



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.2021 Patentblatt 2021/24

(51) Int Cl.:
F04B 35/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20206898.7**

(22) Anmeldetag: **11.11.2020**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Degenhardt, Phil**
99734 Nordhausen (DE)
• **Bierwisch, Michael**
99734 Nordhausen (DE)

(30) Priorität: **09.12.2019 DE 102019133576**

(74) Vertreter: **Ksoll, Peter**
Bockermann Ksoll
Griepenstroh Osterhoff
Patentanwälte
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(71) Anmelder: **Maximator GmbH**
99734 Nordhausen (DE)

(54) **KOMPRESSOR UND VERFAHREN ZUR FÖRDERUNG UND VERDICHTUNG EINES FÖRDERFLUIDS IN EIN ZIELSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kompressor 1 sowie ein Verfahren zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids FF in ein Zielsystem 2 mit einem solchen Kompressor 1. Der Kompressor 1 weist einen ersten Antriebsteil 6 mit einem ersten Antriebskolben 11 und einen zweiten Antriebsteil 7 mit einem zweiten Antriebskolben 13 sowie zumindest einen ersten Hochdruckteil 8 mit einem Hochdruckkolben 15 auf. Der erste Antriebskolben 11 und der zweite Antriebskolben 13 sind gesteuert über eine erste Steuereinheit 32 jeweils wechselseitig mit einem Antriebsfluid AF beaufschlagbar. Der erste An-

triebskolben 11 und der zweite Antriebskolben 13 und der Hochdruckkolben 15 sind über eine Kolbenstangenanordnung 18 gekoppelt gemeinsam axial verlagerbar. Dem zweiten Antriebsteil 7 ist eine zweite Steuereinheit 37 zugeordnet, welche der ersten Steuereinheit 32 nachgeschaltet ist und über welche die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens 13 mit Antriebsfluid AF zuschaltbar ist. Die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens 13 mit Antriebsfluid AF ist in Abhängigkeit von einem Ist-Druck $p_{B,ist}$ in einem Zielsystem 2 auf der Hochdruckseite HS des ersten Hochdruckteils 8 zuschaltbar.

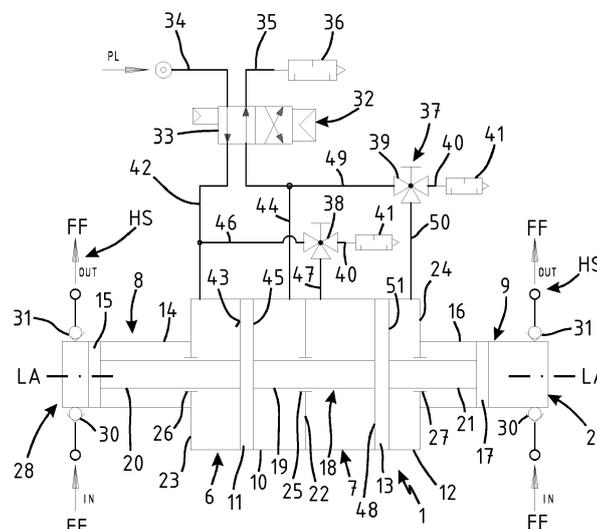


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kompressor gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids in ein Zielsystem mit einem solchen Kompressor.

[0002] Kompressoren, häufig auch Verdichter genannt, erhöhen den Druck von gasförmigen Fluiden ein- oder mehrstufig und werden unter anderem als Kolbenkompressoren ausgeführt. Ein Kolbenkompressor erhöht den Druck durch Verringern des Arbeitsraumes. Derartige Kompressoren sind im Stand der Technik in verschiedenen Ausführungen bekannt, beispielsweise durch das Prospekt "Kompressoren" Stand 11/2007 der Firma Maximator GmbH.

[0003] Die DE 10 2018 109 443 A1 offenbart eine Kompressorvorrichtung und ein Kompressionsverfahren. Die Kompressionsvorrichtung weist mindestens einen Kompressionsraum in jeweils einem Kompressionszylinder für ein Gas auf. Der mindestens einen Kompressionszylinder ist von den mindestens zwei Antriebszylindern räumlich durch einen Abstand getrennt.

[0004] Des Weiteren zählt durch die DE 1 025 093 A eine von einer schwungradlosen Kolbendampfmaschine angetriebenen Lokomotiv-Bremsluftpumpe in stehender Tandem-Anordnung zum Stand der Technik.

[0005] Zum technologischen Hintergrund zählt eine pneumatische Umwälzpumpe vom Kolbentyp wie in der CN 103062011 A beschrieben.

[0006] Die Kompressoren sind betriebsbewährt. Die Verdichtung erfolgt über das Kolbenverdichterprinzip, bei der die Druckübersetzung sich durch das Verhältnis der Fläche des Antriebskolbens zur Fläche des Hochdruckkolbens ergibt. Der Hochdruck wird in einem oder mehreren Hochdruckzylindern aufgebaut. Bewegt sich der Hochdruckkolben aus dem Druckzylinder heraus, bildet sich ein Unterdruck und das Saugventil lässt Förderfluid einströmen. Bei dem Förderfluid handelt es sich um das durch den Kompressor zu fördernde und zu verdichtende gasförmige Fluid, beispielsweise Argon, Helium, Wasserstoff oder Stickstoff. Bewegt sich der Hochdruckkolben in den Druckzylinder hinein, wird das eingeströmte Förderfluid verdichtet. Das Saugventil schließt und das Druckventil öffnet sich.

[0007] Das Übersetzungsverhältnis kann nahezu verdoppelt werden, in dem die Antriebsfläche verdoppelt wird. Dazu werden zwei Antriebskolben verbaut und man kann einen größeren Druck erzeugen. Das wird notwendig, wenn der Antriebsdruck nominell nicht ausreicht, um den gewünschten Zieldruck bzw. Enddruck basierend auf dem Übersetzungsverhältnis zu erzeugen.

[0008] Die Auslegung des Kompressors erfolgt entsprechend dem maximalen Betriebsdruck. Hierbei kommen häufig Kompressoren mit zwei Antriebsteilen zum Einsatz, wobei der erste Antriebsteil einen in einer ersten Antriebskammer verlagerbaren ersten Antriebskolben und der zweite Antriebsteil einen in einer zweiten Antriebskammer verlagerbaren zweiten Antriebskolben

aufweist. Der erste Antriebskolben und der zweite Antriebskolben sind gesteuert über eine Steuereinheit jeweils wechselseitig mit einem Antriebsfluid beaufschlagbar. Der erste Antriebskolben, der zweite Antriebskolben sowie der Hochdruckkolben sind über eine Kolbenstangenanordnung gekoppelt und gemeinsam verlagerbar.

[0009] Bei der Verdichtung wird das maximale Übersetzungsverhältnis erst im letzten Drittel des Druckaufbaus benötigt. Gleichwohl werden beide Antriebskammern mit Antriebsfluid befüllt. Dies erscheint unter ökologischen und ökonomischen Aspekten verbesserungswürdig.

[0010] Der Erfindung liegt daher ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zu Grunde einen betriebstechnisch effizienten Kompressor zu schaffen, bei dem unter Beibehaltung der Leistung der Verbrauch von Antriebsfluid reduziert ist sowie ein rationelles und kostengünstigeres Verfahren zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids in ein Zielsystem aufzuzeigen.

