkwinkel erfasst werden, ohne dass ein Schwenkwinkelsensor zur Verfügung steht. Dadurch kann ein einfacherer Aufbau der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors erreicht werden. Außerdem kann so eine aktive Beeinflussung des Schwenkwinkels ermöglicht werden.

[0038] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist das Hochdruck-Sitzventil und/oder das Niederdruck-Sitzventil anhand einer Aktivierungsgröße durch die Regelungseinrichtung aktivierbar. Dabei kann in der Regelungseinrichtung ein Referenzwert der Aktivierungsgröße in Abhängigkeit des Ist-Wertes einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe oder mit dem vom Hydraulikmotor aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße hinterlegt sein. Die Regelungseinrichtung

tung ist vorzugsweise ausgebildet, einen mit dem Ist-Wert der Kenngröße korrespondierenden Ist-Wert der Aktivierungsgröße zu erfassen und aus dem Vergleich des Ist-Wertes der Aktivierungsgröße mit einem dem Ist-Wert der Kenngröße zugehörigen Referenzwert der Aktivierungsgröße einen Zustandskennwert der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors zu ermitteln. Besonders vorteilhaft an einer derartigen Weiterbildung der Erfindung ist, dass keine weiteren Komponenten zu deren Realisierung notwendig sind, sondern lediglich die Regelungseinrichtung in entsprechender Weise angepasst werden muss.

[0039] Ein Verfahren zum Regeln der Hydraulikpumpe des Hydraulikmotors wobei das Hochdruck-Sitzventil und/oder ein Niederdruck-Sitzventil anhand einer Aktivierungsgröße aktivierbar ist, umfasst folgende Schritte:

- Erfassen des Ist-Werts zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe oder mit dem vom Hydraulikmotor aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße,
- Erfassen eines korrespondierenden Ist-Wertes der Aktivierungsgröße,
- Ermitteln eines Zustandskennwerts der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors durch Vergleichen des Ist-Wertes der Aktivierungsgröße mit einem dem Ist-Wert der Kenngröße zugehörigen Referenzwert der Aktivierungsgröße.

[0040] Bei der Kenngröße kann es sich, wie zuvor bereits erwähnt, um den Volumenstrom des Hydraulikfluids handeln. Die Aktivierungsgröße kann durch die Stärke eines Ansteuerstroms und/oder eine Ansteuerdauer des Hochdruck-Sitzventils und/oder des Niederdruck-Sitzventils bzw. deren Aktivierungsfrequenzen und/oder Periodendauer gebildet sein. Typischerweise weist der Ansteuerstrom einen periodischen Verlauf auf, wobei sich während einer Periode die Stärke des Ansteuerstroms ändert. Die Dauer, in der der Ansteuerstrom so stark ist, dass er normalerweise eine Öffnung des Ventils bewirkt, wird hier und im Folgenden als Ansteuerdauer bezeichnet. Beispielsweise in der Regelungseinrichtung, kann ein Referenzzusammenhang zwischen dem Volumenstrom und der Stärke des Ansteuerstroms und/oder der Ansteuerdauer hinterlegt sein, sodass für einen bestimmten Volumenstrom der Ist-Wert des Ansteuerstroms und/oder der Ansteuerdauer mit einem entsprechenden Referenzwert verglichen werden kann. Der Referenzzusammenhang kann beispielsweise in Form einer Kennlinie oder eines Kennfelds hinterlegt sein. Der Zustandskennwert kann beispielsweise in Form einer prozentualen Abweichung angegeben sein.

[0041] Typischerweise weist die Hydraulikpumpe oder der Hydraulikmotor mit zunehmendem Verschleiß eine höhere Leckage auf. Um im Falle der Hydraulikpumpe dasselbe effektive Fördervolumen oder im Falle des Hydraulikmotors dieselbe mechanische Leistung zu erreichen, muss beispielsweise in der Konsequenz das Hoch-

druck-Sitzventil häufiger oder weiter geöffnet werden. Anhand des Zustandskennwerts kann insofern eine Aussage über den Verschleißzustand der Hydraulikpumpe oder des Hydraulikmotors getroffen werden.

[0042] Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit einem Hochdruck-Sitzventil,

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Hochdruck-Sitzventil und Drossel,

Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Hochdruck-Sitzventil und einem Niederdruck-Sitzventil,

Figur 4 ein viertes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Hochdruck-Sitzventil und einem Niederdruck-Sitzventil inklusive Druckbegrenzung,

Figur 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Hochdruck-Sitzventil und einem Niederdruck-Sitzventil inklusive Druckbegrenzung,

Figur 6 ein sechstes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Niederdruck-Sitzventil und Hochdruckdrossel,

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln eines Hydraulikmotors,

Figur 8 eine prinzipielle Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Verstelleinheit,

Figur 9 ein siebtes Ausführungsbeispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe mit Hochdruck-Sitzventil und einem Niederdruck-Sitzventil inklusive Druckbegrenzung und Drucksensor,

Figur 10 eine prinzipielle Darstellung einer Ausführungsform der Regelungseinrichtung zur Durchführung eines Verfahren zum Regeln einer Hydraulikpumpe oder eines Hydraulikmotors. In Figur 1 ist ein erstes Ausführungs-

beispiel einer vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₁ zum Regeln einer Hydraulikpumpe 12 anhand eines prinzipiellen Schaltbildes dargestellt. Die Vorrichtung 10₁ ist Teil eines Hydrauliksystems 14, mit welchem ein nicht näher definierter Verbraucher 16 betätigt werden kann und welches nicht dargestellte Hydraulikkomponenten wie Ventile, Blenden und dergleichen umfassen kann. Bei dem Verbraucher 16 kann es sich beispielsweise um einen Hydraulikzylinder handeln, mit welchem ein Bauteil beispielsweise einer Baumaschine bewegt wird.

[0043] Die Vorrichtung 10₁ umfasst ein Hydraulikfluid-Reservoir 18, in welchem eine Hydraulikfluid, insbesondere Hydrauliköl, vorgehalten werden kann. Weiterhin umfasst die Vorrichtung 10₁ eine Hydraulikpumpe 12, welche mit einem Eingang 20 und einem Ausgang 22 ausgestattet ist. Der Eingang 20 der Hydraulikpumpe 12 ist mittels einer ersten Niederdruckleitung 24 mit dem Hydraulikfluid-Reservoir 18 verbunden, so dass die Hydraulikpumpe 12 das Hydraulikfluid aus dem Hydraulikfluid-Reservoir 18 ansaugen kann. Weiterhin ist der Ausgang 22 der Hydraulikpumpe 12 mittels einer Hochdruckleitung 26 mit dem bereits erwähnten Verbraucher 16 verbunden. Infolgedessen kann das von der Hydraulikpumpe 12 angesaugte Hydraulikfluid zum Verbraucher 16 gefördert und dort aufgrund eines Widerstandes vom Hydrauliksystem oder des Verbrauchers 16 ein Druck aufgebaut werden.

[0044] Weiterhin umfasst die Vorrichtung 10₁ eine Verstelleinheit 27, die mit der Hydraulikpumpe 12 zusammenwirkt und baulich in die Hydraulikpumpe 12 integriert sein kann. Mit der Verstelleinheit 27 kann das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 verändert werden, also der von der Hydraulikpumpe 12 bereitgestellte Volumenstrom. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Verstelleinheit 27 als ein Stellzylinder 28 ausgeführt, mit welchem der sogenannte Schwenkwinkel α verändert werden kann. Dabei kann der Schwenkwinkel α so verändert werden, dass das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 zwischen 0 % (theoretisch) und 100 % verändert wird. Der Begriff "Schwenkwinkel" wird üblicherweise für Axialkolbenpumpen verwendet, wobei jedoch die Verwendung der vorliegenden Vorrichtung 10₁ nicht auf die Regelung von Axialkolbenpumpen beschränkt ist. Der Stellzylinder 28 weist einen Kolben 30 auf, der im Stellzylinder 28 axial verschiebbar gelagert ist und den Stellzylinder 28 in einen ersten Druckraum 32 und einen zweiten Druckraum 34 unterteilt. Der erste Druckraum 32 ist mittels einer Hochdruck-Nebenleitung 36 sowie einer Arbeitsleitung 37 mit der Hochdruckleitung 26 verbunden, während der zweite Druckraum 34 mittels einer zweiten Niederdruckleitung 38 mit dem bereits erwähnten Hydraulikfluid-Reservoir 18 direkt oder indirekt mit dem Gehäuse der Hydraulikpumpe 12 verbunden ist. Die zweite Niederdruckleitung 38 kann auch als Leckage- oder Tan-

kleitung bezeichnet werden. Der Kolben 30 ist mit einer Rückstellfeder 39 zum ersten Druckraum 32 hin vorgespannt.

[0045] Darüber hinaus ist in der Hochdruck-Nebenleitung 36 ein Hochdruck-Sitzventil 40, im vorliegenden Ausführungsbeispiel als ein Hochdruck-Digitalsitzventil 41 ausgeführt, angeordnet, welches mit einer Regelungseinrichtung 42 betätigt werden kann, wozu elektrische Leitungen verwendet werden. Durch Betätigung des Hochdruck-Sitzventils 40 kann das Druckniveau im nachgelagerten Teil der Hochdruck-Nebenleitung 36 beeinflusst werden. Dieser Teil der Hochdruck-Nebenleitung 36 ist im Folgenden auch als Arbeitsleitung 37 bezeichnet.

[0046] Die Regelungseinrichtung 42 wiederum ist unter Verwendung von elektrischen Leitungen mit zumindest einem Sensor 44 verbunden, mit welchem ein Ist-Wert einer Kenngröße bestimmt und der Regelungseinrichtung 42 zugeführt werden kann, welche mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 verändert werden soll. Weiterhin ist die Regelungseinrichtung 42 unter Verwendung von elektrischen Leitungen mit einem Stellglied 46 verbunden, mit dem der Soll-Wert der Kenngröße vorgegeben werden kann. Das Stellglied 46 kann beispielsweise als ein Bedienhebel der Baumaschine ausgestaltet sein.

[0047] Die Regelungseinrichtung 42 kann weiterhin mittels elektrischer Leitungen mit einem oder mehreren weiteren Sensoren 48 verbunden werden, mit welchem bzw. welchen Parameter erfasst werden können, welche einen Einfluss auf die Regelung haben können. Die Parameter können von der Regelungseinrichtung 42 beim Betätigen des Hochdruck-Sitzventil 40 berücksichtigt werden, um den Ist-Wert schneller dem Soll-Wert anpassen zu können. Der Sensor 44 und die weiteren Sensoren 48 sowie das Stellglied 46 stellen ihre Signale in elektronischer Form der Regelungseinrichtung 42 zur Verfügung. Anstelle von elektrischen Leitungen können auch drahtlose Verbindungen vorgesehen werden.

[0048] Die vorschlagsgemäße Vorrichtung 10₁ wird auf folgende Weise betrieben: Zunächst wird ein Antriebsmotor 62 für die Hydraulikpumpe 12 eingeschaltet, wodurch die Hydraulikpumpe 12 aktiviert wird. Die Hydraulikpumpe 12 fördert das Hydraulikfluid aus dem Hydraulikfluid-Reservoir 18 zum Verbraucher 16, in welchem sich aufgrund eines Widerstandes und der Förderung des Fluids ein gewisser Druck aufbaut. Dieser Druck liegt ebenfalls in der Hochdruckleitung 26 und in der Hochdrucknebenleitung 36 in Strömungsrichtung gesehen vor dem Hochdruck-Sitzventil 40 an. In der Arbeitsleitung 37 herrscht konstruktiv ein geringerer Druck als in der Hochdruck-Nebenleitung 36, um ein Kräftegleichgewicht innerhalb der Verstelleinheit 27 zu generieren. Der Benutzer beispielsweise der Baumaschine kann nun mit dem Stellglied 46 einen gewissen Soll-Wert der Kenngröße vorgeben, welche beispielsweise einem bestimmten Volumenstrom des Hydraulikfluids im Verbraucher 16 entsprechen kann. Dieser Soll-Wert wird der Rege-

lungseinrichtung 42 zugeführt. Gleichzeitig wird der Ist-Wert der Kenngröße im Verbraucher 16 oder an einer anderen geeigneten Stelle im Hydrauliksystem 14 vom Sensor 44 erfasst. Um den Ist-Wert dem Soll-Wert anzupassen, wird nun das Hochdruck-Sitzventil 40 von der Regelungseinrichtung 42 betätigt. Wie aus der Figur 1 hervorgeht, handelt es sich bei dem Hochdruck-Sitzventil 40 um ein 2/2-Sitzventil, welches zwischen einer Offenstellung und einer Schließstellung bewegt werden kann. Weiterhin ist aus der Figur 1 zu erkennen, dass das Hochdruck-Sitzventil 40 stromlos geschlossen, also als "Normally Closed" Ventil ausgeführt ist. Aufgrund der Tatsache, dass das Hochdruck-Sitzventil 40 als Sitzventil ausgestaltet ist, ist dieses im geschlossenen Zustand leckagefrei.

