

(19)



(11)

EP 3 894 701 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.05.2024 Patentblatt 2024/21

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04B 15/02 ^(2006.01) **F04B 9/10** ^(2006.01)
F04B 9/109 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19821036.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04B 9/109; F04B 15/02; F04B 15/023

(22) Anmeldetag: **03.12.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/083534

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/120234 (18.06.2020 Gazette 2020/25)

(54) **KOLBENPUMPE UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER KOLBENPUMPE**

PISTON PUMP AND METHOD FOR OPERATING A PISTON PUMP

POMPE À PISTON ET PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UNE POMPE À PISTON

(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: **14.12.2018 DE 102018132270**
14.12.2018 DE 102018132309

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.10.2021 Patentblatt 2021/42

(73) Patentinhaber: **Schwing GmbH**
44653 Herne (DE)

(72) Erfinder:
• **LEHMANN, Andreas**
47441 Moers (DE)
• **SCHWING, Friedrich**
45699 Herten (DE)

(74) Vertreter: **Schneiders & Behrendt Bochum**
Rechts- und Patentanwälte
Huestraße 23
44787 Bochum (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 167 635 EP-B1- 0 808 422
DE-A1-102004 009 362 DE-A1-102005 024 174
DE-A1-102015 103 180 US-A- 5 458 470

EP 3 894 701 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 Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Kolbenpumpe mit einem Differentialzylinderantrieb mit mindestens zwei Differentialzylindern zum Antrieb von mindestens zwei in Förderzylindern beweglichen Förderkolben, wobei jeder Förderkolben über einen zugeordneten Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs zum Betrieb der Kolbenpumpe angetrieben ist, mit einer Hydraulikschaltung zur Steuerung bzw. zum Antrieb des Differentialzylinderantriebs durch Beaufschlagung mit Hydraulikfluid.

[0002] Bei der Förderung von beispielsweise Beton werden regelmäßig Kolbenpumpen eingesetzt, die zwei Förderzylinder mit jeweils einem Kolben aufweisen. Die Zylinder beziehen die zu fördernde breiige Masse in einem Saughub beispielsweise aus einem Einfülltrichter und fördern danach die angesaugte breiige Masse in einem Pumphub in eine an die Kolbenpumpe angeschlossene Förderleitung. Dabei werden die Kolben der beiden Zylinder gegenläufig betrieben, um möglichst gleichmäßig breiige Masse in die Förderleitung zu fördern. Die Förderleitung einer solchen Pumpvorrichtung kann eine beachtliche Länge annehmen. Häufig ist sie Teil eines Kranauslegers und dient zur Förderung der breiigen Masse von dem Standort der Pumpvorrichtung zu entlegenen Enden der Baustelle. Die Länge der Förderleitung bringt mit sich, dass bereits kleinste Unterbrechungen des Förderflusses der breiigen Masse aufgrund der Massenträgheit zu erheblichen Schwenkbewegungen der Förderleitung führen. Man ist deshalb seit langem bestrebt, Pumpen und Verfahren zu entwickeln, die eine kontinuierliche Förderung der breiigen Masse erlauben.

[0003] Die US 3,749,525 A offenbart eine Pumpe, die zur Förderung von einem Fördergut unter Druck ausgebildet ist. Hierfür verfügt die Pumpe über jeweils den Förderzylindern zugeordnete Drehschieber, an denen drei Anschlussöffnungen wahlweise freigegeben oder geschlossen werden. Bei den drei Anschlussöffnungen handelt es sich um eine Einlassöffnung, die mit dem Förderzylinder verbunden ist, eine Auslassöffnung, die mit einer Förderleitung verbunden ist, und eine Einfüllöffnung, die mit einem Einfülltrichter verbunden ist. Die Drehschieber weisen mindestens drei Schaltstellungen auf und werden von einem Aktor simultan gegenläufig zueinander geschaltet. Während des gleichzeitigen Verschlusses von Einfüllöffnung und Auslassöffnung durch die beiden Drehschieber wird der kontinuierliche Förderstrom aus den Förderzylindern unterbrochen. Ein hierdurch hervorgerufener Druckabfall wird von einem Ausgleichszylinder ausgeglichen, der eine kontinuierliche Förderung in der Förderleitung auch beim periodischen Richtungswechsel der Förderkolben in den Förderzylindern sicherstellt. Nachteilig an einer solchen Lösung sind zum einen der aufwändige Aufbau mit einem dritten Zylinder und die komplizierte Ansteuerung der drei Zylinder, um eine kontinuierliche Förderung in der Förderleitung aufrechtzuerhalten.

[0004] In der US 3,279,383 A wird eine Pumpe beschrieben mit mindestens zwei Förderzylindern mit darin beweglichen Förderkolben, wobei jedem Förderzylinder jeweils ein Drehschieber zugeordnet ist, der ein Schiebergehäuse und ein darin um eine Drehachse drehbares Ventilglied aufweist, wobei das Schiebergehäuse mindestens drei Anschlussöffnungen aufweist. Bei den drei Anschlussöffnungen handelt es sich um eine Einlassöffnung, die mit dem Förderzylinder verbunden ist, eine Auslassöffnung, die mit einer Förderleitung verbunden ist, und eine Einfüllöffnung, die mit einem Einfülltrichter verbunden ist. Das Ventilglied verschließt oder gibt die Einfüllöffnung oder die Auslassöffnung in zwei Schaltstellungen wahlweise frei.

[0005] Mittels Koordination der Bewegungen der zwei in den Förderzylindern beweglichen Förderkolben soll eine kontinuierliche Förderung von Fördergut in der Förderleitung aufrechterhalten werden. Da über die lediglich zwei Schaltstellungen der Drehschieber keine Vorkomprimierung des Förderguts in den Förderzylindern möglich ist, kommt es bei Öffnung der vollen Förderzylinder vor dem Pumpvorgang zu Unterbrechungen des Förderflusses der breiigen Masse, die aufgrund der Massenträgheit zu erheblichen Schwenkbewegungen der Förderleitung führen.

[0006] Weitere Bestrebungen, eine kontinuierliche Förderung von Fördergut bei einer Zwei-Zylinder-Kolbenpumpe zu erreichen sind in EP 2 387 667 B1 offenbart. Hier sind jedem Förderzylinder ein Einlassschieber und ein Auslassschieber zugeordnet. Die hier beschriebene Lösung hat den Vorteil, dass die Schieber sich unter optimalen Druckbedingungen öffnen und schließen lassen. Eine geeignete Hydraulikschaltung zum Antrieb der Förderkolben in den Förderzylindern wird hier jedoch nicht beschrieben.

[0007] Auch die EP 3 282 124 A1 offenbart eine Lösung für eine kontinuierliche Förderung von Fördergut bei einer Zwei-Zylinder-Kolbenpumpe. Hier ist jedem Förderzylinder ein Einlassschieber zugeordnet, und es ist ein Auslassschieber vorgesehen, der in drei Schaltstellungen geschaltet werden kann, wobei in einer mittleren Stellung eine gleichzeitige Förderung über die beiden Förderkolben in den Förderzylinder möglich ist.

[0008] Die US 5 458 470 A offenbart eine Pumpvorrichtung, die zwei zylindrische Pumpkammern umfasst, die abwechselnd zu pumpendes Material aufnehmen und abgeben, wobei die Aufnahme über Öffnungen einer gemeinsamen Zuführkammer und die Abgabe über eine Abgabelitung erfolgt, die sich zu einer Öffnung der Pumpkammer bewegt, die fördern soll. Das Pumpen erfolgt durch hydraulisch betätigte Pumpkolben in den Pumpkammern, wobei ein Hydraulikkreislauf so ausgelegt ist, dass der Pumpkolben in der Pumpkammer, die das Material aufnimmt, in eine vollgeladene Position gelangt, bevor die abgebende Pumpkammer eine voll entladene Position erreicht.

[0009] Aus DE 10 2015 103 180 A1 ist eine Zweizylinder-Kolbenpumpe bekannt, die eine Umschalteneinrich-

tung aufweist, welche durch Umschaltung des Hydraulikflusses zu Kammern von Differentialzylindern eine kolben- oder stangenseitige Betriebsart der Zweizylinder-Kolbenpumpe einstellt. Die Umschalteneinrichtung ist hier an den Böden der kolbenseitigen Kammern der Differentialzylinder als Brücke bildende Verbindung zwischen den Differentialzylindern angeordnet.

[0010] Die EP 0 167 635 A1 beschreibt einen offenen öldynamischen Kreislauf mit einem automatischen Ablauf für die Steuerung von Betonpumpen mit zwei Pumpzylindern und zwei Zylindern zur Steuerung eines Umlenkventils, durch das die Pumpzylinder abwechselnd mit einer Förderleitung und einem Fülltrichter in Verbindung stehen, sowie Hydraulikventile zur Steuerung der Zylinder. In diesem Kreislauf werden die Hydraulikventile durch Hilfshydraulikventile gesteuert, die als Relais fungieren, die direkt von der Strömung gesteuert werden, die die öldynamischen Zylinder, die die Pumpe betreiben, versorgt, wobei die Hilfshydraulikventile nur dann betätigt werden, wenn die Endposition des Hubs erreicht ist.

[0011] Die DE 10 2004 009 362 A1 betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Dickstoffpumpe, wobei jeder Pumphub eines Kolbens mindestens eine Vorverdichtungsphase, eine erste Gleichlaufphase, eine Pumpphase und eine zweite Gleichlaufphase umfasst.

[0012] Die DE 10 2005 024174 A1 offenbart ein Verfahren zum Steuern einer Pumpvorrichtung zur Förderung breiiger Massen, wobei die Reduzierung eines Sicherheitsdrucks einer Hydraulikpumpe für das Vorkomprimieren, das Umschalten des Schiebersystems, das Hochkomprimieren auf den aktuellen Förderdruck und das Öffnen des Absperrschiebers taktfest zueinander erfolgen können.