[0011] Die Lösung dieser Aufgabe besteht in einem Kompressor gemäß Anspruch 1 sowie einem Verfahren gemäß Anspruch 5.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Kompressors sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0013] Erfindungsgemäß ist dem zweiten Antriebsteil eine zweite Steuereinheit zugeordnet, welche der ersten Steuereinheit nachgeschaltet ist. Über die zweite Steuereinheit ist die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens mit Antriebsfluid zuschaltbar, wobei die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens mit Antriebsfluid in Abhängigkeit von einem Ist-Druck in einem Zielsystem auf der Hochdruckseite des zumindest einen ersten Hochdruckteils zuschaltbar ist.

[0014] Die Erfindung schafft einen doppelstufigen Kolbenverdichter bei dem der vorher hohe bzw. erhöhte Verbrauch von Antriebsfluid reduziert ist und dennoch die Leistung des doppelstufigen Kolbenverdichters genutzt wird. Doppelstufig bedeutet, dass der Kompressor zwei Antriebsteile mit zwei Antriebskolben und zumindest einen Hochdruckteil aufweist. Besonders vorteilhaft handelt es sich um einen doppelwirkenden Kompressor, welcher zwei Antriebsteile und zwei Hochdruckteile aufweist, wobei die Antriebskolben der beiden Antriebsteile und die Hochdruckkolben der beiden Hochdruckteile über eine Kolbenstangenanordnung gekoppelt gemeinsam verlagerbar sind.

[0015] In der Kompressoranordnung sind Pilotventile verbaut. Die Pilotventile dienen der Endlagenumschaltung durch die Antriebskolben. Die Pilotventile werden in den Endlagen durch die Antriebskolben betätigt und geben Steuerimpulse auf einen Steuerschieber weiter. Dadurch be- und entlüften die Pilotventile den Betätigungsraum des Steuerschiebers. Auf diese Weise wird der Steuerschieber von der einen in die andere Endlage geschoben.

[0016] Der Steuerschieber ist Bestandteil der ersten Steuereinheit. Bei dem Steuerschieber handelt es sich

um ein intern angesteuertes Vier-Zwei-Wege-Ventil. Der Steuerschieber dient der abwechselnden Beaufschlagung der Ober- und Unterseite der Antriebskolben mit Antriebsfluid. Das ist in der Regel Druckluft. Die Ansteuerung des Steuerschiebers erfolgt über die Pilotventile und sorgt dafür, dass das Antriebsmedium bzw. die Antriebsluft auf die jeweils gegenüberliegende Seite des Antriebskolbens gelangt.

[0017] Die Antriebsteile dienen zur Aufnahme des Antriebsmediums und betätigen den oder die Hochdruckkolben des Kompressors über eine Kolbenstange und verdichten so das jeweilige Förderfluid auf einen höheren Druck.

[0018] Dem Hochdruckteil bzw. den Hochdruckteilen des Kompressors ist jeweils ein Kompressorkopf mit Ein- und Auslassventilen zugeordnet. Der Kompressorkopf verschließt den Verdichtungsraum, also den Druckzylinder des Hochdruckteils, und trennt diese räumlich von dem Umgebungsdruck ab. Der Kompressorkopf enthält die Ein- und Auslassventile. Durch diese Ein- und Auslassventile gelangt das zu verdichtende Förderfluid in den Verdichtungsraum des Kompressors und wieder hinaus.

[0019] Der bzw. die Hochdruckteile des Kompressors dienen zum Verdichten des jeweiligen Förderfluids. Der Hochdruckteil besteht im Wesentlichen aus dem Druckzylinder, dem Kompressorkopf mit Ein- und Auslassventilen und dem Hochdruckkolben mit Dicht- und Führungselementen.

[0020] Über eine Schaltlogik ist die Versorgung des zweiten Antriebsteils zu- bzw. abschaltbar. Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zu eigen, dass über zwei Drittel des Förder- und Verdichtungsprozesses nicht beide Antriebskammern für die Förderung und Verdichtung des Förderfluids notwendig sind. Erst ab einem bestimmten Ist-Druck im Zielsystem auf der Hochdruckseite wird der zweite Antriebsteil zugeschaltet und der zweite Antriebskolben mit Antriebsfluid beaufschlagt. Dies ist regelmäßig erst im letzten Drittel des Verdichtungsprozesses notwendig, um den gewünschten Enddruck aufzubauen bzw. zu erzielen. Die Umschaltung erfolgt in Abhängigkeit vom Druck. Kommt es zu einem Kräftegleichgewicht zwischen Antriebsdruck im Verhältnis zum Enddruck, wird der zweite Antriebskolben in dem zweiten Antriebsteil hinzugeschaltet und der Kompressor kann das Förderfluid weiter bis zum Erreichen des Zieldrucks verdichten.

[0021] Um die Versorgung der zweiten Antriebskammer zu steuern ist die stetige Verbindung der beiden Antriebskammern unterbrochen. Der Kompressor wird in einer ersten Kompressionsstufe zunächst nur mit einer Antriebskammer betrieben. Bei Bedarf wird die zweite Antriebskammer zugeschaltet. Hierzu ist die zweite Steuereinheit der ersten Steuereinheit nachgeschaltet.

[0022] Die erste Steuereinheit und die zweite Steuereinheit sind in ein Steuerwerk integriert, welches das System bzw. den Kompressor und das Verfahren so steuert, dass alle Operationen in zeitlicher und logischer

Reihenfolge ausgeführt werden.

[0023] Für die Praxis vorteilhaft weist die zweite Steuereinheit zwei Drei-Wege-Ventile auf.

[0024] Ein Aspekt der Erfindung sieht vor, dass jedes Drei-Wege-Ventil einen Auslass und einen diesem nachgeschalteten Schalldämpfer aufweist. Die Schalldämpfer dienen einem geräuschreduzierten Abführen des expandierenden Antriebsmediums aus dem Kompressor. Das Antriebsmedium tritt nach verrichteter Arbeit über die Schalldämpfer aus dem Kompressor aus. Durch die zusätzlichen Schalldämpfer, die den beiden Drei-Wege-Ventilen nachgeschaltet sind, erfolgt eine Schalldämpfung in beiden Kompressionsstufen des Kompressors.

[0025] Der erfindungsgemäße Kompressor weist zwei Antriebsteile auf. Diese werden üblicherweise durch Druckluft angetrieben. Der Kompressor ist besonders vorteilhaft für unterschiedlichste Anwendungen wie Befüllvorgänge, Prüfprozesse, Umfüllvorgänge oder auch Entleerungsvorgänge.

[0026] Die Umsetzung der erfindungsgemäß vorgesehenen Schaltlogik kann manuell, pneumatisch oder elektrisch realisiert sein.

[0027] Bei einer manuellen Betätigung der zweiten Steuereinheit sind manuelle Ventile verbaut. Für den Verdichtungsprozess bedeutet das, dass der Kompressor mit dem ersten Antriebskolben fährt, bis der Antriebskolben aufgrund eines Kräftegleichgewichts auf der Antriebsseite und auf der Hochdruckseite stehen bleibt (Stillstandsdruck). Dann wird beispielsweise mittels eines Kugelhahns auf den Zweikolbenantrieb umgestellt, d.h. die zweite Antriebskammer und der darin angeordnete zweite Antriebskolben wird zusätzlich zum ersten Antriebskolben mit Antriebsfluid beaufschlagt.

[0028] Bei der pneumatischen Betätigung der zweiten Steuereinheit weist diese pneumatisch betätigbare Ventile auf. Diese können über Druckschalter angesteuert werden, so dass je nach Betriebsdruck zwischen dem Einkolbenantrieb und dem Zweikolbenantrieb umgeschaltet werden kann.