[0049] Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass zunächst das Hochdruck-Sitzventil 40 von der Regelungseinrichtung 42 nicht betätigt wird. Infolgedessen ist das Hochdruck-Sitzventil 40 geschlossen. Der Druck, welcher im Verbraucher 16 und folglich in der Hochdruckleitung 26 und in der Hochdruck-Nebenleitung 36 bis zum Hochdruck-Sitzventil 40 aufgebaut wird, wird infolgedessen nicht in den ersten Druckraum 32 weitergeleitet. Die Rückstellfeder 39, mit welcher der Kolben 30 vorgespannt wird, befindet sich daher in einem der minimalen Federvorspannung entsprechenden Zustand. In diesem Zustand wirkt der Stellzylinder 28 derart mit der Hydraulikpumpe 12 zusammen, dass diese ihren maximalen Schwenkwinkel α einnimmt bzw. ihr maximales Fördervolumen abgibt. Aufgrund eines Widerstandes des Verbrauchers 16 oder des Hydrauliksystems und der weiteren Förderung des Hydraulikfluids steigt der Druck im Verbraucher 16, in der Hochdruckleitung 26 sowie in der Hochdruck-Nebenleitung 36 weiter an. Dieser Druckanstieg wird vom Sensor 44 erfasst. Stellt die Regelungseinrichtung 42 fest, dass der Ist-Wert nicht dem Soll-Wert entspricht, kann das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 reduziert werden. Hierzu öffnet die Regelungseinrichtung 42 das Hochdruck-Sitzventil 40, so dass das Hydraulikfluid durch das Hochdruck-Sitzventil 40 zum ersten Druckraum 32 fließen kann. Das Volumen im ersten Druckraum 32 kann infolge der Pulsweite, mit welcher das Hochdruck-Sitzventil 40 geöffnet und geschlossen wird, eingestellt werden. Aufgrund des steigenden Volumens im ersten Druckraum 32 steigt dort der Druck, wodurch der Kolben 30 zum zweiten Druckraum 34 hin verschoben und die Rückstellfeder 39 komprimiert wird. Aufgrund der Bewegung des Kolbens werden der Schwenkwinkel α und folglich das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 reduziert. Sobald der Ist-Wert dem Soll-Wert entspricht, wird das Fördervolumen nicht mehr verändert.

[0050] Unter der Voraussetzung, dass der Kolben 30 den ersten Druckraum 32 und den zweiten Druckraum 34 leckagefrei gegeneinander abdichtet, bliebe die Stellung des Kolbens erhalten. Dies würde auch bedeuten, dass das Fördervolumen der Pumpe nicht wieder erhöht werden könnte. Allerdings ist prinzipbedingt immer eine

gewisse Leckage zwischen dem ersten Druckraum 32 und dem zweiten Druckraum 34 vorhanden, so dass ein gewisses Volumen vom ersten Druckraum 32 in den zweiten Druckraum 34 strömen kann. Aufgrund dieser Leckage nimmt das Volumen des Hydraulikfluids im ersten Druckraum 32 mehr oder weniger schnell ab, infolgedessen wird der Kolben 30 von der Rückstellfeder 39 wieder zum ersten Druckraum 32 verschoben. Diese Verschiebung hat eine Erhöhung des Stellwinkels und folglich eine Erhöhung des Fördervolumens der Hydraulikpumpe 12 zur Folge. Hierdurch würde der Ist-Wert wieder vom Soll-Wert abweichen. Um dem entgegenzuwirken, öffnet die Regelungseinrichtung 42 das Hochdruck-Sitzventil 40 derart, dass der Ist-Wert dem Soll-Wert entspricht.

[0051] Für den Fall, dass der Benutzer der Baumaschine beispielsweise eine schnellere Zylinderbewegung ausführen möchte, muss das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 erhöht werden. Dies wird in der Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ausschließlich über die Leckage bewirkt, welche, wie bereits erwähnt, eine Strömung des Hydraulikfluids vom ersten Druckraum 32 in den zweiten Druckraum 34 zulässt. Wie ebenfalls beschrieben, stellt die Rückstellfeder 39 den Kolben 30 zum ersten Druckraum 32 zurück, wodurch der Schwenkwinkel α bzw. das Fördervolumen erhöht werden. Auf diese Weise kann die Hydraulikpumpe 12 entsprechend geregelt werden. An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass mit dem weiteren Sensor 48 Parameter in die Regelung einfließen können, welche ebenfalls einen Einfluss auf die Regelung haben.

[0052] In Figur 2 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₂ ebenfalls anhand eines prinzipiellen Schaltbilds gezeigt. Der Aufbau der Vorrichtung 10₂ gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel entspricht weitgehend demjenigen des in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiels der Vorrichtung 10₁, wobei zusätzlich zwischen dem Hochdruck-Sitzventil 40 und dem Stellzylinder 28 eine Neben-Niederdruckleitung 50 aus der Hochdruck-Nebenleitung 36 abzweigt und in die zweite Niederdruckleitung 38 mündet. In dieser Neben-Niederdruckleitung 50 ist eine Niederdruckdrossel 52 angeordnet. Durch die Neben-Niederdruckleitung 50 kann das Hydraulikfluid vom ersten Druckraum 32 in das Hydraulikfluid-Reservoir 18 fließen, ohne zwischen dem Kolben 30 und dem Stellzylinder 28 in den zweiten Druckraum 34 fließen zu müssen. Der Stellzylinder 28 könnte daher leckagefrei ausgeführt werden, was prinzipbedingt nicht möglich ist. Allerdings lässt sich die Leckage durch eine entsprechende Fertigungsgenauigkeit reduzieren. Eine reduzierte Leckage hält den Druckverlust im Hydrauliksystem 14 gering, wodurch die Effizienz, mit welcher das Hydrauliksystem 14 betrieben werden kann, erhöht wird.

[0053] Wie bereits erwähnt, muss zum Erhöhen des Schwenkwinkels α bzw. des Fördervolumens der Hydraulikpumpe 12 der Kolben 30 zum ersten Druckraum 32 hin verschoben werden, wobei ein bestimmtes Volu-

men des Hydraulikfluids aus dem ersten Druckraum 32 abgeführt werden muss. Während im ersten Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₁, welche in Figur 1 dargestellt ist, dem Hydraulikfluid nur der Weg vom ersten Druckraum 32 in den zweiten Druckraum 34 bleibt, kann das Hydraulikfluid im zweiten Ausführungsbeispiel auch durch die Neben-Niederdruckleitung 50 und die Niederdruckdrossel 52 aus dem ersten Druckraum 32 abfließen. Da im zweiten Ausführungsbeispiel das Hydraulikfluid schneller aus dem ersten Druckraum 32 abfließen kann, wird die Regelung dynamischer, wodurch das Ansprechverhalten verbessert wird.

[0054] In Figur 3 ist ein drittes Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₃ ebenfalls anhand eines prinzipiellen Schaltbilds gezeigt. Die Vorrichtung 10₃ gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel gleicht zum größten Teil der Vorrichtung 10₂ gemäß dem in Figur 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel, allerdings ist in der Neben-Niederdruckleitung 50 anstelle der Niederdruckdrossel 52 ein Niederdruck-Sitzventil 54 angeordnet, welches ebenfalls als ein Niederdruck-Digitalsitzventil 55 ausgebildet ist und wie das Hochdruck-Sitzventil 40 von der Regelungseinrichtung 42 betätigt werden kann. Das Abfließen des Hydraulikfluids aus dem ersten Druckraum 32 kann im dritten Ausführungsbeispiel sehr viel zielgerichteter beeinflusst werden als im zweiten Ausführungsbeispiel, da der Volumenstrom des aus dem ersten Druckraum 32 abfließenden Hydraulikfluids mit einer entsprechenden Aktivierung des Niederdruck-Sitzventils 54 vorgegeben werden kann. Wenn also mit dem Stellglied 46 beispielsweise ein erhöhter Soll-Wert der betreffenden Kenngröße im Verbraucher 16 angefordert wird, kann die Regelungseinrichtung 42 das Niederdruck-Sitzventil 54 entsprechend öffnen, wodurch der Schwenkwinkel α bzw. das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 erhöht werden.

[0055] In Figur 4 ist ein viertes Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₄ dargestellt, welches weitgehend dem dritten Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 3 entspricht. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass das Hochdruck-Sitzventil 40 als ein Hochdruck-Sitzventil 56 mit integrierter Druckbegrenzung, in diesem Fall als ein Hochdruck-Digitalsitzventil 57 mit integrierter Druckbegrenzungsfunktion ausgebildet ist. Das Hochdruck-Sitzventil 40 weist daher eine Druckbegrenzungsfunktion auf, welche im Wert abhängig der Systemvorgaben variabel gestaltet werden kann. Wenn der Druck im Verbraucher 16 und folglich in der Hochdruckleitung 26 und der Hochdruck-Nebenleitung 36 bis zum Hochdruck-Sitzventil 40 einen bestimmten Wert überschreitet, öffnet das Hochdruck-Sitzventil 40 unabhängig davon, ob es von der Regelungseinrichtung 42 entsprechend aktiviert wird oder nicht. Infolge des Öffnens des Hochdruck-Digitalsitzventils 40 strömt das Hydraulikfluid in den ersten Druckraum 32, wodurch der Kolben 30 wie oben beschrieben zum zweiten Druckraum 34 hin verschoben und folglich der Schwenkwinkel α bzw. das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 redu-

ziert werden. Der Druck in der Versorgungsleitung kann somit den maximalen Pumpendruck nicht übersteigen. Eine Beschädigung der Hydraulikkomponenten des Hydrauliksystems 14 kann dadurch vermieden werden.

[0056] Figur 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₅, welche dem dritten Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 3 weitgehend entspricht. Allerdings ist in der Hochdruck-Nebenleitung 36 eine Bypassleitung 58 vorgesehen, mit welcher das Hochdruck-Sitzventil 40 umgangen werden kann. Das Hydraulikfluid kann daher sowohl durch das Hochdruck-Sitzventil 40 als auch durch die Bypassleitung 58 in den ersten Druckraum 32 fließen. In der Bypassleitung 58 ist ein Druckbegrenzungsventil 60 angeordnet. Wie bereits für das in Figur 4 gezeigte vierte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10₄ beschrieben, öffnet auch das Druckbegrenzungsventil 60 der Bypassleitung 58, wenn in der Hochdruckleitung 26 und der Hochdruck-Nebenleitung 36 der Druck einen gewissen Wert überschreitet. Wiederum werden der Schwenkwinkel α und das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 infolge des Öffnens des Druckbegrenzungsventils 60 reduziert, so dass der Druck im Hydrauliksystem 14 begrenzt wird.

[0057] Figur 6 zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₆, bei welcher die Hochdruck-Nebenleitung 36 direkt in den ersten Druckraum 32 mündet, ohne dass hier ein Hochdruck-Sitzventil 40 in der Hochdruck-Nebenleitung 36 angeordnet wäre. Allerdings ist in der Hochdruck-Nebenleitung 36 eine Hochdruckdrossel 64 angeordnet. In der Neben-Niederdruckleitung 50 ist ein Niederdruck-Sitzventil 54 angeordnet, welches, wie auch in den betreffenden zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen von der Regelungseinrichtung 42 betätigt werden kann. Die Vorrichtung 10₆ gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel wird wie folgt betrieben: Infolge der Förderung des Hydraulikfluids von dem Hydraulik-Reservoir 18 zum Verbraucher 16 steigt im Verbraucher 16 der Druck, der auch in der Hochdruck-Nebenleitung 36 anliegt. Im ersten Druckraum 32 liegt aber nicht der Druck an, der in der Hochdruckleitung 26 und dem Verbraucher 16 anliegt, sondern der von der Hochdruckdrossel 64 entsprechend verringerte Druck. Aber auch der verringerte Druck im ersten Druckraum 32 sorgt, wie bereits mehrfach beschrieben, zu einer Verringerung des Schwenkwinkels α und des Fördervolumens der Hydraulikpumpe 12. Zum Erhöhen des Schwenkwinkels α und des Fördervolumens wird das Niederdruck-Sitzventil 54 von der Regelungseinrichtung 42 entsprechend geöffnet.