[0013] Eine Hydraulikschaltung zur Schaltung eines Differentialzylinderantriebs zum Antrieb der Förderkolben in den Förderzylindern einer Kolbenpumpe wird in EP 0 808 422 B1 vorgeschlagen. Die hier offenbarten Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs treiben die in den Förderzylindern der Kolbenpumpe beweglichen Förderkolben im Pumpbetrieb der Kolbenpumpe an. Hierzu werden die Differentialzylinder von der vorgeschlagenen Hydraulikschaltung mit einem Hydraulikfluidstrom aus einer Haupthydraulikpumpe beaufschlagt. Die Haupthydraulikpumpe sorgt für den Antrieb der Differentialzylinder bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder und beim Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern. Zusätzlich ist in der vorgeschlagenen Hydraulikschaltung eine weitere Hydraulikpumpe vorgesehen, welche die Differentialzylinder bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern mit Hydraulikfluid über die Hydraulikschaltung beaufschlagt. Nachteilig an der hier beschriebenen Lösung ist, dass der Druck der Haupthydraulikpumpe den Druck der Zusatzhydraulikpumpe übertrifft. Auf diese Weise kann keine ausreichende Vorkomprimierung in den Förderzylindern der Kolbenpumpe stattfinden, da der geringere Druck der Zusatzhydraulikpumpe nicht ausreicht, um eine Vorkomprimierung des

Förderguts in den Förderzylindern zu erreichen, die bei Umschaltung in den Pumpvorgang zum Ausstoßen des Förderguts aus dem Förderzylinder ein Zurücksacken von Fördergut aus der Förderleitung, durch die weitere Komprimierung von Fördergut in dem Förderzylinder, und hierdurch hervorgerufene Schwingungen verhindert. Außerdem lassen sich über das vorgeschlagene Zweiwegeventil an den Antriebsleitungen zwischen Haupthydraulikpumpe und den Differentialzylindern des Differentialzylinderantriebs, die Förderkolben der Förderzylinder nur abrupt zum Ausstoßen von angesaugtem Fördergut umschalten. Mit der abrupten Beaufschlagung der Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs durch die Haupthydraulikpumpe werden weitere Schwingungen der Förderleitung hervorgerufen. In einer Ausgestaltung wird zudem vorgeschlagen die Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs über separate Hydraulikpumpen anzutreiben. Hier gestaltet sich jedoch insbesondere die zeitliche Abstimmung bei der Schaltung der Steuerventile und der Antriebsleistung der zwei separaten Hydraulikpumpen als schwierig. Eine kontinuierliche Förderung von Fördergut mit einer Kolbenpumpe ist mit den hier vorgeschlagenen Hydraulikschaltungen für den Differentialzylinderantrieb somit nicht möglich.

[0014] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein verbessertes Verfahren zum Betrieb einer Kolbenpumpe mit einem über eine Hydraulikschaltung angesteuerten Differentialzylinderantrieb anzugeben, das eine einfache, fehlerunanfällige und gleichmäßige, d.h. kontinuierliche Förderung ermöglicht. Außerdem soll eine vereinfachte Kolbenpumpe geschaffen werden, die eine kontinuierliche Förderung von Fördergut mit gegenläufig arbeitenden Förderkolben in den Förderzylindern bietet.

[0015] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Betrieb einer Kolbenpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Verfahren folgende zyklisch durchlaufene Schritte umfasst:

- Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders und gleichzeitiges Ausstoßen von zu förderndem Gut mittels eines zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders,
- Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders und gleichzeitiges Ausstoßen des Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders,
- Ausstoßen des vorkomprimierten Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders und gleichzeitige Ansaugung von zu förderndem Gut mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders, und
- Ausstoßen des Gutes mittels des ersten Förderzy-

linders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders und gleichzeitige Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders. Dieses Verfahren bietet eine einfache, fehlerunanfällige und gleichmäßige, d.h. kontinuierliche Förderung von Fördergut.

[0016] Die Erfindung bezieht sich darauf, dass die Vorkomprimierung in mindestens zwei Phasen aufgeteilt ist, wobei in einer ersten Phase die Hydraulikschaltung die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer ersten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck bewirkt und in einer zweiten, nachfolgenden Phase, die Hydraulikschaltung die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem gegenüber dem ersten Volumenstrom geringeren, zweiten Volumenstrom und einem gegenüber dem ersten Druck höheren, zweiten Druck bewirkt. Dadurch, dass die Vorkomprimierung in mindestens zwei Phasen aufgeteilt ist, wobei in einer ersten Phase die Hydraulikschaltung die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer ersten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck bewirkt und in einer zweiten, nachfolgenden Phase, die Hydraulikschaltung die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem gegenüber dem ersten Volumenstrom geringeren, zweiten Volumenstrom und einem gegenüber dem ersten Druck höheren, zweiten Druck bewirkt, kann eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte kontinuierliche Förderung erreicht werden.

[0017] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Es ist darauf hinzuweisen, dass die in den Ansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale auch in beliebiger und technologisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und somit weitere Ausgestaltungen der Erfindung aufzeigen.

[0018] In der ersten Phase der Vorkomprimierung werden in der Regel große Mengen an Hydraulikfluid benötigt, um das Fördergut in den Förderzylindern vorzukomprimieren. Insbesondere wenn der Füllgrad des Förderzylinders am Ende der Ansaugung gering ist, das bedeutet, der ansaugende Förderzylinder neben Dickstoff auch mit Luft gefüllt ist, reicht die zur Vorkomprimierung vorgesehene Zeitspanne und der verfügbare Hydraulik-

druck oft nicht aus, um die Vorkomprimierung in einer Weise durchzuführen, dass das vorkomprimierte Gut mit dem gleichen Druck, wie das Fördergut im ausstoßenden Förderzylinder beaufschlagt ist. Hierdurch hervorgerufene Druckschwankungen in der Förderleitung verhindern eine kontinuierliche Förderung. An dieser Stelle setzt die Erfindung an, indem in der ersten Phase zur Vorkomprimierung die Hydraulikschaltung die Differentialzylinder mit einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck beaufschlagt. Zu Beginn der Vorkomprimierung ist in der Regel nur die angesaugte Luft im Förderzylinder zu komprimieren. Für die erste Phase der Vorkomprimierung reicht daher ein geringer Hydraulikdruck aus, dafür ist unter Umständen ein längerer Kolbenweg zurückzulegen, das heißt, es ist auch ein größeres Hydraulikfluidvolumen für diese erste Phase der Vorkomprimierung vorzusehen. Wenn die erste Phase der Vorkomprimierung abgeschlossen ist, muss der Druck des Fördergutes in den Förderzylindern noch auf das Druckniveau in der Förderleitung angehoben werden. Hierzu werden in der zweiten Phase der Vorkomprimierung die Differentialzylinder von der Hydraulikschaltung mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit über den zugeordneten Differentialzylinder angetrieben. Dafür wird ein gegenüber dem ersten Volumenstrom geringerer, zweiter Volumenstrom und ein gegenüber dem ersten Druck höherer, zweiter Druck genutzt. Über diese in zwei Phasen aufgeteilte Vorkomprimierung kann letztlich eine kontinuierliche Förderung von Fördergut erreicht werden, bei der ein Zurücksacken von Fördergut in der Förderleitung und damit Schwingungen der Förderleitung wirksam reduziert werden. Hierzu trägt besonders der in der ersten Phase geringere erste Druck bei, mit dem zu Beginn der Vorkomprimierung der zugeordnete Differentialzylinder von der Hydraulikschaltung beaufschlagt wird. Hierdurch kann verhindert werden, dass der Förderkolben in dem Förderzylinder mit einem zu hohen Druck und einer zu hohen Förderkolbengeschwindigkeit auf das zu schnell komprimierte Fördergut trifft. Der Übergang zwischen der ersten Phase der Vorkomprimierung und der zweiten Phase der Vorkomprimierung kann kontinuierlich erfolgen, um Schwingungen der Förderleitung weiter zu reduzieren.

[0019] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, die vorsieht, dass die Hydraulikschaltung mindestens eine Haupthydraulikquelle, insbesondere mindestens eine Haupthydraulikpumpe, zum Antrieb, d.h. zur Beaufschlagung der Differentialzylinder mit Hydraulikfluid aufweist, wobei zur Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem einem Förderzylinder der zugeordnete Differentialzylinder und zum gleichzeitigen Ausstoß des Gutes aus dem anderen Förderzylinders der zugeordnete Differentialzylinder über die Hydraulikschaltung von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, mit Gleichdruck beaufschlagt werden. Dadurch, dass zur Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem einem Förderzylinder der zugeordnete Dif-

ferentialzylinder und zum gleichzeitigen Ausstoß des Gutes aus dem anderen Förderzylinder der zugeordnete Differentialzylinder über die Hydraulikschaltung von der Haupthydraulikpumpe mit Gleichdruck beaufschlagt werden, kann eine Kolbenpumpe zur kontinuierlichen Förderung von Fördergut betrieben werden. Mit der gleichzeitigen Beaufschlagung der Differentialzylinder in Ausstoßrichtung (zur Vorkomprimierung bzw. zum Ausstoßen von Gut) durch einen gleichen von der Haupthydraulikpumpe zur Verfügung gestellten Druck ist die Angleichung der Druckniveaus in den Förderzylindern bei der Vorkomprimierung besonders einfach möglich. Die Beaufschlagung mit Gleichdruck von der gleichen Druckquelle sorgt in der Vorkomprimierung für eine einfache Anpassung der Druckverhältnisse im Förderzylinder an die Druckverhältnisse in der Förderleitung. Mit der Anpassung der Druckverhältnisse kann sehr einfach eine kontinuierliche Förderung von Fördergut durch eine Zweizylinderkolbenpumpe erreicht werden, bei der ein Zurücksacken von Fördergut in der Förderleitung und damit Schwingungen der Förderleitung wirksam verhindert werden.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass nach der Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders über die Hydraulikschaltung ein Ausstoßen des Gutes mittels des ersten und des zweiten Förderzylinders gleichzeitig durch parallelen Antrieb der zugeordneten Differentialzylinder erfolgt, bevor wieder eine Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders über die Hydraulikschaltung folgt. Über den parallelen Antrieb der zugeordneten Differentialzylinder kann ein gleichzeitiges Ausstoßen von Fördergut über beide Förderkolben der Kolbenpumpe erreicht werden. Mit der parallelen Förderung aus beiden Förderzylindern kann ein fließender Übergang bei der Übergabe des von der Kolbenpumpe erzeugten Förderstroms in der Förderleitung zwischen den beiden Förderzylindern eingerichtet werden.