[0029] Bei der elektrischen Betätigung der zweiten Steuereinheit sind elektrisch ansteuerbare Ventile verbaut. Diese können auch in bestehende speicherprogrammierbare Steuerungen nachgerüstet werden. Das System umfasst integrierte Druckmessumformer, deren Informationen genutzt werden, um speicherprogrammierbar gesteuert zwischen Einkolbenantrieb und Zweikolbenantrieb zu wechseln. In der speicherprogrammierbaren Steuerung werden Umschaltdrücke hinterlegt und über Magnetventile der Kompressor in den effizienten Modus geschaltet.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids in ein Zielsystem setzt einen erfindungsgemäßen Kompressor ein. Über die erfindungsgemäß vorgesehene Schaltlogik wird die Versorgung der einzelnen Antriebskammern bzw. der dort angeordneten Antriebskolben mit Antriebsfluid zugeschaltet oder abgeschaltet. In einer ersten Kompressionsstufe wird der erste Antriebskolben des ersten An-

triebsteils mit Antriebsfluid beaufschlagt und Förderfluid in das Zielsystem gefördert, bis es zu einem Kräftegleichgewicht auf der Antriebsseite und auf der Hochdruckseite kommt. Dann wird in einer zweiten Kompressionsstufe der zweite Antriebsteil zugeschaltet und der zweite Antriebskolben zusätzlich zum ersten Antriebskolben mit Antriebsfluid beaufschlagt und Förderfluid in das Zielsystem bis zum Erreichen eines Zieldrucks bzw. des gewünschten Enddrucks gefördert.

[0031] Bei der Förderung und Verdichtung eines Förderfluids in ein Zielsystem kann es sich beispielsweise um einen Umfüll- oder Befüllvorgang eines gasförmigen Fluids in einen Behälter handeln, beispielsweise in einen Druckgasbehälter. Es kann sich aber auch um die Versorgung von Gasinnendruckanlagen oder Test- und Regeleinheiten für Druckluft und Gase ebenso wie Anlagen für das Befüllen von Airbag-Gasbehältern handeln. Ein Zielsystem kann auch ein Prüfstand für Druckprüfungen sein.

[0032] Die Erfindung nutzt den Antrieb des Kompressors über einen Antriebskolben während ca. zwei Drittel eines Umfüll- oder Befüllvorgangs. Dies ist die erste Kompressionsstufe. In der zweiten Kompressionsstufe werden alle Antriebsteile, sowohl der im ersten Antriebsteil als auch der im zweiten Antriebsteil genutzt, und zwar für den verbleibenden Teil des Umfüll- bzw. Befüllvorgangs, also die Förderung und Verdichtung des Förderfluids in ein Zielsystem auf den Zieldruck und die Zielfördermenge. Auf diese Weise werden die relativ hohen Kosten für das Antriebsfluid und auch der hohe Verbrauch an Antriebsfluid reduziert. Als Antriebsfluid kommt insbesondere Luft- bzw. Druckluft zum Einsatz. Der Verbrauch an Antriebsfluid kann bis zu 40% reduziert werden. Auch eine Verringerung der Füllzeit für die Förderung und Verdichtung des Förderfluids in das Zielsystem kann um bis zu 20% reduziert werden. Auch können bestehende Kompressoren mit geringem Aufwand umgebaut oder nachgerüstet und erfindungsgemäß ausgerüstet werden. Durch die Reduzierung des Verbrauchs an Antriebsfluids ebenso wie der Verringerung von Prozesszeiten lassen sich die Betriebskosten senken und es ergeben sich sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile.

[0033] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 technisch schematisiert einen erfindungsgemäßen Kompressor und die Funktionsdarstellung zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids in ein Zielsystem;

Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines doppelwirkenden Kompressors sowie dessen Schaltschema und

Figuren 3 bis 6 die Kompressorordnung gemäß der Darstellung von Figur 2 mit der

Darstellung von vier Schaltzuständen und Antriebsmodi.

[0034] In der Figur 1 ist technisch schematisiert das Prinzip einer Kompressorordnung mit einem Kompressor 1 dargestellt zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids (Pfeil FF) in ein Zielsystem 2. Bei dem Zielsystem 2 handelt es sich um einen Zielbehälter. Das Förderfluid FF wird in einem Quellsystem 3 in Form eines Quellbehälters bereitgestellt. Der Antrieb des Kompressors 1 erfolgt über ein Antriebsfluid (Pfeil AF). Hierbei handelt es sich um Druckluft. Das Antriebsfluid AF wird mit einem Antriebsdruck pL bereitgestellt und dem Kompressor 1 zugeführt. Der Kompressor 1 verdichtet das Förderfluid FF auf einen Betriebsdruck pB und überführt das Förderfluid FF in das Zielsystem 2. In die Kompressorordnung integriert sind ein Absperrorgan 4 und ein Rückschlagventil 5.

[0035] Der Kompressor 1 weist einen ersten Antriebsteil 6 und einen zweiten Antriebsteil 7 sowie einen Hochdruckteil 8 auf.

[0036] Der Kompressor 1 arbeitet nach dem Prinzip eines Druckübersetzers. Weitere Einzelheiten eines Kompressors 1 sind anhand der Figur 2 erläutert. Der Kompressor 1, wie in der Figur 1 dargestellt, entspricht vom grundsätzlichen Aufbau dem nachfolgend anhand der Figur 2 erläuterten Kompressor 1, weist allerdings nur einen ersten Hochdruckteil 8 auf.

[0037] Der Kompressor 1 gemäß Figur 2 weist einen ersten Antriebsteil 6 und einen zweiten Antriebsteil 7 sowie einen ersten Hochdruckteil 8 und einen zweiten Hochdruckteil 9 auf. Der erste Antriebsteil 6 weist eine erste Antriebskammer 10 mit einem darin längs verlagerten ersten Antriebskolben 11 auf. Der zweite Antriebsteil 7 besitzt eine zweite Antriebskammer 12 mit einem darin längs verlagerten zweiten Antriebskolben 13. Der erste Hochdruckteil 8 weist einen ersten Druckzylinder 14 mit einem darin verlagerten ersten Hochdruckkolben 15 auf. Der zweite Hochdruckteil 9 weist einen zweiten Druckzylinder 16 mit einem darin verlagerten zweiten Hochdruckkolben 17 auf.

[0038] Der erste Antriebskolben 11 und der zweite Antriebskolben 13 sowie die beiden Hochdruckkolben 15 und 17 sind über eine Kolbenstangenanordnung 18 gekoppelt gemeinsam in axialer Richtung verlagerbar. Die Kolbenstangenanordnung 18 umfasst Kolbenstangen 19, 20 und 21. Die Kolbenstange 19 ist zwischen dem ersten Antriebskolben 11 und dem zweiten Antriebskolben 13 eingegliedert. Die Kolbenstange 20 verbindet den ersten Antriebskolben 11 und den ersten Hochdruckkolben 15. Die Kolbenstange 21 verbindet den zweiten Antriebskolben 13 und den zweiten Hochdruckkolben 17. Die Kolbenstangen 19, 20, 21 der Kolbenstangenanordnung 18 erstrecken sich fluchtend entlang einer gemeinsamen Längsachse LA.