[0058] Figur 7 zeigt eine Vorrichtung 72 zum Regeln eines Hydraulikmotors 66, wobei die Vorrichtung 72 weitgehend der Vorrichtung 10₃ zum Regeln einer Hydraulikpumpe 12 gemäß dem in Figur 3 dargestellten dritten Ausführungsbeispiel entspricht. In diesem Fall jedoch ist die Hochdruckleitung 26 nicht mit einem Verbraucher 16, sondern mit einem Hydraulikfluid-Druckreservoir 74 verbunden, in welchem das Hydraulikfluid mit einem be-

stimmten Druck vorgehalten wird. Die Hochdruckleitung 26 ist mit dem Eingang 20 des Hydraulikmotors 66 verbunden. Der Ausgang 22 des Hydraulikmotors 66 ist mittels einer Rücklaufleitung 68 mit dem Hydraulikfluid-Reservoir 18 verbunden. Das Hydraulikfluid fließt daher vom Hydraulikfluid-Druckreservoir 74 zum Hydraulikfluid-Reservoir 18 und durchströmt dabei den Hydraulikmotor 66. Beim Durchströmen wird eine Welle 70 angetrieben, die wiederum mit einem Verbraucher 76 verbunden ist. Mit der von der Welle 70 übertragenden Leistung kann der Verbraucher 76 auf die gewünschte Weise betrieben werden. Im Übrigen geschieht die Regelung des Hydraulikmotors 66 bzw. der von ihm abgegebenen Leistung auf dieselbe Weise, wie es für die Vorrichtung 10₃ zum Regeln der Hydraulikpumpe 12 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel beschrieben worden ist. Sämtliche Ausführungsbeispiele der Vorrichtung 10₁ bis 10₆ zum Regeln der Hydraulikpumpe 12 können sinngemäß auch als Vorrichtung 72 zum Regeln des Hydraulikmotors 66 verwendet werden.

[0059] In sämtlichen Ausführungsbeispielen kann die Regelungseinrichtung 42 eine Leistungselektronik umfassen, welche mit einer Software betrieben werden kann. In dieser Software können Algorithmen hinterlegt sein, die verschiedene Regelungscharakteristiken simulieren. Infolgedessen kann die Regelungseinrichtung 42 beispielsweise als ein PI-Regler, ein PID-Regler oder einer der genannten in Kombination mit Festwertregelung betrieben werden. Die verschiedenen Regelungscharakteristiken können abhängig der Applikation an der Regelungseinrichtung 42 ausgewählt werden. Eine Anpassung oder ein Austausch der Komponenten der Vorrichtung 10 ist nicht notwendig. Zudem ist die Anzahl der Sensoren 44 und der weiteren Sensoren 48 nicht begrenzt. Auch die von ihnen gemessenen Messeinheiten können weitgehend frei gewählt werden, wobei als einzige Beschränkung für die von den Sensoren 44 ermittelten Messeinheiten gewährleistet sein muss, dass diese tatsächlich auch von der Hydraulikpumpe 12 oder dem Hydraulikmotor 66 beeinflussbar sind.

[0060] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Begriffe "Hochdruckleitung", "Niederdruckleitung" und dergleichen nicht so zu verstehen sind, dass dort immer ein Hochdruck bzw. ein Niederdruck anliegen muss. Diese Begriffe dienen primär der Unterscheidung der betreffenden Komponenten der vorliegenden Vorrichtungen 10 und 72.

[0061] In den Figuren 1 bis 7 und 9 sind, soweit vorhanden, die Hochdruck-Nebenleitung 36, die Arbeitsleitung 37, die zweite Niederdruckleitung 38, die Neben-Niederdruckleitung 50 und die Bypassleitung 58 gestrichelt dargestellt. Hierdurch soll symbolisiert werden, dass es sich bei diesen Leitungen um Steuerleitungen handelt, die zur Regelung der Hydraulikpumpe 12 bzw. des Hydraulikmotors 66 und nicht primär zum Versorgen des Verbrauchers 16 mit Hydraulikfluid dienen.

[0062] Zudem sind in den Figuren 1 bis 7 und 9 offene Kreisläufe mit und ohne vorgespanntem Tankdruck ge-

zeigt, allerdings kann die vorgeschlagene Vorrichtung zum Regeln einer Hydraulikpumpe 12 oder des Hydraulikmotors 66 auch für geschlossene Kreisläufe verwendet werden.

[0063] In Figur 8 ist eine zweite Ausführungsform der Verstelleinheit 27 anhand einer prinzipiellen Darstellung gezeigt. Während der Kolben 30 der Verstelleinheit 27 nach der ersten Ausführungsform wie erwähnt mit der Rückstellfeder 39 gegen den ersten Druckraum 32 vorgespannt wird, wird hierfür in der zweiten Ausführungsform der Verstelleinheit 27 ein Gegenkolben 78 verwendet, welcher in einem Gegenzylinder 79 verschiebbar gelagert ist. Damit die Funktion der Verstelleinheit 27 auch bei geringeren Drücken gegeben ist, wird die Wirkfläche vom Gegenzylinder 79 kleiner als jene vom Stellzylinder 28, beispielsweise im Verhältnis 1:4, ausgeführt. Der Gegenkolben 78 schließt einen ersten Gegendruckraum 80 ab. Der Kolben 30 ist über eine drehbar gelagerte Verbindungsstange 86, was im Beispiel der Axialkolbenpumpe eine Schwenkwiege darstellt, mit dem Gegenkolben 78 verbunden. Wird der Kolben 30 aufgrund einer Erhöhung des Drucks im ersten Druckraum 32 zum zweiten Druckraum 34 verschoben, überträgt die Verbindungsstange 86 diese Bewegung derart auf den Gegenkolben 78, dass der Gegenkolben 78 in die entgegengesetzte Richtung zum ersten Gegendruckraum 80 hin verschoben wird. Das darin enthaltene Medium, welches dem Hydraulikfluid der übrigen Vorrichtung 10 entsprechen kann, wird dabei verdrängt. Mit aktiver Versorgung des ersten Gegendruckraums 80 mit dem Medium wird der Kolben 30 wieder zum ersten Druckraum 32 hin bewegt.

[0064] Es ist denkbar, dass der Gegenkolben 78 den Gegenzylinder 79 in den bereits erwähnten ersten Gegendruckraum 80 und einen zweiten Gegendruckraum 82 unterteilt. Der erste Gegendruckraum 80 und der zweite Gegendruckraum 82 können in die Vorrichtung 10 integriert sein, so dass die Drücke im ersten Gegendruckraum 80 und im zweiten Gegendruckraum 82 gezielt verändert werden können, um bestimmte Regelungscharakteristiken realisieren zu können. Der Kolben 30 und der Gegenkolben 78 weisen ein bestimmtes Flächenverhältnis auf, um eine Dominanz eines Kolbens 30 bei gleichem Druckniveau zu generieren. Die Kombination Gegenkolben 78 mit einer zusätzlichen Feder für das Rückstellen des Kolbens 30 ist ebenfalls realisierbar (nicht dargestellt).

[0065] In Figur 9 ist ein siebtes Ausführungsbeispiel der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 10₇ dargestellt, welches weitgehend dem vierten Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 3 entspricht. Der wesentliche Unterschied liegt darin, dass der in der Arbeitsleitung 37 vorliegende Druck mittels eines Drucksensors 88 erfassbar ist. Dabei wirkt der Drucksensor 88 mit der Regelungseinrichtung 42 derart zusammen, dass das Hochdruck-Sitzventil 40 und/oder das Niederdruck-Sitzventil 54 unter Berücksichtigung des vom Drucksensor 88 erfassten Drucks aktivierbar ist. So kann der Druck in der Arbeits-

leitung 37 als zusätzliche Größe in die Regelung des Systems mit einbezogen werden. Der in der Arbeitsleitung 37 erfasste Druck entspricht dem Druck, der an der Verstelleinheit 27 anliegt. Durch die Einbeziehung des Drucks in der Arbeitsleitung 37 in die Regelung kann die Verstelleinheit 27 durch die Regelungseinrichtung 42 direkter beeinflusst werden. Die Verstelleinheit 27 stellt in der Regel das Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 ein. Sind weitere Parameter der Hydraulikpumpe bekannt, kann mit der derart weitergebildeten Vorrichtung der Hydraulikpumpe 12 jedes beliebige Fördervolumen aufgeprägt werden. Die hydraulische Leistung der Hydraulikpumpe 12 kann so auf die Leistung des Antriebsmotors 62 abgestimmt werden.

[0066] Die Regelungseinrichtung 42 kann dazu ausgebildet sein, anhand des von dem Drucksensor 88 erfassten Drucks die Position des Kolbens 30 im Stellszylinder 28 zu ermitteln, sodass das Hochdruck-Sitzventil 40 und/oder das Niederdruck-Sitzventil 54 unter Berücksichtigung der von der Regelungseinrichtung 42 ermittelten Position des Kolbens 30 aktiviert werden kann. Über die Position des Kolbens 30 kann ferner der Schwenkwinkel α der Hydraulikpumpe 12 ermittelt werden. Durch eine derartige Anordnung kann daher der Schwenkwinkel α erfasst werden, ohne dass ein Schwenkwinkelsensor zur Verfügung steht. Dadurch kann ein einfacherer Aufbau der Hydraulikpumpe 12 erreicht werden. Außerdem kann so eine aktive Beeinflussung des Schwenkwinkels α ermöglicht werden.

[0067] Die Erfassung des in der Arbeitsleitung 37 vorliegenden Drucks und das Zusammenwirken des Drucksensors 88 mit der Regelungseinrichtung 42 kann in entsprechend der zuvor beschriebenen Weise auf die in den Figuren 1, 2 und 4 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispiele angewendet werden. Dabei kann der Drucksensor 88 ebenfalls mit der Regelungseinrichtung 42 derart zusammenwirken, dass das Hochdruck-Sitzventil 40 und/oder das Niederdruck-Sitzventil 54 unter Berücksichtigung des vom Drucksensor 88 erfassten Drucks aktivierbar ist.

[0068] Ist die Vorrichtung, wie in Figur 7 dargestellt, zum Regeln eines Hydraulikmotors 66 ausgebildet, kann in entsprechender Weise der in der Arbeitsleitung 37 vorliegende Druck mittels des Drucksensors 88 erfassbar sein. Entsprechend der Beschreibung des Ausführungsbeispiels in Figur 9, kann dem Hydraulikmotor 66 so jedes beliebige Schluckvolumen aufgeprägt werden. Die hydraulische Leistung des Hydraulikmotors 66 kann so auf die an der Welle 70 abgenommene Leistung abgestimmt werden. Auch der Schwenkwinkel α des Hydraulikmotors 66 kann in entsprechender Weise erfasst und aktiv beeinflusst werden.

[0069] In jeder der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele kann das Hochdruck-Sitzventil 40 und/oder das Niederdruck-Sitzventil 54 anhand einer Aktivierungsgröße durch die Regelungseinrichtung 42 entsprechend der Darstellung in Figur 10 aktivierbar sein. Dabei kann in der Regelungseinrichtung 42 ein Referenzwert 92 der

Aktivierungsgröße in Abhängigkeit des Ist-Wertes 94 einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 oder mit dem vom Hydraulikmotor 66 aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße hinterlegt sein. Die Regelungseinrichtung 42 ist vorzugsweise ausgebildet, den Ist-Wert 94 der Kenngröße und einen korrespondierenden Ist-Wert 90 der Aktivierungsgröße zu erfassen und aus dem Vergleich des Ist-Wertes 90 der Aktivierungsgröße mit dem dem Ist-Wert 94 der Kenngröße zugehörigen Referenzwert 92 der Aktivierungsgröße einen Zustandskennwert 96 der Hydraulikpumpe 12 oder des Hydraulikmotors 66 zu ermitteln. Besonders vorteilhaft an einer derartigen Weiterbildung der Erfindung ist, dass keine weiteren Komponenten zu deren Realisierung notwendig sind, sondern lediglich die Regelungseinrichtung 42 in entsprechender Weise angepasst werden muss.

[0070] Ein Verfahren zum Regeln der Hydraulikpumpe 12 des Hydraulikmotors 66 wobei das Hochdruck-Sitzventil 40 und/oder ein Niederdruck-Sitzventil 54 anhand einer Aktivierungsgröße aktivierbar ist, umfasst einen ersten Schritt 101, in dem der Ist-Wert 94 zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe 12 oder mit dem vom Hydraulikmotor 66 aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße erfasst wird. In einem zweiten Schritt 102 wird außerdem ein mit dem Ist-Wert der Kenngröße korrespondierender Ist-Wert 90 der Aktivierungsgröße erfasst, um in einem dritten Schritt 103 einen Zustandskennwert 96 der Hydraulikpumpe 12 oder des Hydraulikmotors 66 durch Vergleichen des Ist-Wertes 90 der Aktivierungsgröße mit einem dem Ist-Wert 94 der Kenngröße zugehörigen Referenzwert 92 der Aktivierungsgröße zu ermitteln.