[0021] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung bezieht sich darauf, dass die Hydraulikschaltung mindestens eine Haupthydraulikquelle, insbesondere eine Haupthydraulikpumpe, zum Antrieb der Differentialzylinder, insbesondere zur Beaufschlagung der Differentialzylinder mit dem Hydraulikfluid, bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder durch die Förderkolben und Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern durch die Förderkolben, und eine Zusatzhydraulikquelle, insbesondere eine Zusatzhydraulikpumpe, zum Antrieb der Differentialzylinder bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern zeitlich zwischen Ansaugung von zu förderndem Gut und Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut aufweist. Um in dieser ersten Phase nicht zu viel Hydraulikfluidvolumen von der Haupthydraulikquelle abzuzweigen und hierdurch Förderdruckschwankungen in der

Förderleitung hervorzurufen, wird die Zuschaltung der Zusatzhydraulikquelle vorgeschlagen. Für diesen Zweck reicht grundsätzlich eine Hydraulikquelle aus, die ein ausreichendes Fördervolumen hat. Der von der Zusatzhydraulikquelle bereitgestellte Öldruck muss dagegen nicht allzu hoch sein, insbesondere muss er nicht den hohen Druck des ausstoßenden Förderzylinders erreichen. In der vorgesehenen Hydraulikschaltung ist für diesen Zweck eine zusätzliche Hydraulikquelle vorgesehen, die zumindest in der ersten Phase der Vorkomprimierung zusammen mit der Haupthydraulikquelle die Differentialzylinder zur Komprimierung des Fördergutes in den Förderzylindern antreibt. Die erste Phase der Vorkomprimierung ist abgeschlossen, wenn die Zusatzhydraulikquelle nicht mehr zur Erhöhung des Druckniveaus im Förderzylinder beiträgt. Den hierfür notwendigen Hydraulikdruck kann die Haupthydraulikquelle zur Verfügung stellen, ohne dass es zu einem Einbruch des Hydraulikdrucks am zugeordneten Differentialzylinder des gleichzeitigen fördernden Förderzylinders kommt, weil die benötigte Ölmenge in dieser zweiten Phase nur noch gering ist. Dadurch, dass in dieser zweiten Phase der Vorkomprimierung nur die Haupthydraulikquelle die Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs zum Antrieb der Förderkolben in den Förderzylindern beaufschlagt, kann das Druckniveau bei der Vorkomprimierung in dem einen Förderzylinder einfach an das Druckniveau des bereits fördernden Förderzylinders und damit an das Druckniveau in der Förderleitung angepasst werden.

[0022] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorkomprimierung in mindestens zwei Phasen aufgeteilt ist, wobei in einer ersten Phase die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, und die Haupthydraulikquelle, insbesondere die Haupthydraulikpumpe, eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem betreffenden Förderzylinder durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders bewirken und in einer zweiten, nachfolgenden Phase nur die Haupthydraulikquelle, insbesondere nur die Haupthydraulikpumpe, die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder durch Antrieb des Differentialzylinders bewirkt. In der ersten Phase der Vorkomprimierung werden in der Regel große Mengen an Hydraulikfluid benötigt, um das Fördergut in den Förderzylindern vorzukomprimieren. Insbesondere wenn der Füllgrad des Förderzylinders am Ende der Ansaugung gering ist, das bedeutet, der ansaugende Förderzylinder neben Dickstoff auch mit Luft gefüllt ist, reicht die zur Vorkomprimierung vorgesehene Zeitspanne und der verfügbare Hydraulikdruck oft nicht aus, um die Vorkomprimierung in einer Weise durchzuführen, dass das vorkomprimierte Gut mit dem gleichen Druck, wie das Fördergut im ausstoßenden Förderzylinder beaufschlagt ist. Hierdurch hervorgerufene Druckschwankungen in der Förderleitung verhindern eine kontinuierliche Förderung. An dieser Stelle setzt die Erfindung an, indem in der ersten Phase zur Vorkomprimierung die Hydraulik-

schaltung die Differentialzylinder durch die Haupthydraulikpumpe und eine Zusatzhydraulikpumpe mit Hydraulikfluid beaufschlagt. Zu Beginn der Vorkomprimierung ist in der Regel nur die angesaugte Luft im Förderzylinder zu komprimieren. Für die erste Phase der Vorkomprimierung reicht daher ein geringer Hydraulikdruck aus, dafür ist unter Umständen ein längerer Kolbenweg zurückzulegen, das heißt, es ist auch ein größeres Hydraulikfluidvolumen für diese erste Phase der Vorkomprimierung vorzusehen. Über diese in zwei Phasen aufgeteilte Vorkomprimierung kann sehr einfach eine kontinuierliche Förderung von Fördergut durch eine Zweizylinderkolbenpumpe erreicht werden, bei der ein Zurücksacken von Fördergut in der Förderleitung und damit Schwingungen der Förderleitung wirksam verhindert werden.

[0023] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung bezieht sich darauf, dass sich durch die Beaufschlagung von Gleichdruck durch die Haupthydraulikquelle, insbesondere durch die Zusatzhydraulikpumpe, zum Ende der zweiten Phase der Vorkomprimierung ein Gleichdruck in den Differentialzylindern einstellt, bevor von der Hydraulikschaltung mit dem Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut aus dem Förderzylinder, der die Vorkomprimierung abgeschlossen hat, begonnen wird. Mit der Einstellung von Gleichdruck zum Ende der zweiten Phase in der Vorkomprimierung können somit Druckverhältnisse in den Förderzylindern erzeugt werden, die ein Nachsacken von Fördergut aus der Förderleitung und damit Schwingungen der Förderleitung zu Beginn des Ausstoßes von vorkomprimiertem Fördergut verhindern.

[0024] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass die Differentialzylinder zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder jeweils zusätzlich von der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe, zum Antrieb der Förderkolben von der Hydraulikschaltung bei der Ansaugung beaufschlagt werden. Mit der Beschleunigung der Ansaugung durch die Zusatzhydraulikquelle bzw. die Zusatzhydraulikpumpe kann der Ansaugvorgang der Förderkolben schneller erfolgen als der Pumpvorgang, so dass die Zeit für die Vorkomprimierung von Fördergut in den Förderzylindern und vorzugsweise auch die Zeit der parallelen Förderung durch beide Förderzylinder ausgeglichen werden kann. Mit der Verwendung der Zusatzhydraulikquelle insbesondere der Zusatzhydraulikpumpe, während der Vorkomprimierung und während der Ansaugung kann die Zusatzhydraulikquelle, bevorzugt eine Hydraulikpumpe, für zwei verschiedene Aufgaben gleichzeitig genutzt werden, sodass hier nur ein Aggregat, bevorzugt eine zusätzliche Pumpe, für die beschleunigte Ansaugung und die verbesserte Vorkomprimierung erforderlich ist.

[0025] Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass die zusätzliche Beaufschlagung der Differentialzylinder zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder von der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe, an stangenseitigen Wirkflächen von Differential-

kolben der Differentialzylinder erfolgt, wobei die Stangenseiten der Differentialkolben über eine Schaukelleitung verbunden sind, die von der Hydraulikschaltung mit der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere mit der Zusatzhydraulikpumpe, zur Beaufschlagung mit Hydraulikfluid verbunden wird. Mit der Beaufschlagung der Differentialzylinder an den stangenseitigen Wirkflächen der Differentialkolben kann sehr einfach eine zusätzliche Beschleunigung bei der Ansaugung durch die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere durch die Zusatzhydraulikpumpe, erreicht werden. Hierzu beaufschlagt die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, vorteilhafterweise die Schaukelleitung, welche die Stangenseiten der Differentialkolben miteinander verbindet.

[0026] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, die vorsieht, dass die Differentialzylinder zum Antrieb der Förderkolben beim Ausstoßen von zu förderndem Gut aus den Förderzylindern von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, an kolbenseitigen Wirkflächen der Differentialkolben durch die Hydraulikschaltung beaufschlagt werden. Bei stangenseitiger Beaufschlagung der Differentialkolben mit Hydraulikfluid zur Beschleunigung der Ansaugung durch die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere durch die Zusatzhydraulikpumpe, ist es von besonderem Vorteil, wenn die Differentialzylinder zum Antrieb der Förderkolben beim Ausstoßen von zu förderndem Gut aus den Förderzylindern an den kolbenseitigen Wirkflächen der Differentialkolben von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, beaufschlagt werden. Mit der beidseitigen Beaufschlagung der Differentialkolben über die Haupthydraulikquelle, insbesondere über die Haupthydraulikpumpe, und die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, welche an der Schaukelleitung zusätzliches Hydraulikfluid einspeist, kann einfach und wirksam die Ansaugung von zu förderndem Gut beschleunigt werden. Neben dem Schaukelfluid aus der Stangenseite des einen Differentialzylinders wird die Stangenseite des anderen Differentialzylinders hierzu mit zusätzlichem Hydraulikfluid von der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe, beaufschlagt. Hierdurch lässt sich auf einfache Weise eine besonders wirksame Beschleunigung des Ansaugvorganges realisieren.