[0039] Die erste Antriebskammer 10 und die zweite Antriebskammer 12 sind durch eine Mittelwand 22 getrennt. Die beiden Hochdruckteile 8 und 9 sind jeweils

an die Stirnwände 23 bzw. 24 des ersten Antriebsteils 6 bzw. des zweiten Antriebsteils 7 angeflanscht. Die Kolbenstange 19 durchsetzt eine Öffnung 25 in der Mittelwand 22 und ist dort geführt. Die Kolbenstangen 20, 21 durchsetzen Öffnungen 26 bzw. 27 in den Stirnwänden 23 bzw. 24.

[0040] Die Hochdruckteile 8 und 9 bzw. deren Druckzylinder 14, 16 weisen jeweils stirnseitig einen in der Figur 2 nur andeutungsweise dargestellten Kompressorkopf 28, 29 auf. Ein Kompressorkopf 28, 29 verschließt den in den Druckzylindern 14, 16 befindlichen Verdichtungsraum und trennt diesen räumlich vom Umgebungsdruck ab. Jeder Kompressorkopf 28, 29 enthält ein Einlassventil 30 und ein Auslassventil 31.

[0041] Der erste Antriebskolben 11 und der zweite Antriebskolben 13 sind gesteuert über eine erste Steuereinheit 32 jeweils wechselseitig mit Antriebsfluid AF beaufschlagbar. Die Steuereinheit 32 umfasst einen Steuerschieber in Form eines Vier-Zwei-Wege-Ventils 33. Die Zuleitung von Antriebsfluid AF mit einem Betriebsdruck pL erfolgt über einen Anschluss 34. Die Ableitung von expandiertem Arbeitsfluid AF erfolgt über einen Auslass 35 und einen diesem nachgeschalteten Schalldämpfer 36.

[0042] Dem zweiten Antriebsteil 7 ist eine zweite Steuereinheit 37 zugeordnet. Die zweite Steuereinheit 37 ist der ersten Steuereinheit 32 nachgeschaltet. Über die zweite Steuereinheit 37 ist die Beaufschlagung der zweiten Antriebskammer 12 und des zweiten Antriebskolbens 13 mit Antriebsfluid AF zuschaltbar oder abschaltbar. Die zweite Steuereinheit 37 ist dazu ausgelegt, die Versorgung der zweiten Antriebskammer 12 mit Antriebsfluid AF gesteuert separat zu unterbrechen bzw. zuzuschalten. Der Kompressor 1 kann so mit nur der ersten Antriebskammer 10 betrieben werden. Nach Bedarf wird die zweite Antriebskammer 12 hinzugeschaltet. Die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens 13 mit Antriebsfluid AF ist in Abhängigkeit von einem Ist-Druck $p_{B,ist}$ im Zielsystem 2 auf der Hochdruckseite HS des bzw. der Hochdruckteile 8, 9 zuschaltbar.

[0043] Die zweite Steuereinheit 37 weist zwei Drei-Wege-Ventile 38, 39 auf. Die Drei-Wege-Ventile 38, 39 besitzen jeweils einen Auslass 40 mit einem integrierten bzw. diesem nachgeschalteten Schalldämpfer 41.

[0044] Der Steuerschieber bzw. das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 der ersten Steuereinheit 32 ist über einen Leitungspfad 42 mit dem Teil der ersten Antriebskammer 10 auf der dem ersten Hochdruckkolben 15 zugewandten Oberseite 43 des ersten Antriebskolbens 11 verbunden. Ein Leitungspfad 44 verbindet das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 mit dem Teil der ersten Antriebskammer 10 auf der Unterseite 45 des ersten Antriebskolbens 11. Das erste Drei-Wege-Ventil 38 ist über einen Leitungspfad 46 mit dem Leitungspfad 42 verbunden und über einen Leitungspfad 47 an den Teil der zweiten Antriebskammer 12 auf der Unterseite 48 des zweiten Antriebskolbens 13 angeschlossen. Das zweite Drei-Wege-Ventil 39 ist über einen Leitungspfad 49 an den Leistungspfad 44 ange-

schlossen und über einen Leitungspfad 50 mit dem Teil der zweiten Antriebskammer 12 auf der Oberseite 51 des zweiten Antriebskolbens 13 angeschlossen.

[0045] In einer ersten Kompressionsstufe wird der Kompressor 1 im Ein-Kolben-Betrieb gefahren. Das bedeutet, dass die erste Antriebskammer 10 und der erste Antriebskolben 11 des ersten Antriebsteils 6 mit Antriebsfluid AF beaufschlagt werden.

[0046] Der Steuerschieber bzw. das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 leitet das Antriebsfluid AF abwechselnd auf die Oberseite 43 und die Unterseite 45 des ersten Antriebskolbens 11. Das Antriebsfluid AF strömt vom Anschluss 34 mit dem Antriebsdruck pL durch das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 entsprechend der Pfeile P1, P2 auf die Oberseite 43 des ersten Antriebskolbens 11. Das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 befindet sich in der in Figur 3 dargestellten Schaltstellung. Der erste Antriebskolben 11 bewegt sich im ersten Antriebsteil 6 in Bildebene nach rechts. Mit diesem wird die Kolbenstangenanordnung 18 und der zweite Antriebskolben 13 sowie der erste Hochdruckkolben 15 und der zweite Hochdruckkolben 17 verlagert. Der erste Hochdruckkolben 15 des ersten Hochdruckteils 8 führt einen Saughub aus, das Einlassventil 30 öffnet und das zu fördernde und verdichtende Förderfluid FF strömt in den ersten Druckzylinder 14 ein. Auf der anderen Seite im zweiten Hochdruckteil 9 wird ein Druckhub ausgeführt. Bei dem Druckhub ist das Einlassventil 30 im Kompressorkopf 29 geschlossen. Das im zweiten Druckzylinder 16 befindliche Förderfluid FF wird durch die Verlagerung des zweiten Hochdruckkolbens 17 verdichtet, das Auslassventil 31 geöffnet und das verdichtete Förderfluid FF strömt auf der Hochdruckseite HS in das Zielsystem 2.

[0047] Die Zuleitung von Förderfluid FF über die Einlassventile 30 ist in den Figuren 2 bis 6 jeweils durch die Pfeile IN gekennzeichnet. Die Abführung des verdichteten Förderfluids FF auf der Hochdruckseite HS und die Überführung in ein Zielsystem 2 sind durch die Pfeile OUT gekennzeichnet.

[0048] Über den Leitungspfad 44 kann Luft entsprechend der Pfeile P3 aus der ersten Antriebskammer 10 über das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 und den Auslass 35 mit nachgeschaltetem Schalldämpfer 36 abgeleitet werden. Die beiden Drei-Wege-Ventile 38, 39 sind zum Auslass 40 hin geöffnet, so dass bei der Verlagerung des ersten Antriebskolbens 11 und des zweiten Antriebskolbens 13 Luft entsprechend der Pfeile P4 aus der zweiten Antriebskammer 12 und die Drei-Wege-Ventile 38, 39 abgeleitet werden kann.

[0049] Ist der erste Antriebskolben 11 in seiner Endlage in der ersten Antriebskammer 10 nach rechts gefahren, öffnet ein hier nicht dargestelltes Pilotventil. Das Pilotventil gehört zur ersten Steuereinheit 32. Es gelangt Antriebsfluid AF zum Steuerschieber der Steuereinheit 32 und schaltet das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 in die entgegengesetzte Schaltposition (Figur 4).