[0071] Bei der Kenngröße kann es sich um den Volumenstrom des Hydraulikfluids handeln. Die Aktivierungsgröße kann durch die Stärke eines Ansteuerstroms und/oder eine Ansteuerdauer des Hochdruck-Sitzventils und/oder des Niederdruck-Sitzventils bzw. deren Aktivierungsfrequenzen und/oder Periodendauer gebildet sein. In der Regelungseinrichtung 42, kann dementsprechend ein Referenzzusammenhang 98 zwischen einem Ist-Volumenstrom 94a und einer Ist-Stärke 90a des Ansteuerstroms und/oder einer Ist-Ansteuerdauer 90b hinterlegt sein, sodass für einen bestimmten Wert des Ist-Volumenstroms 94a die Ist-Stärke 90a des Ansteuerstroms und/oder die Ist-Ansteuerdauer 90b mit einem entsprechenden Referenzwert 92 verglichen werden kann. Der Zustandskennwert 96 kann beispielsweise in Form einer prozentualen Abweichung angegeben sein.

Bezugszeichenliste

[0072]

10	Vorrichtung
10 ₁ - 10 ₇	Vorrichtung
12	Hydraulikpumpe
14	Hydrauliksystem

16	Verbraucher		Patentansprüche
18	Hydraulik-Reservoir		
20	Eingang		1. Vorrichtung (10) zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12), umfassend
22	Ausgang		
24	erste Niederdruckleitung	5	
26	Hochdruckleitung		- ein Hydraulikfluid-Reservoir (18),
27	Verstelleinheit		- eine Hydraulikpumpe (12) mit einem Eingang (20) und einem Ausgang (22), wobei
28	Stellzylinder		
30	Kolben		
32	erster Druckraum	10	o der Eingang (20) mittels einer ersten Niederdruckleitung (24) mit dem Hydraulikfluid-Reservoir (18) verbunden ist,
34	zweiter Druckraum		o der Ausgang (22) mit einer Hochdruckleitung (26) verbunden ist, an welche ein Verbraucher (16) anschließbar ist,
36	Hochdruck-Nebenleitung		
37	Arbeitsleitung		
38	zweite Niederdruckleitung		
39	Rückstellfeder	15	
40	Hochdruck-Sitzventil		
41	Hochdruck-Digitalsitzventil		- eine mit der Hydraulikpumpe (12) zusammenwirkende Verstelleinheit (27), mit welcher das Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit (27) in einer mit der Hochdruckleitung (26) verbundenen Hochdruck-Nebenleitung (36) angeordnet ist,
42	Regelungseinrichtung		- ein in der Hochdruck-Nebenleitung (36) angeordnetes und mit der Verstelleinheit (27) zusammenwirkendes Hochdruck-Sitzventil (40),
44	Sensor		- einen Sensor (44), mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
46	Stellglied	20	- ein Stellglied (46), mit welchem ein Soll-Wert der Kenngröße vorgebar ist, und
48	weiterer Sensor		- eine Regelungseinrichtung (42), welche mit dem Sensor (44) und dem Stellglied (46) derart zusammenwirkt, dass das Hochdruck-Sitzventil (40) unter Berücksichtigung des vom Sensor (44) erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied (46) vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist,
50	Neben-Niederdruckleitung		- dadurch gekennzeichnet, dass das Hochdruck-Sitzventil (40) als ein Hochdruck-Sitzventil (56) mit integrierter Druckbegrenzungsfunktion ausgeführt ist.
52	Niederdruckdrossel		
54	Niederdruck-Sitzventil		
55	Niederdruck-Digitalsitzventil	25	
56	Hochdruck-Sitzventil mit integrierter Druckbegrenzung		
57	Hochdruck-Digitalsitzventil mit integrierter Druckbegrenzung		
58	Bypassleitung	30	
60	Druckbegrenzungsventil		
62	Antriebsmotor		
64	Hochdruckdrossel		
66	Hydraulikmotor		
68	Rücklaufleitung	35	
70	Welle		
72	Vorrichtung		
74	Hydraulik-Druckreservoir		
76	Verbraucher		
78	Gegenkolben	40	
79	Gegenzylinder		
80	erster Gegendruckraum		
82	zweiter Gegendruckraum		
86	Verbindungsstange		
88	Drucksensor	45	2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinheit (27) einen Stellzylinder (28) umfasst oder als ein Stellzylinder (28) ausgebildet ist, wobei
90	Ist-Wert der Aktivierungsgröße		
90a	Ist-Stärke des Ansteuerstroms		- im Stellzylinder (28) ein Kolben (30) verschiebbar gelagert ist,
90b	Ist-Ansteuerdauer		- der Kolben (30) den Stellzylinder (28) in einen ersten Druckraum (32) und einen zweiten Druckraum (34) unterteilt,
92	Referenzwert der Aktivierungsgröße		- der erste Druckraum (32) mittels einer Hochdruck-Nebenleitung (36), sowie einer Arbeitsleitung (37) mit der Hochdruckleitung (26) verbunden ist,
94	Ist-Wert der Kenngröße	50	- der zweite Druckraum (34) mittels einer zweiten Niederdruckleitung (38) mit Hydraulikfluid-
94a	Ist-Volumenstrom		
96	Zustandskennwert		
98	Referenzzusammenhang		
101	erster Schritt		
102	zweiter Schritt	55	
103	dritter Schritt		
α	Schwenkwinkel		

- Reservoir (18) verbunden ist, und
 - der Kolben (30) mit einer Rückstellfeder (39) und/oder einem Gegenkolben (78) gegen den ersten Druckraum (32) vorgespannt ist.
3. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- zwischen dem Hochdruck-Sitzventil (40) und der Verstelleinheit (27) eine Neben-Niederdruckleitung (50) aus der Hochdruck-Nebenleitung (36) abzweigt und in die zweite Niederdruckleitung (38) mündet, und
 - in der Neben-Niederdruckleitung (50) eine feste oder variable Niederdruckdrossel (52) angeordnet ist.
4. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- zwischen dem Hochdruck-Sitzventil (40) und der Verstelleinheit (27) eine Neben-Niederdruckleitung (50) aus der Hochdruck-Nebenleitung (36) abzweigt und in die zweite Niederdruckleitung (38) mündet, und
 - in der Neben-Niederdruckleitung (50) ein Niederdruck-Sitzventil angeordnet ist, welches mittels der Regelungseinrichtung (42) unter Berücksichtigung des vom Sensor (44) erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied (46) vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist.
5. Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Hochdruck-Nebenleitung (36) eine Bypassleitung (58) aufweist, mit welcher das Hochdruck-Sitzventil (40) umgangen wird, und
 - in der Bypassleitung (58) ein Druckbegrenzungsventil (60) angeordnet ist.
6. Vorrichtung (10) zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12), umfassend
- ein Hydraulikfluid-Reservoir (18),
 - eine Hydraulikpumpe (12) mit einem Eingang (20) und einem Ausgang (22), wobei
 - o der Eingang (20) mit einer ersten Niederdruckleitung (24) mit dem Hydraulikfluid-Reservoir (18) verbunden ist,
 - o der Ausgang (22) mit einer Hochdruckleitung (26) verbunden ist, an welche ein Verbraucher (16) anschließbar ist,
 - eine mit der Hydraulikpumpe (12) zusammenwirkende Verstelleinheit (27), mit welcher das
- Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit (27) in einer mit der Hochdruckleitung (26) verbundenen Hochdruck-Nebenleitung (36) angeordnet ist,
- einen Sensor (44), mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) beeinflussbaren und den Verbraucher (16) betreffenden Kenngröße erfassbar ist,
 - ein Stellglied (46), mit welchem ein Soll-Wert der Kenngröße vorgebar ist, und
 - eine Regelungseinrichtung (42), welche mit dem Sensor (44) und dem Stellglied (46) derart zusammenwirkt, dass das Niederdruck-Sitzventil unter Berücksichtigung des vom Sensor (44) erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied (46) vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist,
 - **gekennzeichnet durch** die weiteren Merkmale:
 - eine Neben-Niederdruckleitung (50), die aus der Hochdruck-Nebenleitung (36) abzweigt,
 - ein in der Neben-Niederdruckleitung (50) angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Niederdruck-Sitzventil (54).
7. Vorrichtung (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstelleinheit (27) einen Stellzylinder (28) umfasst oder als ein Stellzylinder (28) ausgebildet ist, wobei
- im Stellzylinder (28) ein Kolben (30) verschiebbar gelagert ist,
 - der Kolben (30) den Stellzylinder (28) in einen ersten Druckraum (32) und einen zweiten Druckraum (34) unterteilt,
 - der erste Druckraum (32) mittels einer Hochdruck-Nebenleitung (36) sowie einer Arbeitsleitung (37) mit der Hochdruckleitung (26) verbunden ist,
 - der zweite Druckraum (34) mittels einer zweiten Niederdruckleitung (38) mit Hydraulikfluid-Reservoir (18) ist, und
 - der Kolben (30) mit einer Rückstellfeder (39) und/oder einem Gegenkolben (78) gegen den ersten Druckraum (32) vorgespannt ist.
8. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Hochdruck-Nebenleitung (36) eine feste oder variable Hochdruckdrossel (64) angeordnet ist.
9. Vorrichtung (72) zum Regeln eines Hydraulikmotors (66), umfassend
- ein Hydraulikfluid-Druckreservoir (74),
 - einen Hydraulikmotor mit einem Eingang (20) und einem Ausgang (22), wobei

- o der Eingang (20) mittels einer Hochdruckleitung (26) mit dem Hydraulikfluid-Druckreservoir (74) verbunden ist,
o der Ausgang (22) mittels einer Rücklaufleitung (68) mit einem Hydraulikfluid-Reservoir (18) verbunden ist,
- eine mit dem Hydraulikmotor zusammenwirkende Verstelleinheit (27), mit welcher das vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmende Schluckvolumen veränderbar ist,
- ein in der Hochdruck-Nebenleitung (36) angeordnetes und mit der Verstelleinheit (27) zusammenwirkendes Hochdruck-Sitzventil (40),
- einen Sensor (44), mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
- ein Stellglied (46), mit welchem ein Soll-Wert der Kenngröße vorgebbar ist, und
- eine Regelungseinrichtung (42), welche mit dem Sensor (44) und dem Stellglied (46) derart zusammenwirkt, dass das Hochdruck-Sitzventil (40) unter Berücksichtigung des vom Sensor (44) erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied (46) vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist,
- **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hochdruck-Sitzventil (40) als ein Hochdruck-Sitzventil (56) mit integrierter Druckbegrenzungsfunktion ausgeführt ist.
10. Vorrichtung (72) zum Regeln eines Hydraulikmotors (66), umfassend
- ein Hydraulikfluid-Druckreservoir (74),
- einen Hydraulikmotor mit einem Eingang (20) und einem Ausgang (22), wobei
- o der Eingang (20) mittels einer Hochdruckleitung (26) mit dem Hydraulikfluid-Druckreservoir (74) verbunden ist,
o der Ausgang (22) mittels einer Rücklaufleitung (68) mit einem Hydraulikfluid-Reservoir (18) verbunden ist,
- einen Sensor (44), mit welchem ein Ist-Wert zumindest einer mit dem vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße erfassbar ist,
- ein Stellglied (46), mit welchem ein Soll-Wert der Kenngröße vorgebbar ist, und
- eine Regelungseinrichtung (42), welche mit dem Sensor (44) und dem Stellglied (46) derart zusammenwirkt, dass das Niederdruck-Sitzventil (54) unter Berücksichtigung des vom Sensor (44) erfassten Ist-Werts und des vom Stellglied (46) vorgegebenen Soll-Werts aktivierbar ist,
- eine mit dem Hydraulikmotor zusammenwirkende Verstelleinheit (27), mit welcher das vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmende Schluckvolumen veränderbar ist, wobei die Verstelleinheit (27) in einer mit der Hochdruckleitung (26) verbundenen Hochdruck-Nebenleitung (36) angeordnet ist, **gekennzeichnet durch** die Merkmale:
- ein in der Neben-Niederdruckleitung (50) angeordnetes und mit der Verstelleinheit zusammenwirkendes Niederdruck-Sitzventil (54).
11. Vorrichtung (10) zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder Vorrichtung (72) zum Regeln eines Hydraulikmotors (66) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels eines Drucksensors (88) ein in der Arbeitsleitung (37) vorliegender Druck erfassbar ist, wobei der Drucksensor (88) mit der Regelungseinrichtung (42) derart zusammenwirkt, dass ein Hochdruck-Sitzventil (40) und/oder ein Niederdruck-Sitzventil (54) unter Berücksichtigung des vom Drucksensor (88) erfassten Drucks aktivierbar ist.
12. Vorrichtung (10) zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12) nach Anspruch 13 oder Vorrichtung (72) zum Regeln eines Hydraulikmotors (66) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelungseinrichtung (42) ausgebildet ist, anhand des von dem Drucksensor (88) erfassten Drucks eine Stellung der Verstelleinheit (27) zu ermitteln, wobei das Hochdruck-Sitzventil (40) und/oder das Niederdruck-Sitzventil (54) unter Berücksichtigung der von der Regelungseinrichtung (42) ermittelten Stellung der Verstelleinheit (27) aktivierbar ist.
13. Vorrichtung (10) zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder 11 oder 12 oder Vorrichtung (72) zum Regeln eines Hydraulikmotors (66) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hochdruck-Sitzventil (40) und/oder ein Niederdruck-Sitzventil (54) anhand einer Aktivierungsgröße durch die Regelungseinrichtung (42) aktivierbar ist,
- wobei in der Regelungseinrichtung (42) ein Referenzwert der Aktivierungsgröße in Abhängigkeit des Ist-Wertes einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) oder mit dem vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße hinterlegt ist, und
- wobei die Regelungseinrichtung (42) ausgebildet ist, einen mit dem Ist-Wert der Kenngröße korrespondierenden Ist-Wert der Aktivierungsgröße zu erfassen und aus dem Vergleich des Ist-Wertes der Aktivierungsgröße mit einem