[0027] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, während der ersten Phase der Vorkomprimierung einen höheren Volumenstrom an Hydraulikfluid, aber einen geringeren Druck gegenüber der Haupthydraulikquelle, insbesondere der Haupthydraulikpumpe, über die Hydraulikschaltung zum Antrieb der Differentialzylinder zur Verfügung stellt. Über den höheren Volumenstrom an Hydraulikfluid, den die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, während der ersten Phase der Vorkomprimierung für den Antrieb der Differentialzylinder zur Verfügung stellt, kann eine schnelle Komprimierung des aufgenommenen För-

dergutes in den Förderzylindern auch bei geringem Füllgrad bewirkt werden, ohne dass der Förderdruck in der Förderleitung einbricht.

[0028] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Rückschlagventil in der Hydraulikschaltung schließt, sobald bei der Vorkomprimierung ein Druck ansteht, der höher ist als der von der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe, zur Verfügung gestellte Druck, wobei das Schließen des Rückschlagventils den Übergang von der ersten Phase der Vorkomprimierung zur zweiten Phase der Vorkomprimierung darstellt. Mit dem Schließen des Rückschlagventils in der Hydraulikschaltung kann auf einfache Weise die erste Phase der Vorkomprimierung abgeschlossen werden, indem die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, aufhört, die Differentialzylinder des Differentialzylinderantriebs zur Vorkomprimierung anzutreiben. Sobald bei der Vorkomprimierung ein Druck an dem Rückschlagventil ansteht, der höher ist als der von der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe, zur Verfügung gestellte Druck, schließt das Rückschlagventil und die Vorkomprimierung wird von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, in der zweiten Phase abgeschlossen.

[0029] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform, die vorsieht, dass die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, das Rückschlagventil während der Beaufschlagung der Differentialzylinder in der ersten Phase der Vorkomprimierung aufdrückt. Durch das Aufdrücken des Rückschlagventils in der ersten Phase der Vorkomprimierung kann die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, sehr einfach ihren Beitrag zum Antrieb der Differentialzylinder während der Vorkomprimierung leisten.

[0030] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass Antriebsleitungen zwischen den Differentialzylindern und der Haupthydraulikquelle, insbesondere der Haupthydraulikpumpe, über Proportionalventile regelbar sind, wobei die Proportionalventile zum Ende der zweiten Phase der Vorkomprimierung nach Erreichen des Gleichdruckes in den Differentialzylindern langsam zum Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut aus den Förderzylindern geöffnet werden und langsam nach dem Ausstoßen von zu förderndem Gut aus den Förderzylindern geschlossen werden. Mit dem langsamen Öffnen der Proportionalventile kann ein besonders sanfter Übergang zwischen Vorkomprimierung und Ausstoßen des vorkomprimierten Fördergutes realisiert werden. Auch das langsame Schließen der Proportionalventile stellt sicher, dass ein sanfter Übergang nach Beendigung des Pumpvorgangs in den Ansaugvorgang gewährleistet ist.

[0031] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Differentialzylinder zur Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern durch die Förderkolben von der Hydraulikschaltung durch die Zusatzhydraulikquelle, insbesonde-

re durch die Zusatzhydraulikpumpe, über ein Rückschlagventil der Hydraulikschaltung und gleichzeitig durch die Haupthydraulikquelle, insbesondere durch die Haupthydraulikpumpe, über ein Stromregelventil der Hydraulikschaltung beaufschlagt werden. Mit der Beaufschlagung der Differentialzylinder über das Rückschlagventil kann sichergestellt werden, dass die Zusatzhydraulikquelle, insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe, in der ersten Phase der Vorkomprimierung zusätzliches Hydraulikfluid für die schnelle Kolbenbewegung zur Verfügung stellt. Die Beaufschlagung der Differentialzylinder von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, über das Stromregelventil stellt sicher, dass nur ein definierter Volumenstrom von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, zur Vorkomprimierung genutzt wird. Mit dem über das Stromregelventil begrenzten Volumenstrom lässt sich eine Vorkomprimierung auf das Druckniveau in der Förderleitung realisieren, ohne dass es in der Förderleitung durch die Vorkomprimierung über die Haupthydraulikquelle, insbesondere über die Haupthydraulikpumpe, zu nennenswerten Druckschwankungen kommt. Damit ist auf einfache Weise eine Anhebung des Druckniveaus in den Förderzylindern durch die Vorkomprimierung des Fördergutes auf das Druckniveau in der Förderleitung möglich. Dies verhindert ein Zurücksacken von Fördergut in der Förderleitung wirksam, wodurch Schwingungen der Förderleitung verhindert werden.

[0032] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, die vorsieht, dass während der Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in dem einen Förderzylinder der andere Förderzylinder zum Ausstoßen von zu förderndem Gut über den zugeordneten Differentialzylinder angetrieben wird, wobei dieser Differentialzylinder von der Hydraulikschaltung durch die Haupthydraulikquelle, insbesondere durch die Haupthydraulikpumpe, mit Hydraulikfluid beaufschlagt wird, wobei die Hydraulikschaltung hierzu den Differentialzylinder von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, über eine vor dem Stromregelventil abzweigende Antriebsleitung mit dem Hydraulikfluid beaufschlagt. Über die vor dem Stromregelventil abzweigende Antriebsleitung kann der zugeordnete Differentialzylinder von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, beim Ausstoßen von Fördergut aus dem Förderzylinder angetrieben werden, ohne dass die Abzweigung von Hydraulikfluid aus der Antriebsleitung zu nennenswerten Förderdruckschwankungen beim Ausstoß des Fördergutes in die Förderleitung führen.

[0033] Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung bezieht sich darauf, dass zum gleichzeitigen Ausstoßen von zu förderndem Gut aus den Förderzylindern die zugeordneten Differentialzylinder parallel über separate Antriebsleitungen von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, unter Umgehung des Stromregelventils von der Hydraulikschaltung mit dem Hydraulikfluid beaufschlagt werden. Mit der Beaufschlagung der zugeordneten Differential-

zylinder über separate Antriebsleitungen kann ein gleichzeitiger Ausstoß von Fördergut aus den Förderzylindern durch gleichzeitigen Antrieb der Differentialzylinder über die Haupthydraulikquelle, insbesondere über die Haupthydraulikpumpe, erreicht werden. Mit der Umgehung des Stromregelventils kann die Antriebsleistung der Haupthydraulikquelle, insbesondere der Haupthydraulikpumpe, von der Hydraulikschaltung einfach zwischen den parallel angetriebenen Differentialzylindern aufgeteilt werden.

[0034] Ferner ist Gegenstand der Erfindung eine Kolbenpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

[0035] Die erfindungsgemäße Ausführung der Kolbenpumpe bezieht sich darauf, dass die Hydraulikschaltung dazu eingerichtet ist in einer ersten Phase eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in einem Förderzylinder mit einer ersten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck zu bewirken und in einer zweiten, nachfolgenden Phase, eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders mit dem Hydraulikfluid bei einem gegenüber dem ersten Volumenstrom geringeren, zweiten Volumenstrom und einem gegenüber dem ersten Druck höheren, zweiten Druck zu bewirken.

[0036] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Kolbenpumpe bezieht sich darauf, dass die Hydraulikschaltung mindestens eine Haupthydraulikquelle, insbesondere eine Haupthydraulikpumpe, zum Antrieb der Differentialzylinder aufweist, wobei die Differentialzylinder zumindest zeitweise gleichzeitig von der einen Haupthydraulikquelle, insbesondere von der einen Haupthydraulikpumpe, zum Antrieb der Förderkolben von der Hydraulikschaltung mit Hydraulikfluid unter Gleichdruck beaufschlagbar sind. Mit der Beaufschlagung der zugeordneten Differentialzylinder durch einen gleichen, von der Haupthydraulikpumpe zur Verfügung gestellten Druck, ist, wie oben erläutert, die Angleichung der Druckniveaus in den Förderzylindern bei der Vorkomprimierung besonders einfach möglich. Die Beaufschlagung mit Gleichdruck von der gleichen Druckquelle sorgt in der Vorkomprimierung für eine einfache Anpassung der Druckverhältnisse im Förderzylinder an die Druckverhältnisse in der Förderleitung. Mit der Anpassung der Druckverhältnisse kann einfach und effektiv eine kontinuierliche Förderung von Fördergut durch die Kolbenpumpe erreicht werden, bei der ein Zurücksacken von Fördergut in der Förderleitung und damit Schwingungen der Förderleitung wirksam verhindert werden.

[0037] Eine besonders bevorzugte Ausführung der Kolbenpumpe bezieht sich darauf, dass die Hydraulikschaltung mindestens aufweist:

- eine Haupthydraulikquelle, insbesondere eine

Haupthydraulikpumpe, zum Antrieb der Differentialzylinder bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder und Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern, und

- eine Zusatzhydraulikquelle, insbesondere eine Zusatzhydraulikpumpe, zum Antrieb der Differentialzylinder bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern vor Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut. Die Erfindung schlägt vor, dass jeder der Differentialzylinder zumindest zeitweise zur Vorkomprimierung in dem zugeordneten Förderzylinder gleichzeitig von der Haupthydraulikquelle, insbesondere von der Haupthydraulikpumpe, und der Zusatzhydraulikquelle, insbesondere der Zusatzhydraulikpumpe, von der Hydraulikschaltung mit dem Hydraulikfluid beaufschlagbar ist.

[0038] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aufgrund der nachfolgenden Beschreibung sowie anhand der Zeichnungen, die Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

Figur 1 erfindungsgemäße Hydraulikschaltung,

Figuren 2 bis 7 Hydraulikschaltung in verschiedenen Schaltstellungen und

Figur 8 Druckbegrenzungsschaltung für Zusatzhydraulikpumpe.