[0050] Antriebsfluid AF strömt nun gemäß der Pfeile P5, P6 auf die Unterseite 45 des ersten Antriebskolbens

11. Der Antriebskolben 11 ebenso wie der zweite Antriebskolben 13 und der erste Hochdruckkolben 15 sowie der zweite Hochdruckkolben 17 bewegen sich zur entgegengesetzten Seite in Bildebene der Figur 4 nach links. Der Druckhub wird nun im ersten Hochdruckteil 8 ausgeführt. Auf der anderen Seite im zweiten Hochdruckteil 9 erfolgt wiederum ein Saughub. Bei der Verlagerung des ersten Antriebskolbens 11 nach links kann in der ersten Antriebskammer 10 befindliche Luft entsprechend der Pfeile P7 über das Vier-Zwei-Wege-Ventil 33 und den Auslass 35 sowie den Schalldämpfer 36 entweichen. Die zweite Antriebskammer 12 ist über die Drei-Wege-Ventile 38, 39 belüftet, so dass Luft entsprechend der Pfeile P8 entweichen kann.

[0051] Auf diese Weise wird Förderfluid FF aus dem Quellsystem 3 gefördert bis es zu einem Kräftegleichgewicht auf der Antriebsseite und auf der Hochdruckseite HS kommt. Der Kompressor 1 wird so über zwei Drittel des Befüllvorgangs über den ersten Antriebsteil 6 und den ersten Antriebskolben 11 betrieben. Nur im letzten Drittel des Förder- und Verdichtungsprozesses wird die gesamte Kraft der beiden Antriebskolben 11 und 13 benötigt. In Abhängigkeit von dem sich bei Kräftegleichgewicht auf der Antriebsseite und auf der Hochdruckseite HS ergebenden Ist-Druck $p_{B_{ist}}$ wird der zweite Antriebsteil 7 zugeschaltet und der zweite Antriebskolben 13 zusätzlich mit Antriebsfluid AF beaufschlagt. Der Kompressor 1 fährt dann im Zwei-Kolben-Betrieb und fördert und verdichtet Förderfluid FF in das Zielsystem 2 bis zum Erreichen des Zieldrucks p_Z .

[0052] Wie in der Figur 5 zu erkennen, wird in dieser zweiten Kompressionsstufe Antriebsfluid AF entsprechend der Pfeile P1, P2 auf die Oberseite 43 des ersten Antriebskolbens 11 und über die Leitungspfade 46, 47 und das Drei-Wege-Ventil 38 entsprechend der Pfeile P9, P10 auf die Unterseite 48 des zweiten Antriebskolbens 13 geleitet. Verdrängte Luft auf den gegenüberliegenden Seiten der Antriebskolben 11 und 13 wird über den Leitungspfad 44 bzw. den Leitungspfad 50 und das zweite Drei-Wege-Ventil 39 aus dem System abgeleitet (Pfeile P11, P12). Im zweiten Hochdruckteil 9 wird ein Druckhub ausgeführt. Im ersten Hochdruckteil 8 wird ein Saughub ausgeführt.

[0053] Nach Erreichen der Endlage steuert das System wiederum um. Sowohl die erste Steuereinheit 32 als auch die zweite Steuereinheit 37 schalten um und Arbeitsfluid AF kann, wie in der Figur 6 dargestellt, gemäß den Pfeilen P13, P14 bzw. P15, P16 auf die Unterseite 45 des ersten Antriebskolbens 11 und die Oberseite 51 des zweiten Antriebskolbens 13 strömen und die Anordnung aus erstem Antriebskolben 11 und zweitem Antriebskolben 13 sowie erstem Hochdruckkolben 15 und zweitem Hochdruckkolben 17 in Bildebene der Figur 6 nach links bewegen. Über die Pfeile P17 und P18 kann Luft aus dem System entweichen.

[0054] In der ersten Kompressionsstufe wird der Kompressor 1 nur über das erste Antriebsteil 6 betrieben. Auf diese Weise kann der Verbrauch an Antriebsfluid AF re-

duziert werden. Erst in der zweiten Kompressionsstufe wird der zweite Antriebsteil 7 zugeschaltet, um im Verdichtungsprozess den gewünschten Enddruck bzw. Zieldruck p_Z zu erzielen. Die Umschaltung erfolgt in Abhängigkeit von einem Ist-Druck $p_{B_{ist}}$ auf der Hochdruckseite HS. Vor allem bei großem Behältervolumen und niedrigen Eingangsdrücken ist ein sehr hohes Einsparungspotenzial bei den Verbrauchskosten für Antriebsfluid AF und auch der Füllzeit möglich. Durch die Veränderung des Zuschaltedrucks, also des Drucks, bei dem der zweite Antriebsteil 7 zugeschaltet wird, bei sonst gleichen Bedingungen, kann in einem bestimmten Bereich die Priorität auf die Füllzeit oder die Verbrauchskosten für Antriebsfluid AF gelegt werden.

Bezugszeichen:

[0055]

- | | | |
|----|------|-------------------------------|
| 20 | 1 - | Kompressor |
| | 2 - | Zielsystem |
| | 3 - | Quellsystem |
| | 4 - | Absperrorgan |
| | 5 - | Rückschlagventil |
| 25 | 6 - | erster Antriebsteil |
| | 7 - | zweiter Antriebsteil |
| | 8 - | erster Hochdruckteil |
| | 9 - | zweiter Hochdruckteil |
| | 10 - | erste Antriebskammer |
| 30 | 11 - | erster Antriebskolben |
| | 12 - | zweite Antriebskammer |
| | 13 - | zweiter Antriebskolben |
| | 14 - | erster Druckzylinder v. 8 |
| | 15 - | erster Hochdruckkolben v. 14 |
| 35 | 16 - | zweiter Druckzylinder v. 9 |
| | 17 - | zweiter Hochdruckkolben v. 16 |
| | 18 - | Kolbenstangenanordnung |
| | 19 - | Kolbenstange |
| | 20 - | Kolbenstange |
| 40 | 21 - | Kolbenstange |
| | 22 - | Mittelwand |
| | 23 - | Stirnwand v. 6 |
| | 24 - | Stirnwand v. 7 |
| | 25 - | Öffnung |
| 45 | 26 - | Öffnung |
| | 27 - | Öffnung |
| | 28 - | Kompressorkopf |
| | 29 - | Kompressorkopf |
| | 30 - | Einlassventil |
| 50 | 31 - | Auslassventil |
| | 32 - | erste Steuereinheit |
| | 33 - | Vier-Zwei-Wege-Ventil |
| | 34 - | Anschluss |
| | 35 - | Auslass |
| 55 | 36 - | Schalldämpfer |
| | 37 - | zweite Steuereinheit |
| | 38 - | Drei-Wege-Ventil |
| | 39 - | Drei-Wege-Ventil |

40 - Auslass
 41 - Schalldämpfer
 42 - Leitungspfad
 43 - Oberseite v. 11
 44 - Leitungspfad
 45 - Unterseite v. 11
 46 - Leitungspfad
 47 - Leitungspfad
 48 - Unterseite v. 13
 49 - Leitungspfad
 50 - Leitungspfad
 51 - Oberseite v. 13

AF - Antriebsfluid
 FF - Förderfluid
 pL - Antriebsdruck
 pB - Betriebsdruck
 pB_{ist} - Ist-Druck
 pZ - Zieldruck
 HS - Hochdruckseite
 LA - Längsachse
 P1 - Pfeil
 P2 - Pfeil
 P3 - Pfeil
 P4 - Pfeil
 P5 - Pfeil
 P6 - Pfeil
 P7 - Pfeil
 P8 - Pfeil
 P9 - Pfeil
 P10 - Pfeil
 P11 - Pfeil
 P12 - Pfeil
 P13 - Pfeil
 P14 - Pfeil
 P15 - Pfeil
 P16 - Pfeil
 P17 - Pfeil
 P18 - Pfeil
 IN - Pfeil
 OUT - Pfeil