- dem Ist-Wert der Kenngröße zugehörigen Referenzwert der Aktivierungsgröße einen Zustandskennwert der Hydraulikpumpe (12) oder des Hydraulikmotors (66) zu ermitteln.
14. Verfahren zum Regeln einer Hydraulikpumpe (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 oder 11 oder eines Hydraulikmotors (66) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei ein Hochdruck-Sitzventil (40) und/oder ein Niederdruck-Sitzventil (54) anhand einer Aktivierungsgröße aktivierbar ist, umfassend folgende Schritte:
- Erfassen des Ist-Werts zumindest einer mit dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe (12) oder mit dem vom Hydraulikmotor (66) aufzunehmenden Schluckvolumen beeinflussbaren Kenngröße,
 - Erfassen eines korrespondierenden Ist-Wertes der Aktivierungsgröße,
 - Ermitteln eines Zustandskennwerts der Hydraulikpumpe (12) oder des Hydraulikmotors (66) durch Vergleichen des Ist-Wertes der Aktivierungsgröße mit einem dem Ist-Wert der Kenngröße zugehörigen Referenzwert der Aktivierungsgröße.
15. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Kenngröße durch das Fördervolumen oder das Schluckvolumen und/oder
 - die Aktivierungsgröße durch die Stärke eines Ansteuerstroms und/oder eine Ansteuerdauer des Hochdruck-Sitzventils (40) und/oder des Niederdruck-Sitzventils (54) bzw. deren Aktivierungsfrequenzen und/oder Periodendauer gebildet ist.
16. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Kenngröße durch das Fördervolumen oder das Schluckvolumen und/oder
 - die Aktivierungsgröße durch die Stärke eines Ansteuerstroms und/oder eine Ansteuerdauer des Hochdruck-Sitzventils (40) und/oder des Niederdruck-Sitzventils (54) bzw. deren Aktivierungsfrequenzen und/oder Periodendauer gebildet ist.
- Claims**
1. Apparatus (10) for controlling a hydraulic pump (12),
- comprising
- a hydraulic fluid reservoir (18),
 - a hydraulic pump (12) having an inlet (20) and an outlet (22), wherein
 - o the inlet (20) is connected to the hydraulic fluid reservoir (18) by means of a first low pressure line (24),
 - o the outlet (22) is connected to a high pressure line (26) to which an appliance (16) can be connected,
 - an adjustment unit (27), which interacts with the hydraulic pump (12) and with which the pumping volume of the hydraulic pump (12) can be altered, wherein the adjustment unit (27) is arranged in a high pressure auxiliary line (36) which is connected to the high pressure line (26),
 - a high pressure seat valve (40), which is arranged in the high pressure auxiliary line (36) and which interacts with the adjustment unit (27),
 - a sensor (44), by means of which an actual value of at least one parameter which is determined by the pumping volume of the hydraulic pump (12) can be detected,
 - a control element (46), by means of which a desired value of the parameter can be specified, and
 - a regulation device (42), which interacts with the sensor (44) and with the control element (46) such that the high pressure seat valve (40) can be activated taking into account the actual value detected by the sensor (44) and the desired value specified by the control element,
 - **characterized in that** the high pressure seat valve (40) is implemented as a high pressure seat valve (56) having an integrated pressure limitation function.
2. Apparatus (10) in accordance with claim 1, **characterized in that** the adjustment unit (27) comprises an actuating cylinder (28) or is implemented as an actuating cylinder (28), wherein
- a piston (30) is moveably mounted in the actuating cylinder (28),
 - the piston (30) divides the actuating cylinder (28) into a first pressure chamber (32) and a second pressure chamber (34),
 - the first pressure chamber (32) is connected to the high pressure line (26) by means of a high pressure auxiliary line (36), as well as of a working line (37),
 - the second pressure chamber (34) is connected to the hydraulic fluid reservoir (18) by means of a second low pressure line (38), and

- the piston (30) is biased against the first pressure chamber (32) by means of a return spring (39) and/or an opposed piston (78).
3. Apparatus (10) in accordance with either of claims 1 or 2, 5
characterized in that
- an auxiliary low pressure line (50) branches off from the high pressure auxiliary line (36) between the high pressure seat valve (40) and the adjustment unit (27) and ends in the second low pressure line (38), and 10
- a set or variable low pressure throttle (52) is arranged in the auxiliary low pressure line (50). 15
4. Apparatus (10) in accordance with either of claims 1 or 2, 20
characterized in that
- an auxiliary low pressure line (50) branches off from the high pressure auxiliary line (36) between the high pressure seat valve (40) and the adjustment unit (27) and ends in the second low pressure line (38), and 25
- a low pressure seat valve is arranged in the auxiliary low pressure line (50) which can be activated by means of the regulation device (42) and taking into account the actual value detected by the sensor (44) and the desired value specified by the control element (46). 30
5. Apparatus (10) in accordance with any of the preceding claims, 35
characterized in that
- the high pressure auxiliary line (36) comprises a bypass line (58), by means of which the high pressure seat valve (40) is bypassed, and 40
- a pressure limitation valve (60) is arranged in the bypass line (58).
6. Apparatus (10) for controlling a hydraulic pump (12), comprising 45
- a hydraulic fluid reservoir (18),
- a hydraulic pump (12) having an inlet (20) and an outlet (22), wherein
- o the inlet (20) is connected, with the hydraulic fluid reservoir (18), to a first low pressure line (24), 50
o the outlet (22) is connected to a high pressure line (26), to which an appliance (16) can be attached, 55
- an adjustment unit (27), which interacts with the hydraulic pump (12) and by means of which
- the pumping volume of the hydraulic pump (12) can be altered, wherein the adjustment unit (27) is arranged in a high pressure auxiliary line (36) which is connected to the high pressure line (26),
- a sensor (44), by means of which an actual value of at least one parameter determinable by the pumping volume of the hydraulic pump (12) and affecting the appliance can be detected,
- a control element (46), by means of which a desired value of the parameter can be specified, and
- a regulation device (42), which interacts with the sensor (44) and with the control element (46) such that the low pressure seat valve can be activated taking into account the actual value detected by the sensor (44) and the desired value specified by the control element (46),
- **characterized by** the further features:
an auxiliary low pressure line (50) which branches off from the high pressure auxiliary line (36),
- a low pressure seat valve (54) which is arranged in the auxiliary low pressure line (50) and which interacts with the adjustment unit.
7. Apparatus (10) in accordance with claim 6, 25
characterized in that the adjustment unit (27) comprises an actuating cylinder (28) or is implemented as an actuating cylinder (28), wherein
- the piston (30) divides the actuating cylinder (28) into a first pressure chamber (32) and a second pressure chamber (34),
- the first pressure chamber (32) is connected to the high pressure line (26) by means of a high pressure auxiliary line (36), as well as of a working line (37),
- the second pressure chamber (34) is connected to the hydraulic fluid reservoir (18) by means of a second low pressure line (38), and
- the piston (30) is biased against the first pressure chamber (32) by means of a return spring (39) and/or an opposed piston (78).
8. Apparatus (10) in accordance with either of claims 6 or 7, 45
characterized in that a set or variable high pressure throttle (64) is arranged in the high pressure auxiliary line (36).
9. Apparatus (72) for controlling a hydraulic motor (66), comprising 50
- a hydraulic fluid pressure reservoir (74),
- a hydraulic motor, having an inlet (20) and an outlet (22), wherein
- o the inlet (20) is connected to the hydraulic fluid pressure reservoir (74) by means of a

- high pressure line (26),
 ◦ the outlet (22) is connected to a hydraulic fluid reservoir (18) by means of a return line (68),
- an adjustment unit (27) which interacts with the hydraulic motor (66) and by means of which the displacement volume absorbed by the hydraulic motor (66) can be altered,
- a high pressure seat valve (40), which is arranged in the high pressure auxiliary line (36) and which interacts with the adjustment unit (27),
- a sensor (44), by means of which an actual value of at least one parameter determined by the displacement volume which is absorbed by the hydraulic motor (66) can be detected,
- a control element (46), by means of which a desired value of the parameter can be specified, and
- a regulation device (42), which interacts with the sensor (44) and with the control element (46) such that the high pressure seat valve (40) can be activated taking into account the actual value detected by the sensor (44) and the desired value specified by the control element (46),
- **characterized in that** the high pressure seat valve (40) is implemented as a high pressure seat valve (56) having integrated pressure limitation functionality.
10. Apparatus (10) for controlling a hydraulic motor (66), comprising
- a hydraulic fluid pressure reservoir (74),
- a hydraulic motor having an inlet (20) and an outlet (22), wherein
- the inlet (20) is connected to the hydraulic fluid pressure reservoir (74) by means of a high pressure line (26),
- the outlet (22) is connected to a hydraulic fluid reservoir (18) by means of a return line (68),
- a sensor (44), by means of which an actual value of at least one parameter determinable by the pumping volume absorbed by the hydraulic pump (12) can be detected,
- a control element (46), by means of which a desired value of the parameter can be specified, and
- regulation device (42), which interacts with the sensor (44) and with the control element (46) such that the low pressure seat valve can be activated taking into account the actual value detected by the sensor (44) and the desired value specified by the control element (46),
- an adjustment unit (27), which interacts with the hydraulic motor and by means of which the displacement volume absorbed by the hydraulic motor (66) can be altered, wherein the adjustment unit (27) is arranged in a high pressure auxiliary line (36) which is connected to the high pressure line (26),
- **characterized by** the features:
- a low pressure seat valve (54), which is arranged in the high pressure auxiliary line (36) connected to the high pressure line (26).
11. Apparatus (10) for controlling a hydraulic pump (12) in accordance with any of claims 1 to 8 or apparatus (72) for controlling a hydraulic motor (66) in accordance with either of claims 9 or 10, **characterized in that** a pressure present in the working line (37) is detectable by means of a pressure sensor (88), wherein the pressure sensor (88) interacts with the regulation device (42) such that a high pressure seat valve (40) and/or a low pressure seat valve (54) can be activated taking into account the pressure detected by the pressure sensor (88).
12. Apparatus (10) for controlling a hydraulic pump (12) in accordance with claim 13 or apparatus (72) for controlling a hydraulic motor (66) in accordance with claim 11, **characterized in that** the regulation device (42) is implemented to determine a position of the adjustment unit (27) based on the pressure detected by the pressure sensor (88), wherein the high pressure seat valve (40) and/or the low pressure seat valve (54) can be activated taking into account the position of the adjustment unit (27) determined by the regulation device (42).
13. Apparatus (10) for controlling a hydraulic pump (12) in accordance with any of claims 1 to 8 or apparatus (72) for controlling a hydraulic motor (66) in accordance with any of claims 9 to 12, **characterized in that** a high pressure seat valve (40) and/or a low pressure seat valve (54) can be activated by the regulation device (42) based on an activation parameter,
- wherein a reference value of the activation parameter is stored in the regulation device (42) which is dependent on the actual value of a parameter determinable by the pumping volume of the hydraulic pump (12) or the displacement volume absorbed by the hydraulic motor (66), and
- wherein the regulation device (42) is implemented to detect an actual value of the activation parameter which corresponds to the actual value of the parameter and to determine a state characteristic value of the hydraulic pump (12) or of the hydraulic motor (66) by comparing the actual

value of the activation parameter to a reference value of the activation parameter which refers to the actual value of the parameter.