[0039] In der Figur 1 mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist ein Differentialzylinderantrieb 1 mit einer Hydraulikschaltung 4 zum Betrieb einer erfindungsgemäßen Kolbenpumpe dargestellt. Der Differentialzylinderantrieb 1 umfasst mindestens zwei Differentialzylinder 2, 3 zum Antrieb von mindestens zwei in Förderzylindern beweglichen Förderkolben einer Kolbenpumpe. Jeder der Förderkolben wird über einen zugeordneten Differentialzylinder 2, 3 des Differentialzylinderantriebs 1 zum Betrieb der Kolbenpumpe angetrieben. Die Kolbenpumpe umfasst die Hydraulikschaltung 4 zur Schaltung des Differentialzylinderantriebs 1. Die Hydraulikschaltung 4 weist mindestens eine Haupthydraulikquelle 5, die bevorzugt als Haupthydraulikpumpe 5 ausgebildet ist, zum Antrieb der Differentialzylinder 2, 3 bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder durch die Förderkolben auf. Die Haupthydraulikquelle 5 kann, wie in den Figuren angedeutet, als Haupthydraulikpumpe 5 ausgebildet sein. Alternativ kann die Haupthydraulikquelle 5 auch als Hydraulikspeicher ausgebildet sein, der bevorzugt von einer Hydraulikpumpe aufgeladen wird. Das Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern durch die Förderkolben erfolgt ebenfalls durch Antrieb der Differentialzylinder 2, 3 über die Haupthyd-

raulikpumpe 5. Die Hydraulikschaltung 4 verfügt außerdem über eine Zusatzhydraulikquelle 6, die bevorzugt als Zusatzhydraulikpumpe 6 ausgebildet ist, zum Antrieb der Differentialzylinder 2, 3 bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern durch die Förderkolben. Die Zusatzhydraulikquelle 6 kann, wie in den Figuren angedeutet, als Zusatzhydraulikpumpe 6 ausgebildet sein. Alternativ kann die Zusatzhydraulikquelle 6 auch als Hydraulikspeicher ausgebildet sein, der bevorzugt von der Haupthydraulikpumpe 5 und / oder einer anderen Hydraulikpumpe aufgeladen wird. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung lädt eine Hydraulikpumpe die als Hydraulikspeicher ausgebildete Haupthydraulikquelle 5 und die als Hydraulikspeicher ausgebildete Zusatzhydraulikquelle 6 auf. Die Vorkomprimierung erfolgt vorteilhafterweise zeitlich zwischen Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder und dem Ausstoßen von vorkomprimierten Gut aus den Förderzylindern und sorgt für eine kontinuierliche Förderung von Fördergut durch die Kolbenpumpe. Die Zusatzhydraulikpumpe 6 kann auch zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder zusätzlich die Differentialzylinder 2, 3 zum Antrieb der Förderkolben beaufschlagen. Mit Beaufschlagung der Differentialzylinder 2, 3 zur Beschleunigung der Ansaugung kann durch die Zusatzhydraulikpumpe 6 die Ansaugung über die Hydraulikschaltung 4 verkürzt werden. Die gezeigte Hydraulikschaltung 4 verfügt über zwei Proportionalventile 12, 13, über welche sich die Antriebsleitungen 15, 16 zwischen den Differentialzylindern 2, 3 und der Haupthydraulikpumpe 5 regeln lassen. Mit der Verwendung von Proportionalventilen 12, 13 können die Differentialzylinder 2, 3 langsam zum Ausstoßen von vorkomprimierten Fördergut aus den Förderzylindern mit Hydraulikdruck beaufschlagt werden. Hierzu werden die Proportionalventile langsam geöffnet. Nach dem Ausstoßen von zu förderndem Gut aus den Förderzylindern können die Proportionalventile 12, 13 zudem langsam geschlossen werden, um einen sanften Übergang zwischen Ausstoßen und Ansaugung zu erreichen. Um die Vorkomprimierung zu beschleunigen kann die Zusatzhydraulikpumpe 6 über zwei Eilgangventile 17, 18 die Differentialzylinder 2, 3 mit Hydraulikdruck beaufschlagen. Hierbei werden zwei Rückschlagventile 10, 11 jeweils von der Zusatzhydraulikpumpe 6 aufgedrückt. Diese Rückschlagventile 10, 11 der Hydraulikschaltung 4 schließen sobald bei der Vorkomprimierung ein Druck ansteht, der höher ist als der von der Zusatzhydraulikpumpe 6 zur Verfügung gestellte Druck. Außerdem verfügt die Hydraulikschaltung 4 über zwei Rücklaufventile 19, 20, über welche der drucklose Rückfluss von Hydraulikfluid in einen Tank 21 freigegeben oder blockiert werden kann. Neben den Antriebsleitungen 15, 16 mit den Proportionalventilen 12, 13 verfügt die Hydraulikschaltung 4 über eine Abzweigung 22 in der ein Stromregelventil 14 angeordnet ist. Über zwei Schleichgangventile 23, 24 kann der über das Stromregelventil 14 begrenzte Hydraulikfluss der Haupthydraulikpumpe 5 so auf die Dif-

ferentialzylinder 2, 3 des Differentialzylinderantriebs 1 unter Umgehung der Proportionalventile 12, 13 in den Antriebsleitungen 15, 16 beaufschlagt werden. Über ein Schaukelözlauflaufventil 25 kann die Schaukelleitung 9, welche die Stangenseiten der Differentialkolben 7, 8 in den Differentialzylindern 2, 3 verbindet, mit Hydraulikfluid durch die Zusatzhydraulikpumpe 6 beaufschlagt werden. Dieses zusätzliche Schaukelöl kann außerdem über ein Schaukelölablaufventil 26 in Richtung des Tanks 21 abgelassen werden. Die Hydraulikschaltung 4 verfügt zudem vorzugsweise über zwei Druckmesser 26, 27, welche den Druck in den Antriebsleitungen 15, 16 vor den Differentialzylindern 2, 3 des Differentialzylinderantriebs 1 messen. Für den Notbetrieb verfügt die Hydraulikschaltung 4 außerdem über zwei Sensoren 29, 20 bzw. Initiatoren am Anschlag der Differentialkolben 7, 8 in den Differentialzylindern 2, 3. Weiterhin verfügt die Hydraulikschaltung 4 vorzugsweise über ein Wegemesssystem 31, 32 für jeden der beiden Differentialzylinder 2, 3.

[0040] Mit der gezeigten Hydraulikschaltung 4 lässt sich die Kolbenpumpe über den Differentialzylinderantrieb 1 in folgenden zyklisch durchlaufenen Schritten antreiben:

- Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 und gleichzeitiges Ausstoßen von zu förderndem Gut mittels eines zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3,
- Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 und gleichzeitiges Ausstoßen des Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3,
- Ausstoßen des Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 und gleichzeitige Ansaugung von zu förderndem Gut mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3,
- Ausstoßen des Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 und gleichzeitige Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders 2, 3,

um eine kontinuierliche Förderung von Fördergut durch die Kolbenpumpe zu erreichen. Nach der Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 über die Hydraulikschaltung 4 kann zudem ein Ausstoßen des Gutes mittels des ersten und des zweiten Förderzylinders gleichzeitig durch parallelen Antrieb der zugeordneten Differentialzylinder 2, 3 erfolgen, bevor wieder eine Ansaugung von zu förderndem

Gut mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders 2, 3 über die Hydraulikschaltung 4 begonnen wird. Die zum Betrieb der Kolbenpumpe hierzu erforderlichen Ventilstellungen in der Hydraulikschaltung 4 werden anhand der Figuren 2-7 erläutert, welche die Hydraulikschaltung 4 gemäß Figur 1 bei den einzelnen Schritten zeigen.

[0041] Die in Figur 2 gezeigten Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 sorgen für eine Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines ersten Förderzylinders durch Antrieb des linken Differentialzylinders 2 und für ein gleichzeitiges Ausstoßen von zu förderndem Gut mittels eines zweiten Förderzylinders durch Antrieb des rechten Differentialzylinders 3. In den hier gezeigten Schaltstellungen versorgt die Haupthydraulikpumpe 5 den rechten Differentialzylinder 3 an der Kolbenseite mit Hydraulikfluid, um den zugeordneten Förderzylinder der Kolbenpumpe für den Ausstoß von Fördergut aus dem Förderzylinder anzutreiben. Hierzu ist das rechte Proportionalventil 13 in der rechten Antriebsleitung 16 geöffnet und die kolbenseitigen Wirkflächen des rechten Differentialkolbens 8 von der Haupthydraulikpumpe 5 hierdurch beaufschlagt. Über das geöffnete Schaukelözlauflventil 25 wird der linke Differentialkolben 7 von der Zusatzhydraulikpumpe 6 zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Fördergut zusätzlich beaufschlagt. Hierdurch wird der Förderkolben, welcher von dem linken Differentialzylinder 2 angetrieben wird bei der Ansaugung von zu förderndem Gut zusätzlich beschleunigt. Mit der Versorgung der stangenseitigen Kammer in den Differentialzylindern 2, 3 mit zusätzlichem Schaukelöl fährt der Kolben 7 des linken Differentialzylinders 2 bei dem Ansaugvorgang schneller zurück. Über das geöffnete linke Rücklaufventil 19 kann das hierdurch aus der Kolbenseite des Differentialzylinders 2 verdrängte Hydraulikfluid einfach in Richtung Tank 21 abfließen.