Patentansprüche

1. Kompressor, welcher einen ersten Antriebsteil (6) und einen zweiten Antriebsteil (7) sowie zumindest einen ersten Hochdruckteil (8) aufweist, wobei der erste Antriebsteil (6) einen in einer ersten Antriebskammer (10) verlagerbaren ersten Antriebskolben (11) und der zweite Antriebsteil (7) einen in einer zweiten Antriebskammer (12) verlagerbaren zweiten Antriebskolben (13) aufweist und der erste Hochdruckteil (8) einen in einem ersten Druckzylinder (14) verlagerbaren Hochdruckkolben (15) aufweist und wobei der erste Antriebskolben (11) und der zweite Antriebskolben (13) gesteuert über eine erste Steuereinheit (32) jeweils wechselseitig mit einem An-

triebsfluid (AF) beaufschlagbar sind und der erste Antriebskolben (11), der zweite Antriebskolben (13) sowie der Hochdruckkolben (15) über eine Kolbenstangenanordnung (18) gekoppelt gemeinsam verlagerbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem zweiten Antriebsteil (7) eine zweite Steuereinheit (37) zugeordnet ist, welche der ersten Steuereinheit (32) nachgeschaltet ist und über welche die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens (13) mit Antriebsfluid (AF) zuschaltbar ist, wobei die Beaufschlagung des zweiten Antriebskolbens (13) mit Antriebsfluid (AF) in Abhängigkeit von einem Ist-Druck ($p_{B_{ist}}$) in einem Zielsystem (2) auf der Hochdruckseite (HS) des zumindest einen Hochdruckteils (8) zuschaltbar ist.

2. Kompressor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das die zweite Steuereinheit (37) zwei Drei-Wege-Ventile (38, 39) aufweist.

3. Kompressor nach 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Drei-Wege-Ventil (38, 39) einen Auslass (40) und einen diesem nachgeschalteten Schalldämpfer (41) aufweist.

4. Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Steuereinheit (37) manuell, pneumatisch oder elektrisch betätigbar ist.

5. Verfahren zur Förderung und Verdichtung eines Förderfluids (FF) in ein Zielsystem (2) mit einem Kompressor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer ersten Kompressionsstufe der erste Antriebskolben (11) des ersten Antriebsteils (6) mit Antriebsfluid (AF) beaufschlagt wird und Förderfluid (FF) in das Zielsystem (2) gefördert wird bis es zu einem Kräftegleichgewicht auf der Antriebsseite und auf der Hochdruckseite (HS) kommt und dann in einer zweiten Kompressionsstufe der zweite Antriebsteil (7) zugeschaltet und der zweite Antriebskolben (13) zusätzlich zum ersten Antriebskolben (11) mit Antriebsfluid (AF) beaufschlagt wird und Förderfluid (FF) in das Zielsystem (2) bis zum Erreichen eines Zieldrucks (p_Z) gefördert wird.