14. Method for controlling a hydraulic pump (12) in accordance with any of claims 1 to 8 or 11 or a hydraulic motor (66) in accordance with any of claims 9 to 12, wherein a high pressure seat valve (40) and/or a low pressure seat valve (54) can be activated based on an activation parameter, the method comprising the following steps:

- detecting the actual value of at least one parameter determinable by the pumping volume of the hydraulic pump (12) or by the displacement volume absorbed by the hydraulic motor (66),
- detecting the corresponding actual value of the activation parameter,
- determining a state characteristic value of the hydraulic pump (12) or of the hydraulic motor (66) by comparing the actual value of the activation parameter to a reference value of the activation parameter which refers to the actual value of the parameter.

15. Apparatus in accordance with claim 11, characterized in that

- the parameter is formed by the pumping volume or by the displacement volume and/or
- the activation parameter is formed by the strength of a drive current and/or of a drive duration of the high pressure seat valve (40) and/or of the low pressure seat valve (54) or of its activation frequencies and/or period duration.

16. Method in accordance with claim 14, characterized in that

- the parameter is formed by the pumping volume or the displacement volume and/or
- the activation parameter is formed by the strength of a drive current and/or of a drive duration of the high pressure seat valve (40) and/or of the low pressure seat valve (54) or of its activation frequencies and/or period duration.

Revendications

1. Dispositif (10) pour réguler une pompe hydraulique (12) comprenant :

- un réservoir de liquide hydraulique (18),
- une pompe hydraulique (12) avec une entrée (20) et une sortie (22),

* l'entrée (20) est reliée au réservoir de liquide hydraulique (18) par une première conduite basse pression (24),

* la sortie (22) est reliée à une conduite haute pression (26) à laquelle peut se relier un utilisateur (16),

- une unité de réglage (27) coopérant avec la pompe hydraulique (12) et qui modifie le débit de la pompe hydraulique (12), l'unité de réglage (27) équipant une conduite auxiliaire de haute pression (36) reliée à la conduite de haute pression (26),
- une soupape à siège haute pression (40) dans la conduite auxiliaire de haute pression (36) coopère avec l'unité de réglage (27),
- un capteur (44) pour saisir la valeur réelle d'au moins une grandeur caractéristique dépendant du débit de la pompe hydraulique (12),
- un organe de réglage (46) qui prédéfinit une valeur de consigne de la grandeur caractéristique, et
- une installation de régulation (42) coopérant avec le capteur (44) et l'organe de réglage (46) pour activer la soupape à siège à haute pression (40), à la valeur de consigne prédéfinie par l'organe de réglage (46) en tenant compte de la valeur réelle saisie par le capteur (44),

caractérisé en ce que

la soupape à siège à haute pression (40) est une soupape à siège à haute pression (56) intégrant une fonction de limitation de pression.

2. Dispositif (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que

l'unité de réglage (27) comprend un vérin de réglage (28) ou est réalisé comme vérin de réglage (28),

- un piston (30) coulissant dans le vérin de réglage (28),
- le piston (30) subdivisant le vérin de réglage (28) en une première chambre de pression (32) et une seconde chambre de pression (34),
- la première chambre de pression (32) étant reliée à la conduite auxiliaire haute pression (36) ainsi qu'à une conduite de travail (37) par la conduite à haute pression (26),
- la seconde chambre de pression (34) est reliée par une seconde conduite basse pression (38) au réservoir de liquide hydraulique (18), et
- le piston (30) est précontraint par un ressort de rappel (39) et/ou par un contre piston (78) contre la première chambre de pression (32).

3. Dispositif (10) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que

- une conduite basse pression auxiliaire (50) dérive de la conduite auxiliaire haute pression (36) entre la soupape à siège haute pression (40) et l'unité de réglage (27) et elle débouche dans la seconde conduite basse pression (38), et
5
- un étranglement basse pression fixe ou variable (52) est prévu dans la conduite basse pression auxiliaire (50).
4. Dispositif (10) selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** 10
- une conduite basse pression auxiliaire (50) dérive de la conduite auxiliaire haute pression (36) entre la soupape à siège haute pression (40) et l'unité de distribution (27), et elle débouche dans la seconde conduite basse pression (38), et
15
- une soupape à siège basse pression est prévue dans la conduite basse pression auxiliaire (50) qui peut être activée par l'installation de régulation (42) en tenant compte de la valeur réelle saisie par le capteur (44) et de la valeur de consigne prédéfinie par l'organe de réglage (46). 20
5. Dispositif (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** 25
- la conduite auxiliaire haute pression (36) a une conduite de dérivation (58) qui contourne la soupape à siège haute pression (40), et
30
- la conduite de dérivation (58) comporte une soupape de limitation de pression (60).
6. Dispositif (10) pour réguler une pompe hydraulique (12) comprenant : 35
- un réservoir de liquide hydraulique (18),
- une pompe hydraulique (12) avec une entrée (20) et une sortie (22),
40
- * l'entrée (20) étant reliée par une première conduite basse pression (24) au réservoir de liquide hydraulique (18),
* la sortie (22) est reliée par une conduite haute pression (26) à laquelle peut se raccorder un utilisateur (16), 45
- une unité de réglage (27) coopérant avec la pompe hydraulique (12), et qui permet de modifier le débit de la pompe hydraulique (12), l'unité de réglage (27) étant dans une conduite auxiliaire haute pression (36) reliée à la conduite haute pression (26),
50
- un capteur (44) pour saisir une valeur réelle d'au moins une grandeur caractéristique dépendant du débit de la pompe hydraulique (12) pour l'utilisateur (16),
55
- un organe de réglage (46) qui prédéfinit une
- valeur de consigne de la grandeur caractéristique, et
- une installation de régulation (42) qui coopère avec le capteur (44) et l'organe de réglage (46) pour activer la soupape à siège basse pression en tenant compte de la valeur réelle saisie par le capteur (44) et de la valeur de consigne prédéfinie par l'organe de réglage (46),
- dispositif **caractérisé par** les autres caractéristiques :
- une conduite basse pression auxiliaire (50) dérivant de la conduite auxiliaire haute pression (36), et
- une soupape à siège basse pression (54) installée dans la conduite basse pression auxiliaire (50) et coopérant avec l'unité de réglage.
7. Dispositif (10) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que**
l'unité de réglage (27) comprend un vérin de réglage (28) ou est réalisé comme vérin de réglage (28),
- le vérin de réglage (28) a un piston (30) coulisant,
- le piston (30) subdivisant le vérin de réglage (28) en une première chambre de pression (32) et une seconde chambre de pression (34),
- la première chambre de pression (32) étant reliée par une conduite auxiliaire haute pression (36) à la conduite haute pression (26) ainsi qu'à une conduite de travail (37),
- la seconde chambre de pression (34) étant reliée par une seconde conduite basse pression (38) au réservoir de liquide hydraulique (18), et
- le piston (30) est précontraint contre la première chambre de pression (32) par un ressort de rappel (39) et/ou un contre-piston (78).
8. Dispositif (10) selon l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé par**
un organe d'étranglement haute pression (64) fixe ou variable équipant la conduite auxiliaire haute pression (36).
9. Dispositif (72) pour réguler un moteur hydraulique (66) comprenant :
- un réservoir sous pression de liquide hydraulique (74),
- un moteur hydraulique avec une entrée (20) et une sortie (22),
- * l'entrée (20) étant reliée au réservoir sous pression de liquide hydraulique (74) par une conduite haute pression (26),
* la sortie (22) étant reliée par une conduite

de retour (68) au réservoir de liquide hydraulique (18),

- une unité de réglage (27) coopérant avec le moteur hydraulique et qui modifie le débit d'entrée du moteur hydraulique (66), 5
- une soupape à siège haute pression (40) installée dans la conduite auxiliaire haute pression (36) et coopérant avec l'unité de réglage (27), 10
- un capteur (44) qui saisit la valeur réelle d'une grandeur caractéristique dépendant du débit d'entrée reçu par le moteur hydraulique (66), 15
- un organe de réglage (46) pour prédéfinir la valeur de consigne de la grandeur caractéristique, et 20
- une installation de régulation (42) qui coopère avec le capteur (44) et l'organe de réglage (46) pour activer la soupape à siège haute pression (40) en tenant compte de la valeur réelle saisie par le capteur (44) et de la valeur de consigne prédéfinie par l'organe de réglage (46), 25

dispositif caractérisé en ce que

la soupape à siège à haute pression (40) est une soupape à siège à haute pression (56) intégrant une fonction de limitation de pression.

10. Dispositif (72) pour réguler un moteur hydraulique (66) comprenant :

- un réservoir sous pression de liquide hydraulique (74), 30
- un moteur hydraulique avec une entrée (20) et une sortie (22), 35
- * l'entrée (20) étant reliée au réservoir sous pression de liquide hydraulique (74) par une conduite haute pression (26), 40
- * la sortie (22) est reliée par une conduite de retour (68) à un réservoir de liquide hydraulique (18), 45
- un capteur (44) pour saisir la valeur réelle d'au moins une grandeur caractéristique dépendant du débit entrant du moteur hydraulique (66), 50
- un organe de réglage (46) qui prédéfinit la valeur de consigne de la grandeur caractéristique, et 55
- une installation de régulation (42) qui coopère avec le capteur (44) et l'organe de réglage (46) pour activer la soupape à siège basse pression (54) en tenant compte de la valeur réelle saisie dans le capteur (44) et de la valeur de consigne prédéfinie par l'organe de réglage (46), 55
- une unité de réglage (27) coopérant avec le moteur hydraulique et qui modifie le débit entrant du moteur hydraulique (66), l'unité de ré-

glage (27) étant installée dans une conduite auxiliaire haute pression (36) reliée à la conduite haute pression (26),

dispositif caractérisé par

- une soupape à siège basse pression (54) installée dans la conduite basse pression auxiliaire (50) et coopérant avec l'unité de réglage.

11. Dispositif (10) pour réguler une pompe hydraulique (12) selon l'une des revendications 1 à 8 ou dispositif (72) pour réguler un moteur hydraulique (66) selon l'une des revendications 9 ou 10,

caractérisé en ce que

un capteur de pression (88), saisit la pression dans la conduite active (37),

- le capteur de pression (88) coopère avec l'installation de régulation (42) pour activer une soupape à siège haute pression (40) et/ou une soupape à siège basse pression (54) en tenant compte de la pression saisie par le capteur de pression (88).

12. Dispositif (10) pour réguler une pompe hydraulique (12) selon la revendication 13 ou dispositif (72) pour réguler un moteur hydraulique (66) selon la revendication 11,

dispositif caractérisé en ce que

l'installation de régulation (42) détermine une position de l'unité de réglage (27), à l'aide de la pression saisie par le capteur de pression (88), la soupape à siège haute pression (40) et/ou la soupape à siège basse pression (54) étant activées selon la position de l'unité de réglage (27) déterminée par l'installation de régulation (42).