[0042] Die Figur 3 zeigt die Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 bei einem nachfolgenden Schritt. Hier wird zur Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des ersten Förderzylinders der linke Differentialzylinder 2 angetrieben, während gleichzeitig der rechte Differentialzylinder 3 zum Ausstoß des Fördergutes mittels des zweiten Förderzylinders weiterhin angetrieben wird. In der hier gezeigten ersten Phase der Vorkomprimierung wird der linke Differentialzylinder 2 von der Zusatzhydraulikpumpe 6 und der Haupthydraulikpumpe 5 angetrieben, d.h. mit Hydraulikfluid beaufschlagt. Der linke Differentialzylinder 2 wird zur Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in dem ersten Förderzylinder von der Hydraulikschaltung 4 durch die Zusatzhydraulikpumpe 6 über ein Rückschlagventil 10 der Hydraulikschaltung 4 und gleichzeitig durch die Haupthydraulikpumpe 5 über ein Stromregelventil 14 der Hydraulikschaltung 4 beaufschlagt. In dieser ersten Phase der Vorkomprimierung stellt die Zusatzhydraulikpumpe 6 über die Hydraulikschaltung 4 einen höheren Volumenstrom an Hydraulikfluid bei einem geringeren Druck ge-

genüber der Haupthydraulikpumpe 5 zum Antrieb des linken Differentialzylinders 2 zur Verfügung. Die Zusatzhydraulikpumpe 6 drückt hierbei das linke Rückschlagventil 10 auf, solange bei der Vorkomprimierung ein Druck ansteht, der niedriger ist als der von der Zusatzhydraulikpumpe 6 zur Verfügung gestellte Druck. Der linke Differentialzylinder 2 wird also bei der Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in dem Förderzylinder von der Hydraulikschaltung 4 durch die Zusatzhydraulikpumpe 6 über das Rückschlagventil 10 beaufschlagt und zugleich durch die Haupthydraulikpumpe 5 über ein Stromregelventil 14 der Hydraulikschaltung 4 mit Hydraulikflüssigkeit angetrieben. Hierzu ist das linke Schleichgangventil 23 geöffnet, während das rechte Schleichgangventil 24 geschlossen ist. Das Öl von der Zusatzhydraulikpumpe 6 überwindet das Rückschlagventil 10 solange der Vorkomprimierungsdruck noch gering ist und der Öldruck der Zusatzhydraulikpumpe 6 an dem Rückschlagventil 10 größer ist als der sich während der Vorkomprimierung aufbauende Druck von der Haupthydraulikpumpe 5 im linken Differentialzylinder 2. Dadurch wird die Vorkomprimierung beschleunigt und die Vorkomprimierung kann abgeschlossen werden, bevor der rechte Differentialzylinder 3 beim Ausstoß von Fördergut aus dem zugeordneten Förderzylinder den Anschlag erreicht. Das Stromregelventil 14 sorgt in dieser Phase dafür, dass nur eine konstante minimale Hydraulikfluidmenge von der Haupthydraulikpumpe 5 für die Vorkomprimierung durch den linken Differentialzylinder 2 genutzt wird. Dadurch sind der Druckeinbruch des Hydraulikfluids und damit der Fördermengeneinbruch für den noch fördernden rechten Zylinder 3 minimal, wenn die Haupthydraulikpumpe 5 gleichzeitig zur Vorkomprimierung beiträgt. Während des Vorkomprimierens könnte auch über einen Regelalgorithmus die Haupthydraulikpumpe 5 nachgeregelt werden. Die für die Vorkomprimierung von der Haupthydraulikpumpe 5 entzogene Menge an Hydraulikfluid kann auch an der Haupthydraulikpumpe 5 nachgeregelt werden. Das Stromregelventil 14 beinhaltet vorzugsweise eine Druckwaage, damit bleibt die Druckdifferenz Δp über das Stromregelventil 14 immer konstant. Deshalb bleibt die über das Stromregelventil 14 fließende Menge immer konstant, unabhängig von der Höhe der Drücke vor und hinter dem Stromregelventil 14. Das in dieser Phase überschüssige Schaukelöl wird über das geöffnete Schaukelölablaufventil 26 zum Tank 21 abgeleitet. Um den Ablauf des überschüssigen Schaukelöls genau dosieren zu können, ist das Schaukelölablaufventil 26 vorzugsweise als Proportionalventil ausgebildet.

[0043] Die Figur 4 zeigt die Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 bei einem nachfolgenden Schritt. Hier wird zur Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des ersten Förderzylinders der linke Differentialzylinder 2 weiterhin angetrieben, während gleichzeitig der rechte Differentialzylinder 3 zum Ausstoß des Fördergutes mittels des zweiten Förderzylinders auch angetrieben wird. In der hier gezeigten zweiten Phase der Vorkomprimierung wird der linke Differential-

zylinder 2 nur von der Haupthydraulikpumpe 5 angetrieben. Das linke Rückschlagventil 10 in der Hydraulikschaltung 4 schließt, da der bei der Vorkomprimierung entstehende Druck höher ist als der von der Zusatzhydraulikpumpe 6 zur Verfügung gestellte Druck. Die Zusatzhydraulikpumpe 6 trägt in dieser Phase nicht mehr zur Vorkomprimierung bei, da deren Hydraulikdruck ohnehin nicht ausreichen würde. Dies stellt den Übergang von der ersten Phase der Vorkomprimierung zur zweiten Phase der Vorkomprimierung dar. Die Haupthydraulikpumpe 5 erhöht jetzt weiter alleine den Druck in der kolbenseitigen Kammer des linken Differentialzylinders 2 während sie auch den rechten pumpenden Differentialzylinder 3 weiter versorgt. Während der zweiten Phase der Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem einen Förderzylinder wird der linke Differentialzylinder 2 und zum gleichzeitigen Ausstoß des Gutes aus dem anderen Förderzylinders der rechten Differentialzylinder 3 über die Hydraulikschaltung 4 von der Haupthydraulikpumpe 5 mit Gleichdruck beaufschlagt. Zum Ende dieser zweiten Phase der Vorkomprimierung stellt sich hierdurch ein Gleichdruck in den beiden Differentialzylindern 2, 3 ein. Über die Druckmessung mit den Druckmessern 27, 28 wird zum Ende der Vorkomprimierung dieser Gleichdruck festgestellt, so dass im nächsten Schritt der Übergang in die nächste Phase erfolgen kann. Gleichzeitig erreicht damit auch der Vorkomprimierungsdruck den Förderleitungsdruck des Betons, weshalb ein Auslasschieber am Förderzylinder bei Gleichdruck an seiner Ein- und Auslassseite besser umgeschaltet werden kann. Das in dieser Phase überschüssige Schaukelöl wird über das geöffnete Schaukelölablaufventil 26 zum Tank 21 abgeleitet.

[0044] Die Figur 5 zeigt die Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 bei einem nachfolgenden Schritt. Hier wird das linke Proportionalventil 12 in der linken Antriebsleitung 15 langsam geöffnet, um einen besonders sanften Übergang zwischen Vorkomprimierung und Ausstoßen des vorkomprimierten Fördergutes über den linken Differentialzylinder 2 zu realisieren. Gleichzeitig wird das rechte Proportionalventil 13 in der rechten Antriebsleitung 16 langsam geschlossen, sodass der rechte Differentialzylinder 3 den Pumpvorgang langsam beenden kann. In dieser Phase erfolgt ein Ausstoßen des Gutes mittels des ersten und des zweiten Förderzylinders gleichzeitig durch parallelen Antrieb des rechten 3 und des linken Differentialzylinders 2. Das in dieser Phase überschüssige Schaukelöl wird über das geöffnete Schaukelölablaufventil 26 zum Tank 21 abgeleitet.

[0045] Die Figur 6 zeigt die Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 bei einem nachfolgenden Schritt. Hier ist der rechte Differentialzylinder 3 am Anschlag angekommen ist, was von dem vom Wegmesssystem 32 und alternativ vom Sensor 30 detektiert wird. Das rechte Proportionalventil 13 in der Antriebsleitung 16 des rechten Differentialzylinders 3 schließt jetzt, während das linke Proportionalventil 12 in der Antriebsleitung 15 des linken Differentialzylinders 2 vollständig geöffnet

ist. Ab jetzt übernimmt der linke Differentialzylinder 2 den Pumpvorgang und die Förderung von Fördergut in die Förderleitung alleine und der rechte Differentialzylinder 3 geht in den Antrieb des Ansaugvorgangs für den zugeordneten Förderzylinder über.

[0046] Die Figur 7 zeigt die Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 bei einem nachfolgenden Schritt. Die hier gezeigten Schaltstellungen der Ventile in der Hydraulikschaltung 4 sorgen für ein Ausstoßen von zu förderndem Gut mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des linken Differentialzylinders 2 und für eine gleichzeitige Ansaugung von zu förderndem Gut mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des rechten Differentialzylinders 3. In den hier gezeigten Schaltstellungen versorgt die Haupthydraulikpumpe 5 den linken Differentialzylinder 2 an der Kolbenseite mit Hydraulikfluid, um den zugeordneten Förderzylinder der Kolbenpumpe für den Ausstoß von Fördergut aus dem Förderzylinder anzutreiben. Hierzu ist das linke Proportionalventil 12 in der linken Antriebsleitung 15 geöffnet und die kolbenseitige Wirkfläche des linken Differentialkolbens 7 wird von der Haupthydraulikpumpe 5 beaufschlagt. Über das geöffnete Schaukelölaufventil 25 wird der rechte Differentialkolben 8 von der Zusatzhydraulikpumpe 6 zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Fördergut zusätzlich beaufschlagt. Hierdurch wird der Förderkolben, welcher von dem rechten Differentialzylinder 3 angetrieben wird bei der Ansaugung von zu förderndem Gut zusätzlich beschleunigt. Mit der Versorgung der stangenseitigen Kammer in den Differentialzylindern 2, 3 mit zusätzlichem Schaukelöl fährt der Kolben 8 des rechten Differentialzylinders 3 bei dem Ansaugvorgang schneller zurück. Über das geöffnete rechte Rücklaufventil 20 kann das hierdurch aus der Kolbenseite des Differentialzylinders 3 verdrängte Hydraulikfluid einfach in Richtung Tank 21 abfließen. Nach der Ansaugung von zu förderndem Gut mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des rechten Differentialzylinders 3 erfolgt anschließend analog über die Hydraulikschaltung 4 eine Vorkomprimierung im zweiten Förderzylinder.

[0047] Mit Figur 8 ist eine einfache Druckbegrenzungsschaltung 33 für Zusatzhydraulikpumpe 6 offenbart. Die hier gezeigte Druckbegrenzungsschaltung 33 verfügt über ein Druckbegrenzungsventil 34, dem ein Pilotventil 35 für hohen Druck nachgeschaltet ist. Über eine Umschaltung 36 kann ein Pilotventil 37 für niedrigen Druck genutzt werden, um den Hydraulikdruck der Zusatzhydraulikpumpe 6 zu begrenzen und überschüssiges Hydraulikfluid in Richtung Tank 21 abzuleiten. Die hier gezeigte Druckbegrenzungsschaltung 33 verfügt zudem über einen Hydraulikspeicher 38 dem eine Druckbegrenzung 39 nachgeschaltet ist.