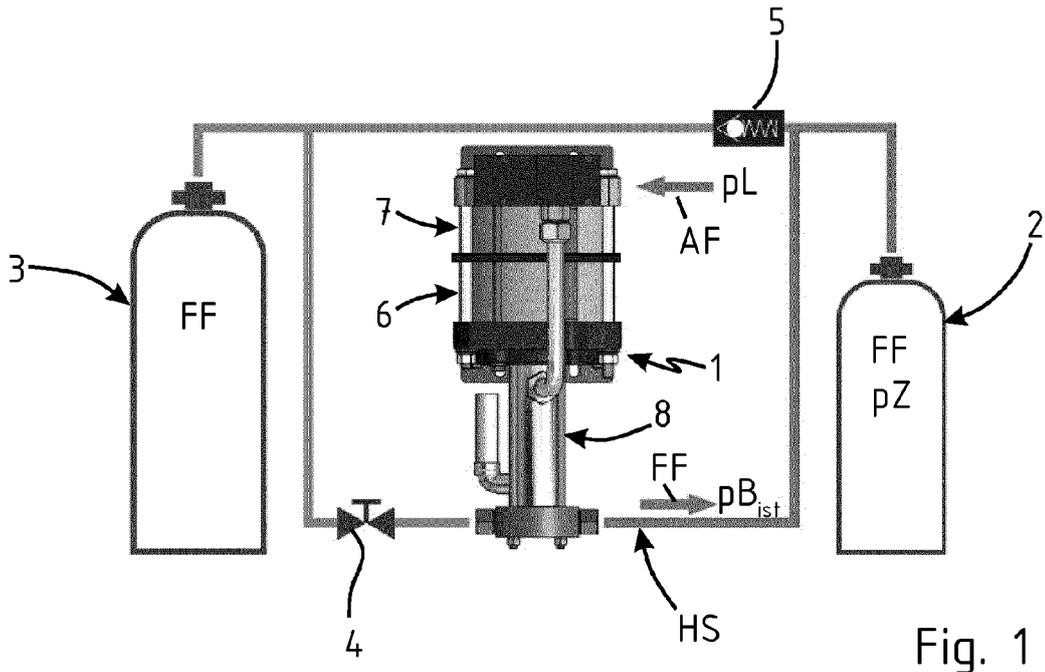


Fig. 1

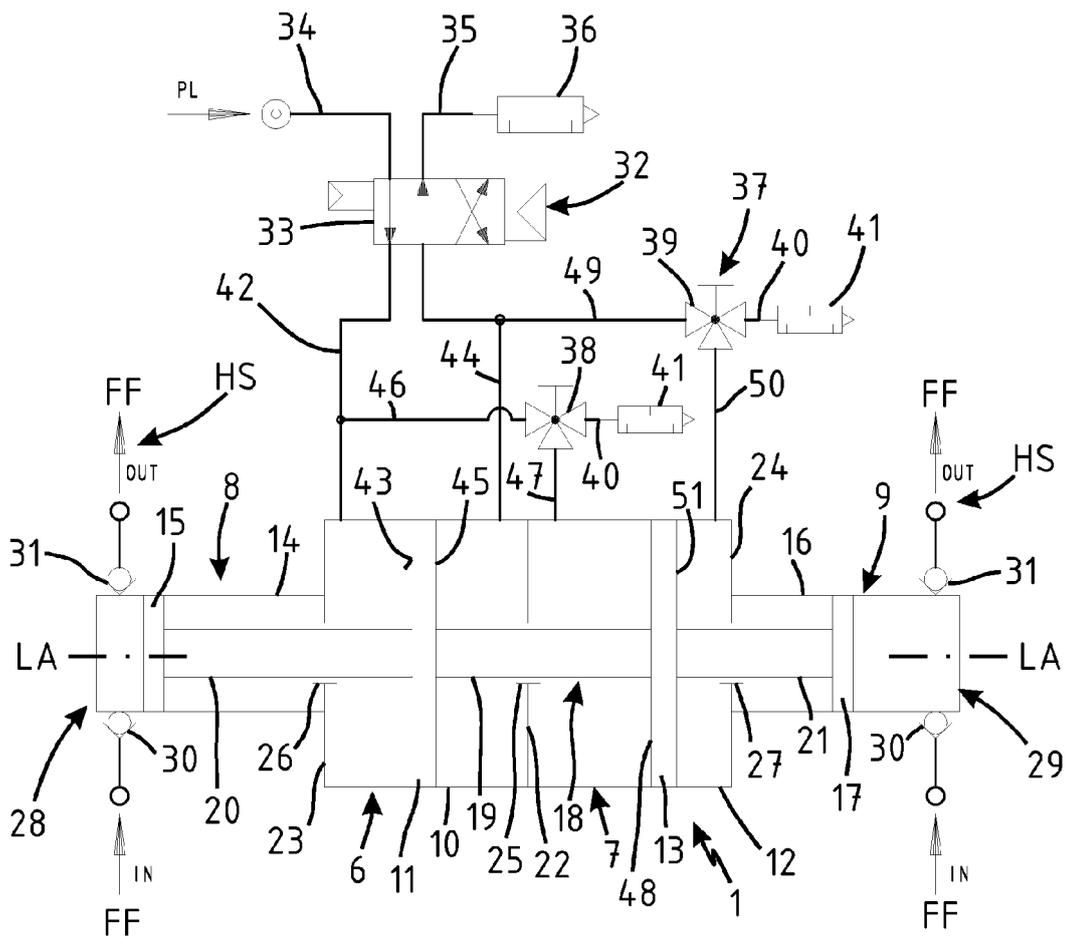


Fig. 2

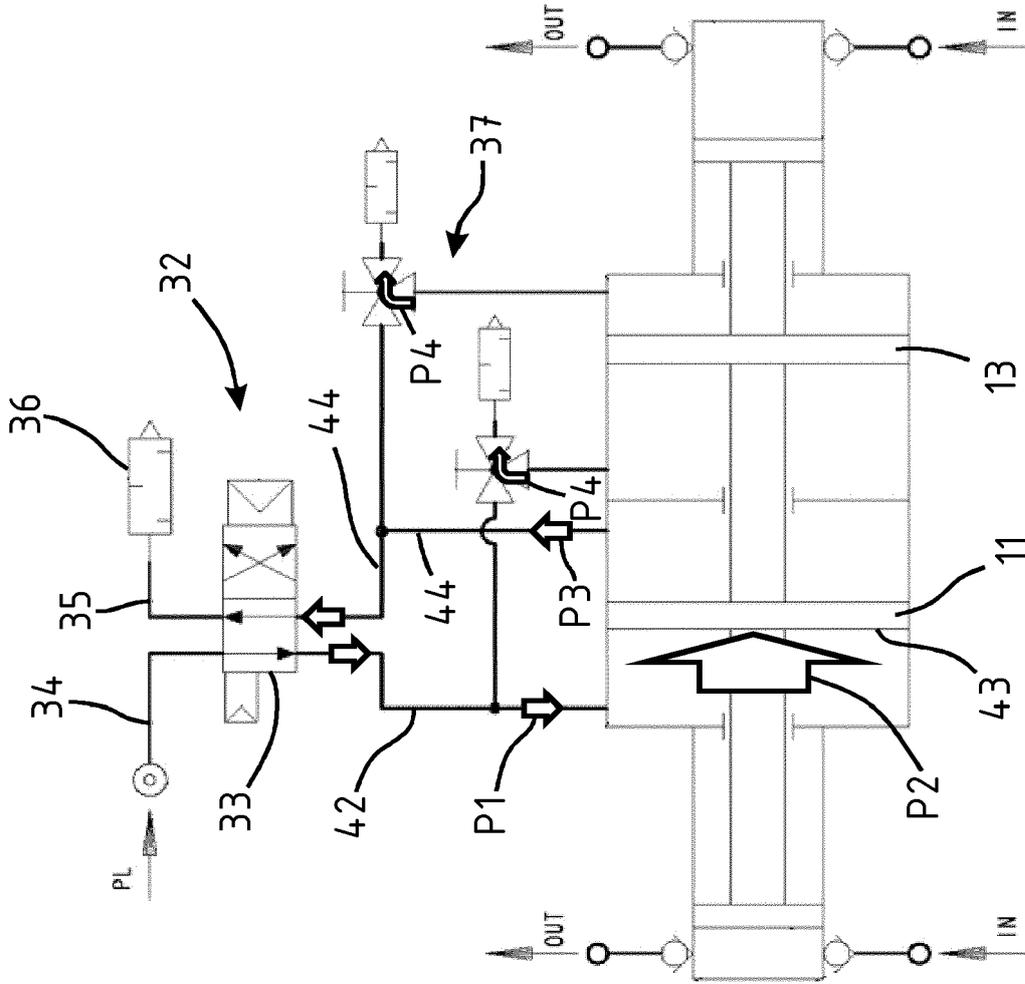


Fig. 3

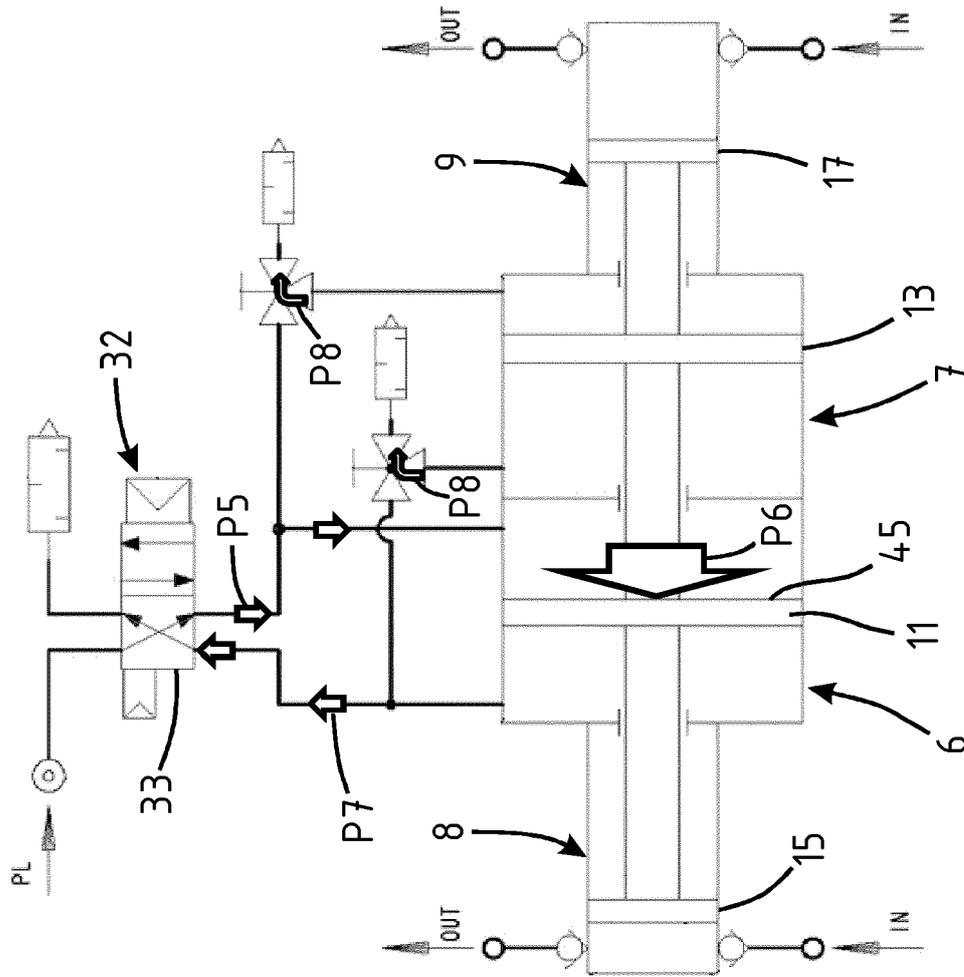


Fig. 4

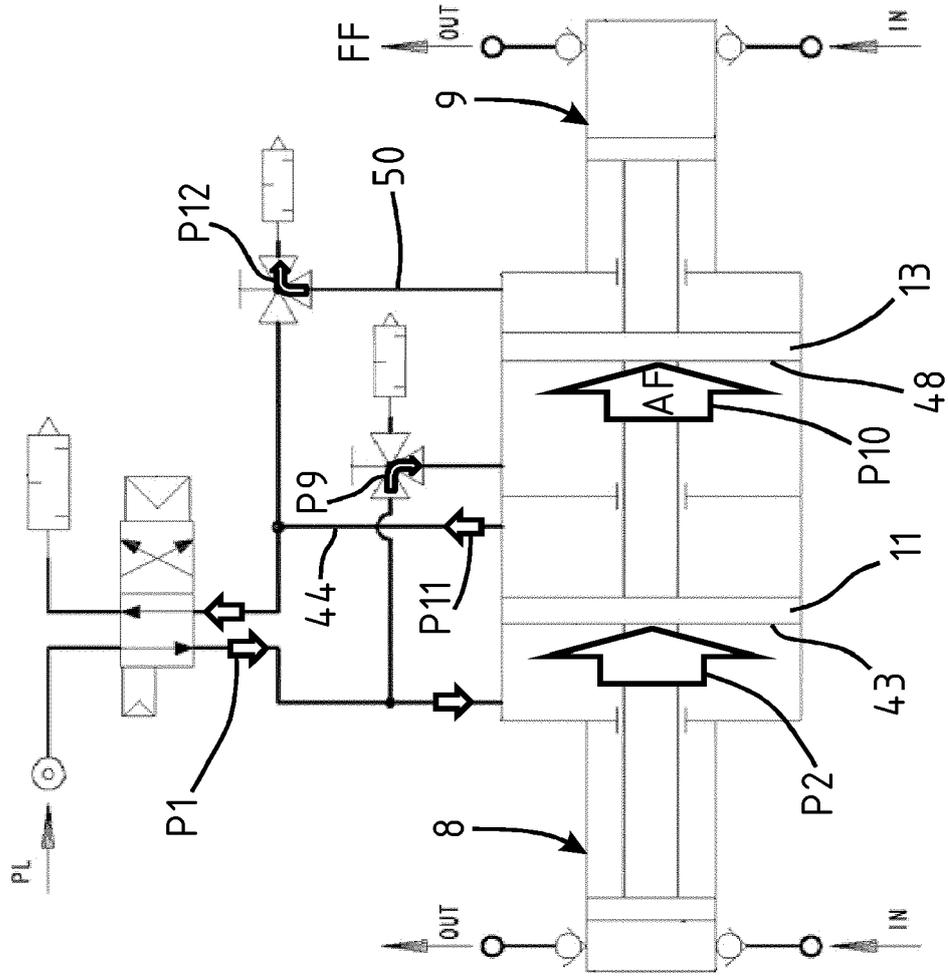


Fig. 5

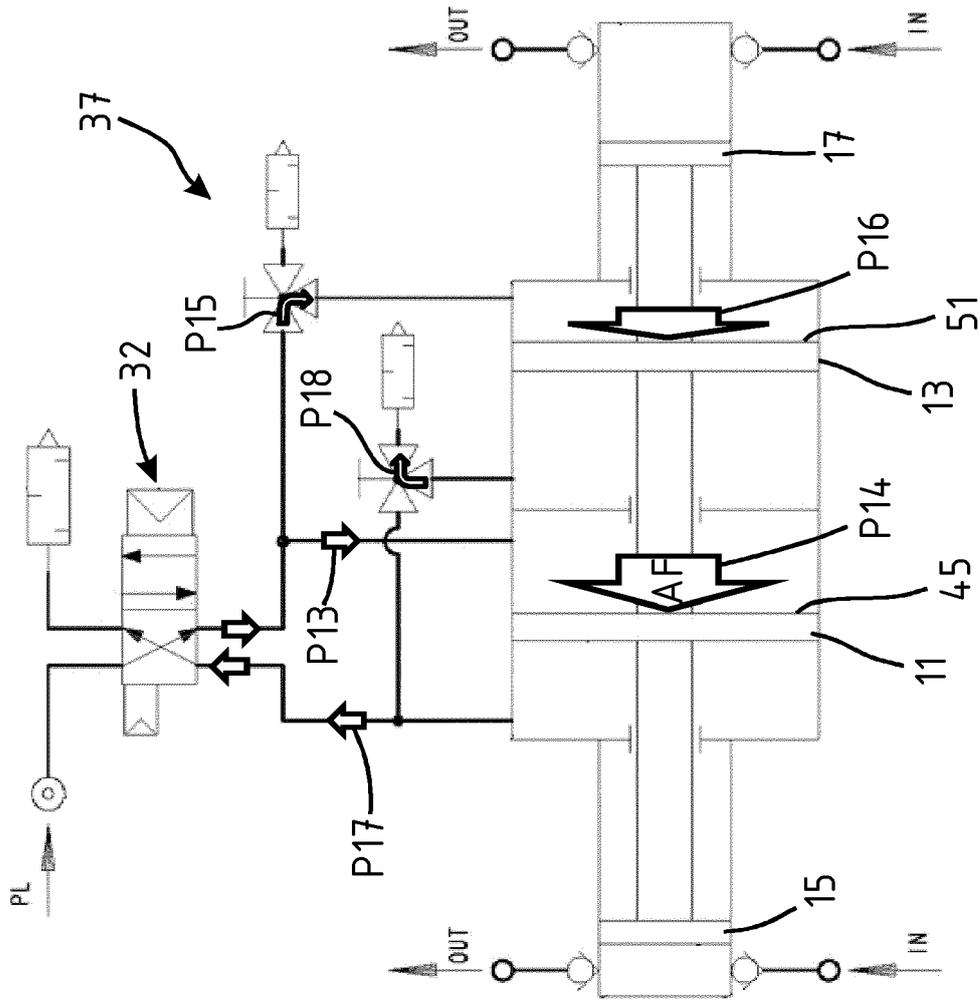


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 20 6898

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	FR 754 983 A (ANTOINE BELLEFROID) 17. November 1933 (1933-11-17) * das ganze Dokument *	1-5	INV. F04B35/00
A,D	CN 103 062 011 A (SHANGHAI SUNRISE POWER CO LTD) 24. April 2013 (2013-04-24) * das ganze Dokument *	1-5	
A,D	DE 10 2018 109443 A1 (SERA GMBH [DE]) 24. Oktober 2019 (2019-10-24) * das ganze Dokument *	1-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Februar 2021	Prüfer Lange, Christian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 20 6898

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-02-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 754983 A	17-11-1933	KEINE	

CN 103062011 A	24-04-2013	KEINE	

DE 102018109443 A1	24-10-2019	CA 3097754 A1	24-10-2019
		CN 112005010 A	27-11-2020
		DE 102018109443 A1	24-10-2019
		EP 3781815 A1	24-02-2021
		KR 20210003803 A	12-01-2021
		WO 2019202115 A1	24-10-2019

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 102018109443 A1 **[0003]**
- DE 1025093 A **[0004]**
- CN 103062011 A **[0005]**