13. Dispositif (10) pour réguler une pompe hydraulique (12) selon l'une des revendications 1 à 8 ou 11 ou 12 ou dispositif (72) pour réguler un moteur hydraulique (66) selon l'une des revendications 9 à 12, dispositif caractérisé en ce que

- la soupape à siège à haute pression (40) et/ou la soupape à siège basse pression (54) peuvent être activées avec une grandeur d'activation par l'unité de régulation (42),

- * une valeur de référence de la grandeur d'activation est enregistrée dans l'installation de régulation (42) en fonction de la valeur réelle d'une grande caractéristique dépendant du débit de la pompe hydraulique (12) ou le débit entrant du moteur hydraulique (66), et
- * l'installation de régulation (42) est réalisée pour saisir la valeur réelle de la grandeur d'activation correspondant à la valeur réelle

- de la grandeur caractéristique et à partir de la comparaison de la valeur réelle de la grandeur d'activation et d'une valeur de référence de la grandeur d'activation correspondant à la valeur réelle de la grandeur caractéristique, déterminer une caractéristique d'état de la pompe hydraulique (12) ou du moteur hydraulique (66). 5
- 14. Procédé de régulation d'une pompe hydraulique (12) selon l'une des revendications 1 à 8 ou 11 ou d'un moteur hydraulique (66) selon l'une des revendications 9 à 12,** 10
- une soupape à siège haute pression (40) et/ou une soupape à siège basse pression (54) activées avec une grandeur d'activation, 15
- comprenant les étapes suivantes, 20
- procédé consistant à :
- saisir la valeur réelle d'au moins une grandeur caractéristique dépendant du débit de la pompe hydraulique (12) ou du débit entrant dans le moteur hydraulique (66), 25
- saisir une valeur réelle correspondant de la valeur d'activation,
- déterminer une caractéristique d'état de la pompe hydraulique (12) ou du moteur hydraulique (66) par la comparaison de la valeur réelle de la grandeur d'activation et d'une valeur de référence de la grandeur d'activation correspondant à la valeur réelle de la grandeur caractéristique. 30 35
- 15. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que** 40
- la grandeur caractéristique est le débit sortant ou le débit entrant, et/ou
- la grandeur d'activation est formée par l'intensité du courant de commande et/ou de la durée de commande de la soupape à siège haute pression (40) et/ou de la soupape à siège basse pression (54) ou de leurs fréquences d'activation et/ou de la durée des périodes. 45
- 16. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que** 50
- la grandeur caractéristique est constituée par le débit ou par le débit entrant, et/ou
- la grandeur d'activation est formée par l'intensité du courant de commande et/ou la durée de commande de la soupape à siège à haute pression (40) et/ou de la soupape à siège basse 55

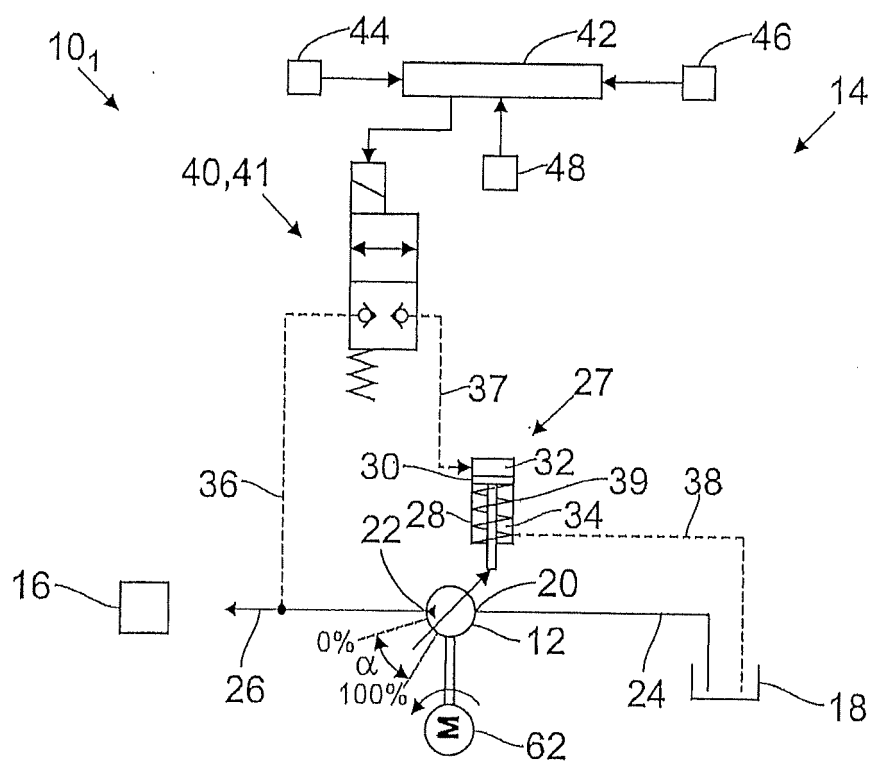


Fig.1

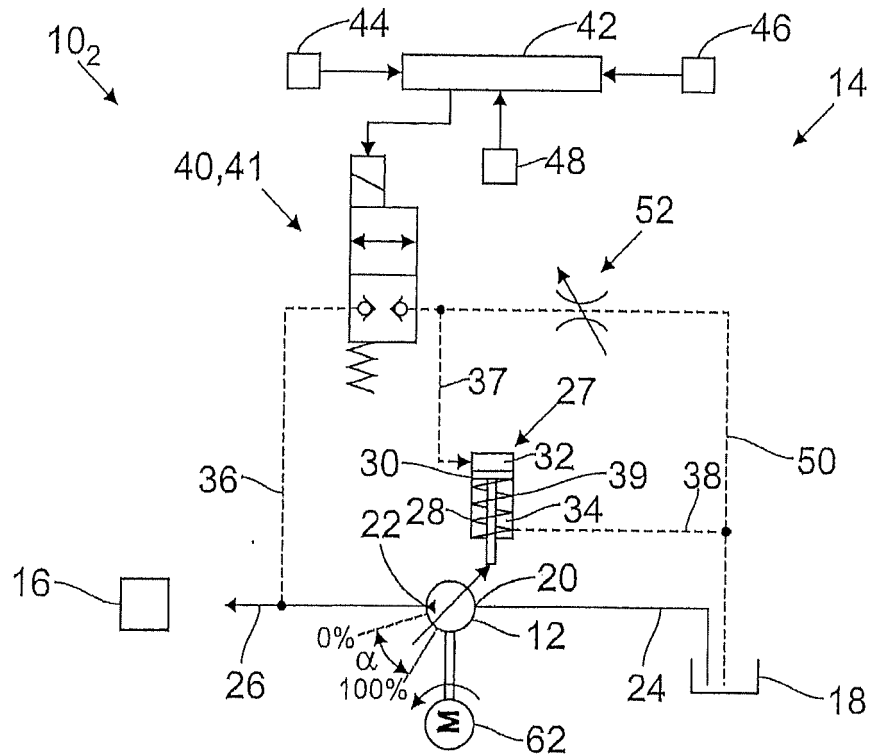


Fig.2

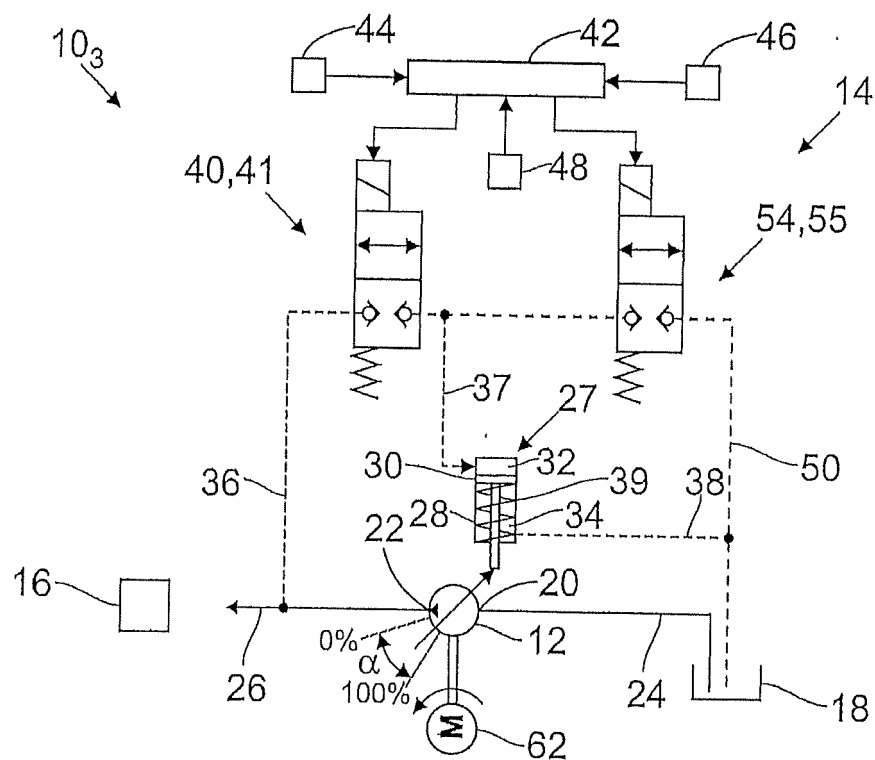


Fig.3

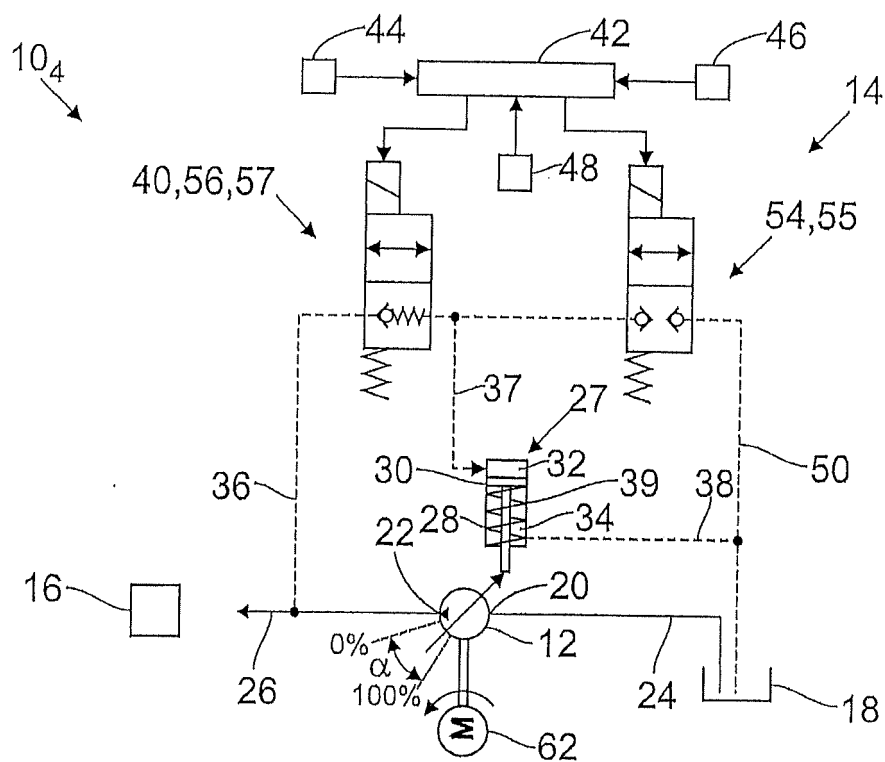
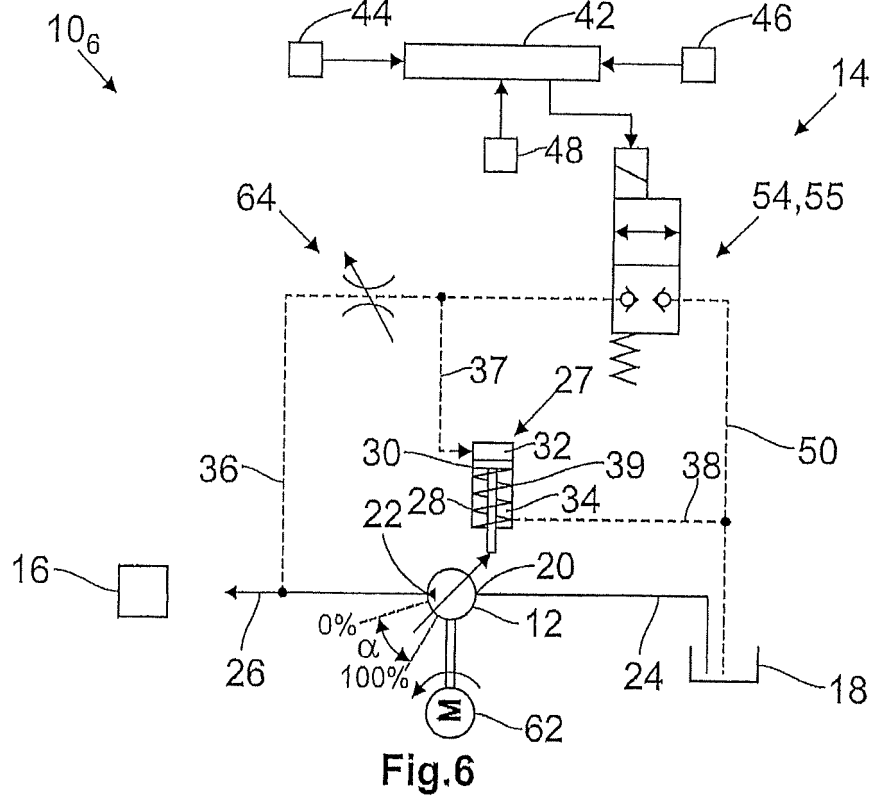
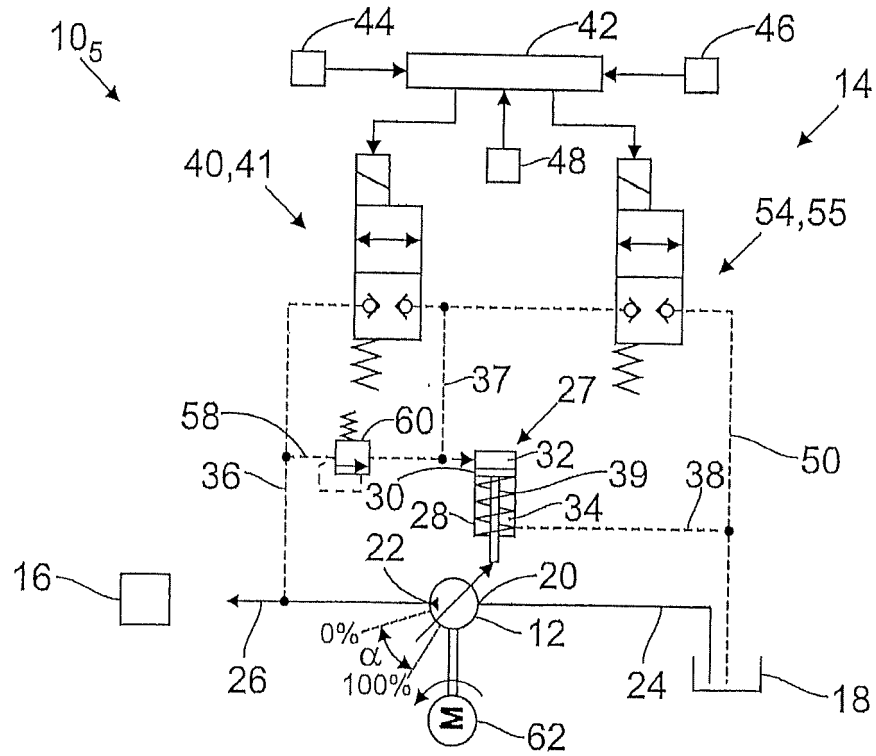


Fig.4



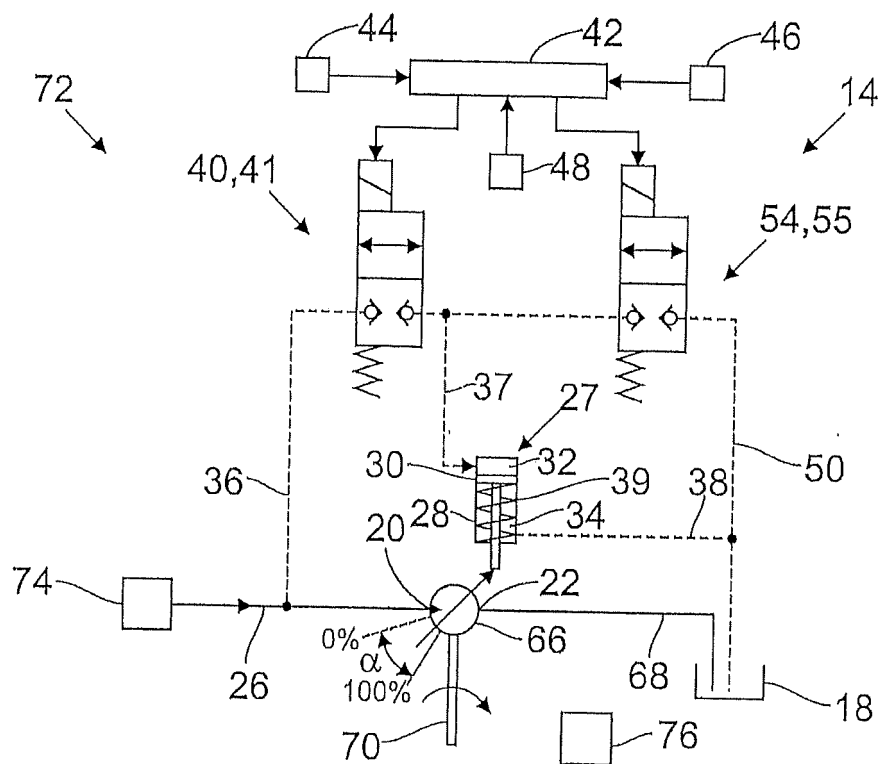


Fig.7

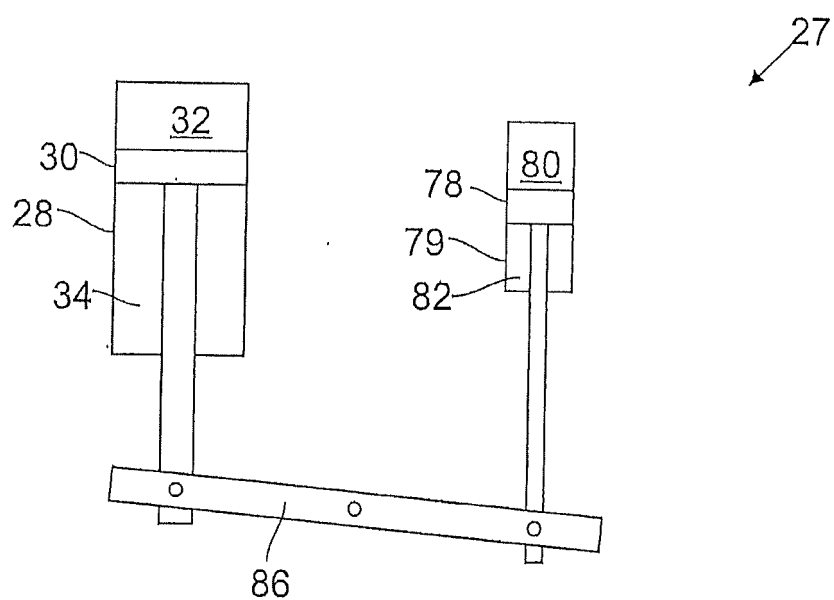


Fig.8

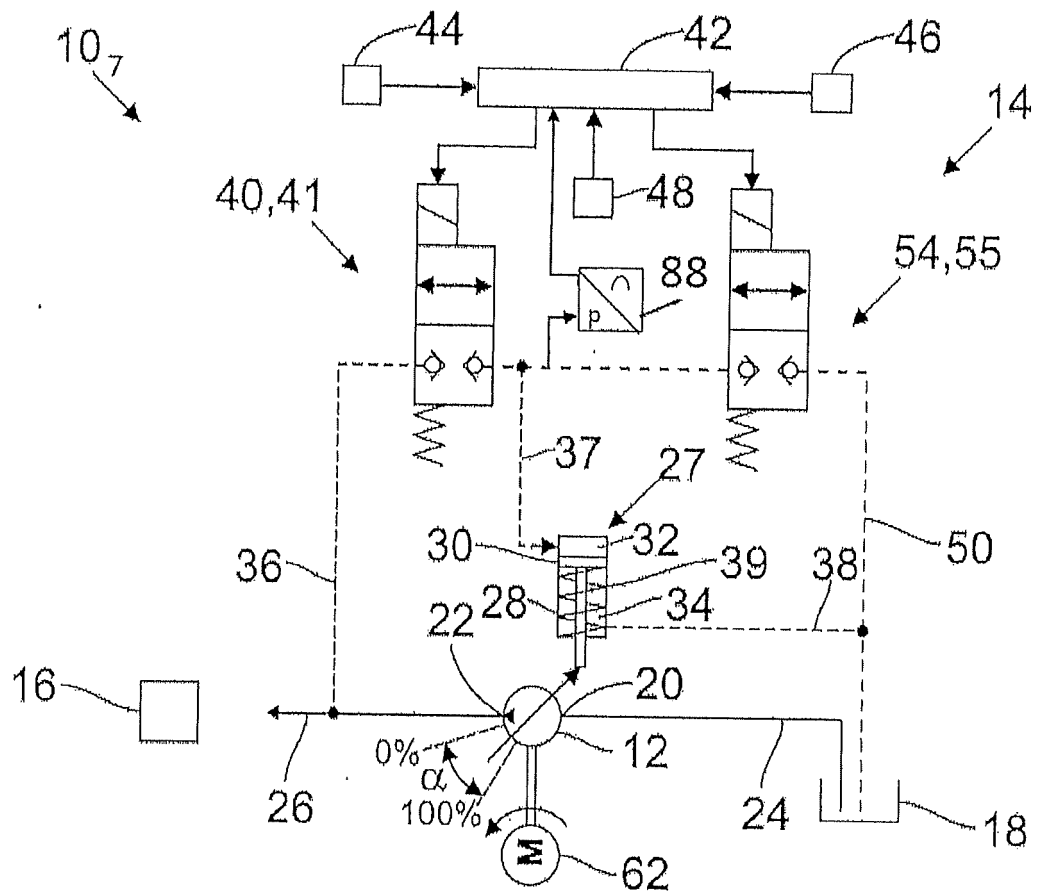


Fig. 9

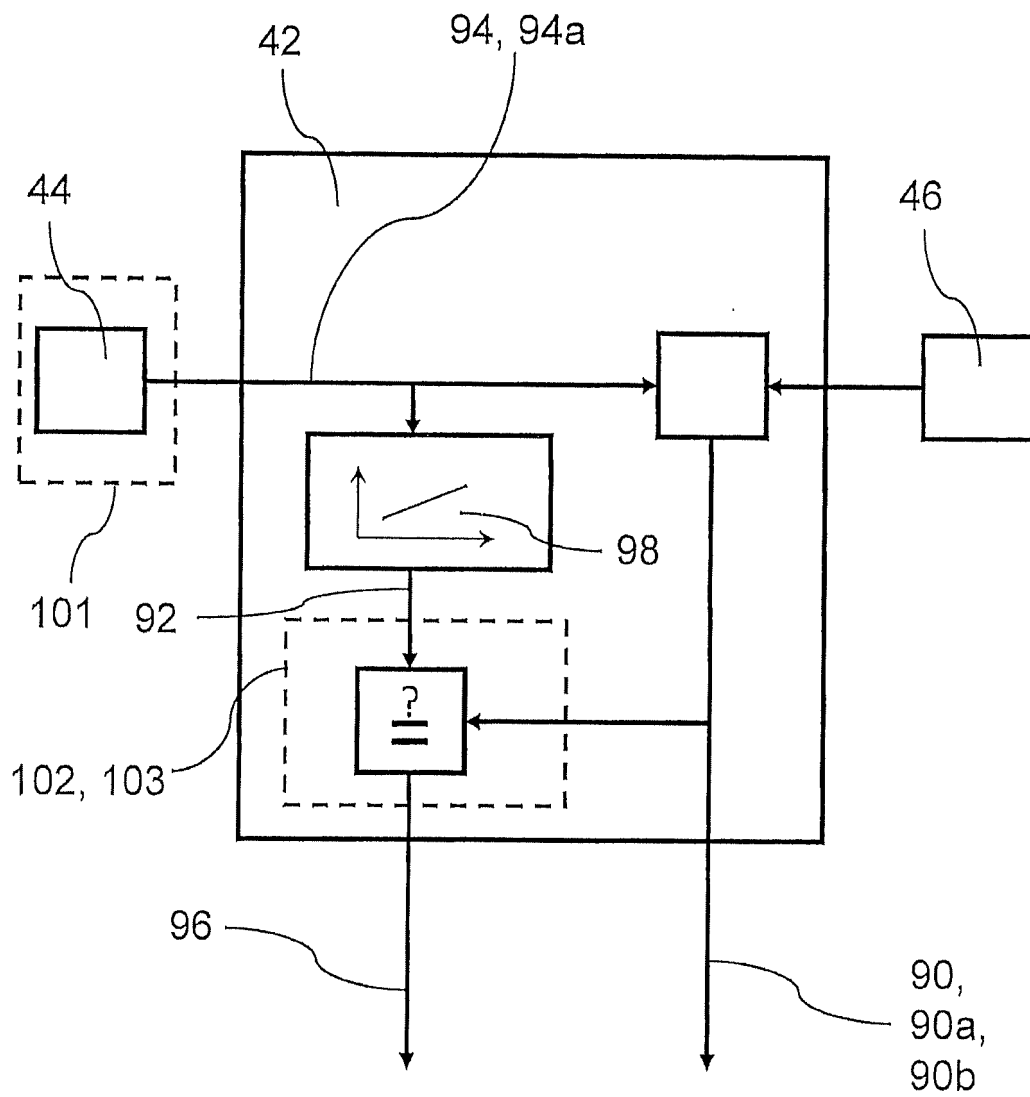


Fig. 10

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2664804 A2 [0002]
- DE 2413295 A1 [0004]
- DE 3644736 A1 [0007]
- EP 3308236 A1 [0007]
- DE 102014207958 A1 [0007]
- DE 102011120767 A1 [0007]
- DE 202009013507 U1 [0007]
- DE 102018003728 A1 [0007]
- DE 102012006219 A1 [0007]