Bezugszeichenliste

[0048]

1	Differentialzylinderantrieb	
2	Differentialzylinder L	
3	Differentialzylinder R	
4	Hydraulikschaltung	
5	Haupthydraulikpumpe (A), Haupthydraulikquelle	5
6	Zusatzhydraulikpumpe (B), Zusatzhydraulikquelle	
7	Differentialkolben L	
8	Differentialkolben R	
9	Schaukelleitung	
10	Rückschlagventil L (m)	10
11	Rückschlagventil R (n)	
12	Proportionalventil L (a)	
13	Proportionalventil R (b)	
14	Stromregelventil (l)	
15	Antriebsleitung L	15
16	Antriebsleitung R	
17	Eilgangventil L (c)	
18	Eilgangventil R (d)	
19	Rücklaufventil L (e)	
20	Rücklaufventil R (f)	20
21	Tank	
22	Abzweigung	
23	Schleichgangventil L (g)	
24	Schleichgangventil R (h)	
25	Schaukelölaufventil (i)	25
26	Schaukelölablaufventil (k)	
27	Druckmesser L (o)	
28	Druckmesser R (p)	
29	Sensor L (q)	
30	Sensor R (r)	30
31	Wegemesssystem L (s)	
32	Wegemesssystem R (t)	
33	Druckbegrenzungsschaltung	
34	Druckbegrenzungsventil	
35	Pilotventil (hoher Druck)	35
36	Umschaltung	
37	Pilotventil (niedriger Druck)	
38	Hydraulikspeicher	
39	Druckbegrenzung	40

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Kolbenpumpe mit einem Differentialzylinderantrieb (1) mit mindestens zwei Differentialzylindern (2, 3) zum Antrieb von mindestens zwei in Förderzylindern beweglichen Förderkolben, wobei jeder Förderkolben über einen zugeordneten Differentialzylinder (2, 3) des Differentialzylinderantriebs (1) angetrieben ist, mit einer Hydraulikschaltung (4) zur Steuerung des Differentialzylinderantriebs (1) und/oder zum Antrieb des Differentialzylinderantriebs (1) durch Beaufschlagung mit Hydraulikfluid, umfassend folgende zyklisch durchlaufene Schritte:
 - 45
 - 50
 - 55

- Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines ersten Förderzylinders durch Antrieb des

zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) und gleichzeitiges Ausstoßen von zu förderndem Gut mittels eines zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3),

- Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) und gleichzeitiges Ausstoßen des Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3),

- Ausstoßen des Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) und gleichzeitige Ansaugung von zu förderndem Gut mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3),

- Ausstoßen des Gutes mittels des ersten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) und gleichzeitige Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels des zweiten Förderzylinders durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Vorkomprimierung in mindestens zwei Phasen aufgeteilt ist, wobei in einer ersten Phase die Hydraulikschaltung (4) die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer ersten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) mit dem Hydraulikfluid bei einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck bewirkt und in einer zweiten, nachfolgenden Phase, die Hydraulikschaltung (4) die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) mit dem Hydraulikfluid bei einem gegenüber dem ersten Volumenstrom geringeren, zweiten Volumenstrom und einem gegenüber dem ersten Druck höheren, zweiten Druck bewirkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydraulikschaltung (4) mindestens eine Haupthydraulikquelle (5), insbesondere mindestens eine Haupthydraulikpumpe (5), zum Antrieb, d.h. zur Beaufschlagung der Differentialzylinder (2, 3) mit Hydraulikfluid aufweist, wobei zur Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem einen Förderzylinder der zugeordnete Differentialzylinder (2, 4) und zum gleichzeitigen Ausstoß des Gutes aus dem anderen Förderzylinders der zugeordnete Differentialzylinder (2, 3) über die Hydraulikschaltung (4) von der Haupthydraulikquelle (5), insbesondere von der Haupthydraulikpumpe (5), mit Gleichdruck beaufschlagt werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Vorkomprimierung des angesaugten Gutes mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) über die Hydraulikschaltung (4) ein Ausstoßen des Gutes mittels des ersten und des zweiten Förderzylinders gleichzeitig durch parallelen Antrieb der zugeordneten Differentialzylinder (2, 3) erfolgt, bevor wieder eine Ansaugung von zu förderndem Gut mittels eines Förderzylinders durch Antrieb des jeweils zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) über die Hydraulikschaltung (4) folgt. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydraulikschaltung (4) mindestens eine Haupthydraulikquelle (5), insbesondere eine Haupthydraulikpumpe (5), zum Antrieb der Differentialzylinder (2, 3), insbesondere zur Beaufschlagung der Differentialzylinder (2, 3) mit dem Hydraulikfluid, bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder durch die Förderkolben und Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern durch die Förderkolben, und eine Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere eine Zusatzhydraulikpumpe (6), zum Antrieb der Differentialzylinder (2, 3) bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern zeitlich zwischen Ansaugung von zu förderndem Gut und Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut aufweist. 10 15 20 25 30
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorkomprimierung in mindestens zwei Phasen aufgeteilt ist, wobei in einer ersten Phase die Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe (6), und die Haupthydraulikquelle (5), insbesondere die Haupthydraulikpumpe (5), eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem betreffenden Förderzylinder durch Antrieb des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) bewirken und in einer zweiten, nachfolgenden Phase nur die Haupthydraulikquelle (5), insbesondere nur die Haupthydraulikpumpe (5), die Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder durch Antrieb des Differentialzylinders (2, 3) bewirkt. 35 40 45
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich durch die Beaufschlagung mit Gleichdruck durch die Haupthydraulikquelle (5), insbesondere durch die Haupthydraulikpumpe (5), zum Ende der zweiten Phase der Vorkomprimierung ein Gleichdruck in den Differentialzylindern (2, 3) einstellt, bevor mit dem Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut aus dem Förderzylinder, der die Vorkomprimierung abgeschlossen hat, begonnen wird. 50 55
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Differentialzylinder (2, 3) zur Beschleunigung der Ansaugung von zu förderndem Gut zusätzlich von der Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe (6), zum Antrieb der Förderkolben über die Hydraulikschaltung (4) bei der Ansaugung beaufschlagt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rückschlagventil (10, 11) in der Hydraulikschaltung (4) schließt, sobald bei der Vorkomprimierung ein Druck des Hydraulikfluids ansteht, der höher ist als der von der Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere von der Zusatzhydraulikpumpe (6), zur Verfügung gestellte Druck, wobei das Schließen des Rückschlagventils (10, 11) den Übergang von der ersten Phase der Vorkomprimierung zur zweiten Phase der Vorkomprimierung darstellt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere die Zusatzhydraulikpumpe (6), das Rückschlagventil (10, 11) während der Beaufschlagung der Differentialzylinder (2, 3) in der ersten Phase der Vorkomprimierung aufdrückt.
10. Kolbenpumpe mit einem Differentialzylinderantrieb (1) mit mindestens zwei Differentialzylindern (2, 3) zum Antrieb von mindestens zwei in Förderzylindern beweglichen Förderkolben der Kolbenpumpe, wobei jeder Förderkolben über einen zugeordneten Differentialzylinder (2, 3) des Differentialzylinderantriebs (1) zum Betrieb der Kolbenpumpe angetrieben ist, mit einer Hydraulikschaltung (4) zur Steuerung des Differentialzylinderantriebs und/oder zum Antrieb des Differentialzylinderantriebs (1) durch Beaufschlagung mit Hydraulikfluid, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydraulikschaltung (4) dazu eingerichtet ist in einer ersten Phase eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in einem Förderzylinder mit einer ersten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) mit dem Hydraulikfluid bei einem ersten Volumenstrom und einem ersten Druck zu bewirken und in einer zweiten, nachfolgenden Phase, eine Vorkomprimierung des angesaugten Gutes in dem Förderzylinder mit einer gegenüber der ersten Förderkolbengeschwindigkeit geringeren, zweiten Förderkolbengeschwindigkeit durch Beaufschlagung des zugeordneten Differentialzylinders (2, 3) mit dem Hydraulikfluid bei einem gegenüber dem ersten Volumenstrom geringeren, zweiten Volumenstrom und einem gegenüber dem ersten Druck höheren, zweiten Druck zu bewirken.
11. Kolbenpumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydraulikschaltung (4) mindestens

tens eine Haupthydraulikquelle (5), insbesondere eine Haupthydraulikpumpe (5), zum Antrieb der Differentialzylinder (2, 3) aufweist, wobei die Differentialzylinder (2, 3) zumindest zeitweise gleichzeitig von der einen Haupthydraulikquelle (5), insbesondere von der einen Haupthydraulikpumpe (5), zum Antrieb der Förderkolben von der Hydraulikschaltung (4) mit Hydraulikfluid unter Gleichdruck beaufschlagbar sind.

12. Kolbenpumpe nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydraulikschaltung (4) mindestens aufweist:

- eine Haupthydraulikquelle (5), insbesondere eine Haupthydraulikpumpe (5), zum Antrieb der Differentialzylinder (2, 3) bei Ansaugung von zu förderndem Gut in die Förderzylinder und Ausstoßen von angesaugtem Gut aus den Förderzylindern, und
- eine Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere eine Zusatzhydraulikpumpe (6), zum Antrieb der Differentialzylinder (2, 3) bei einer Vorkomprimierung von zu förderndem Gut in den Förderzylindern vor Ausstoßen von vorkomprimiertem Gut,

wobei jeder der Differentialzylinder (2, 3) zumindest zeitweise zur Vorkomprimierung in dem zugeordneten Förderzylinder gleichzeitig von der Haupthydraulikquelle (5), insbesondere der Haupthydraulikpumpe (5), und der Zusatzhydraulikquelle (6), insbesondere der Zusatzhydraulikpumpe (6), von der Hydraulikschaltung (4) mit dem Hydraulikfluid beaufschlagbar ist.

13. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenpumpe zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 eingerichtet ist.

Claims

1. Method for operating a piston pump with a differential cylinder drive (1) with at least two differential cylinders (2, 3) for driving at least two conveying pistons movable in conveying cylinders, wherein each conveying piston is driven via an associated differential cylinder (2, 3) of the differential cylinder drive (1), with a hydraulic circuit (4) for controlling the differential cylinder drive (1) and / or for driving the differential cylinder drive (1) by applying hydraulic fluid, comprising the following cycling steps:

- suctioning of goods to be conveyed using a first conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3) and simultaneously

ejecting the material to be conveyed by means of a second conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3),
 - pre-compression of the suctioned material by means of the first conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3) and simultaneous ejection of the material by means of the second conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3),
 - ejecting the material by means of the first conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3) and simultaneously suctioning of material to be conveyed by means of the second conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3),
 - ejecting the material by means of the first conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3) and simultaneous pre-compression of the suctioned material by means of the second conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3),

characterized in that

the pre-compression is divided into at least two phases, wherein in a first phase the hydraulic switch (4) effects the pre-compression of the suctioned-in material in the conveying cylinder (2, 3) with the hydraulic fluid in a first mass flow and a first pressure and in a second, subsequent phase, the hydraulic switch (4) effects the pre-compression of the suctioned-in material in the conveying cylinder with a second conveying cylinder speed reduced relative to the first conveying cylinder speed by applying the associated differential cylinder (2, 3) with the hydraulic fluid in a second volume flow rate reduced relative to the first volume flow rate, and a second pressure higher with respect to the first pressure.

2. Method according to claim 1, **characterized in that** the hydraulic circuit (4) comprises at least one main hydraulic source (5), in particular at least one main hydraulic pump (5), for driving, i.e. for application of the differential cylinders (2, 3) with hydraulic fluid, wherein for pre-compression of the suctioned material in the one conveying cylinder, the associated differential cylinder (2, 4) and for simultaneous ejection of the material from the other conveying cylinder, the associated differential cylinder (2, 3) are applied with a constant pressure from the main hydraulic source (5), in particular by the main hydraulic pump (5), via the hydraulic circuit (4).
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** after the pre-compression of the suctioned-in material by means of a conveying cylinder by driving the respectively associated differential cylinder (2, 3) via the hydraulic circuit (4) the material is ejected by means of the first and second

conveyor cylinders simultaneously by parallelly driving the associated differential cylinders (2, 3), before the material to be conveyed is suctioned-in again by means of a conveying cylinder by driving of the respectively associated differential cylinder (2, 3) via the hydraulic circuit (4).

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hydraulic circuit (4) has at least one main hydraulic source (5), in particular a main hydraulic pump (5), for driving the differential cylinders (2, 3), in particular for applying the differential cylinders (2, 3) with the hydraulic fluid, when material to be conveyed is suctioned into the conveying cylinders by the conveying pistons and the suctioned-in material is ejected from the conveying cylinders by the conveying pistons, and an auxiliary hydraulic source (6), in particular an auxiliary hydraulic pump (6), for driving the differential cylinders (2, 3) when the material to be conveyed is pre-compressed in the conveying cylinders, the time between suctioning the material to be conveyed and the ejection of the pre-compressed material occurs.
5. Method according to claim 4, **characterized in that** the pre-compression is divided into at least two phases, wherein in a first phase the auxiliary hydraulic source (6), in particular the auxiliary hydraulic pump (6), and the main hydraulic source (5), in particular the main hydraulic pump (5), a pre-compression of the suctioned-in material in the relevant conveying cylinder by driving the associated differential cylinder (2, 3) and in a second, subsequent phase only the main hydraulic source (5), in particular only the main hydraulic pump (5), cause the pre-compression of the suctioned-in material in the conveying cylinder by driving the differential cylinder (2, 3).
6. Method according to claim 1 or 5, **characterized in that** by applying constant pressure by means of the main hydraulic source (5), in particular by means of the main hydraulic pump (5), a constant pressure is established in the differential cylinders (2, 3) at the end of the second phase of precompression, before starting to eject pre-compressed material from the conveying cylinder that has completed the pre-compression.
7. Method according to one of claims 4 to 6, **characterized in that** the differential cylinders (2, 3) for accelerating the suction of material to be conveyed are additionally applied upon by the additional hydraulic source (6), in particular by the additional hydraulic pump (6), for driving the conveying pistons via the hydraulic circuit (4) during suction.
8. Method according to one of claims 4 to 7, **characterized in that** a check valve (10, 11) in the hydraulic

circuit (4) closes as soon as a pressure of the hydraulic fluid is present during precompression which is higher than that of the additional hydraulic source (6), in particular the pressure provided by the additional hydraulic pump (6), the closing of the check valve (10, 11) representing the transition from the first phase of pre-compression to the second phase of pre-compression.

9. Method according to claim 8, **characterized in that** the auxiliary hydraulic source (6), in particular the auxiliary hydraulic pump (6), presses open the check valve (10, 11) during the application of the differential cylinders (2, 3) in the first phase of pre-compression.
10. Piston pump with a differential cylinder drive (1) with at least two differential cylinders (2, 3) for driving at least two conveying pistons of the piston pump that are movable in conveying cylinders, wherein each conveying piston is driven via an associated differential cylinder (2, 3) of the differential cylinder drive (1) for operating the piston pump, with a hydraulic circuit (4) for controlling the differential cylinder drive and/or for driving the differential cylinder drive (1) by applying hydraulic fluid, **characterized in that** the hydraulic circuit (4) is configured to effect a pre-compression of the suctioned material in one conveying cylinder with a first conveying cylinder speed by application of the associated differential cylinder (2,3) with the hydraulic fluid at a first volume flow and a first pressure and in a second, subsequent phase, to effect a precompression of the suctioned material in the conveying cylinder with a second conveying cylinder speed reduced with respect to the first conveying cylinder speed by applying the associated differential cylinder (2, 3) with the hydraulic fluid with a second volume flow reduced compared to the first volume flow and a second pressure higher compared to the first pressure.
11. Method according to claim 10, **characterized in that** the hydraulic circuit (4) has at least one main hydraulic source (5), in particular a main hydraulic pump (5), for driving the differential cylinders (2, 3), wherein the differential cylinders (2, 3) can be applied with hydraulic fluid by the hydraulic circuit (4) from the one main hydraulic source (5) in particular from the one main hydraulic pump (5) under constant pressure for driving the conveying pistons.
12. Method according to claim 10 or 11, **characterized in that** the hydraulic circuit (4) at least comprises:
 - a main hydraulic source (5), in particular a main hydraulic pump (5), for driving the differential cylinders (2, 3) when the material to be conveyed is suctioned into the conveyor cylinders and for

ejecting the suctioned-in material from the conveyor cylinders, and
 - an additional hydraulic source (6), in particular an additional hydraulic pump (6), for driving the differential cylinders (2, 3) when the material to be conveyed is pre-compressed in the conveying cylinders before the pre-compressed material is ejected, and

wherein each of the differential cylinders (2, 3) can at least temporarily be applied with the hydraulic fluid by the hydraulic circuit (4) for pre-compression in the associated conveying cylinder, simultaneously by the main hydraulic source (5), in particular the main hydraulic pump (5) and the auxiliary hydraulic source (6), in particular the auxiliary hydraulic pump (6).

13. Piston pump according to one of claims 10 to 12, **characterized in that** the piston pump is set up to perform the method according to one of claims 1 to 9.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une pompe à piston dotée d'un entraînement à cylindres différentiels (1) comportant au moins deux cylindres différentiels (2, 3) destinés à l'entraînement d'au moins deux pistons de refoulement mobiles dans des cylindres de refoulement, chaque piston de refoulement étant entraîné par le biais d'un cylindre différentiel (2, 3) associé de l'entraînement à cylindres différentiels (1), comportant un circuit hydraulique (4) destiné à la commande de l'entraînement à cylindres différentiels (1) et/ou à l'entraînement de l'entraînement à cylindres différentiels (1) sous l'action de fluide hydraulique, comprenant les étapes suivantes effectuées de manière cyclique :

- aspiration de matière à refouler au moyen d'un premier cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé et expulsion simultanée de matière à refouler au moyen d'un second cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé,
- pré-compression de la matière aspirée au moyen du premier cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé et expulsion simultanée de la matière au moyen du second cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé,
- expulsion de la matière au moyen du premier cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé et aspiration simultanée de matière à refouler au moyen du second cylindre de refoulement par l'entraîne-

ment du cylindre différentiel (2, 3) associé,
 - expulsion de la matière au moyen du premier cylindre de refoulement par entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé et pré-compression simultanée de la matière aspirée au moyen du second cylindre de refoulement par entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé,

caractérisé en ce que

la pré-compression est divisée en au moins deux phases, le circuit hydraulique (4) effectuant, dans une première phase, la pré-compression de la matière aspirée dans le cylindre de refoulement, avec une première vitesse de piston de refoulement, par l'alimentation du cylindre différentiel (2, 3) associé en fluide hydraulique, avec un premier débit volumétrique et une première pression, et le circuit hydraulique (4) effectuant, dans une seconde phase subséquente, la pré-compression de la matière aspirée dans le cylindre de refoulement, avec une seconde vitesse de piston de refoulement inférieure à la première vitesse de piston de refoulement, par l'alimentation du cylindre différentiel (2, 3) associé en fluide hydraulique, avec un second débit volumétrique inférieur au premier débit volumétrique et une seconde pression supérieure à la première pression.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit hydraulique (4) présente au moins une source hydraulique principale (5), en particulier au moins une pompe hydraulique principale (5), destinée à l'entraînement, c'est-à-dire à l'alimentation des cylindres différentiels (2, 3) en fluide hydraulique, la source hydraulique principale (5), en particulier la pompe hydraulique principale (5), alimentant, pour la pré-compression de la matière aspirée dans l'un des cylindres de refoulement, le cylindre différentiel associé (2, 4), et pour l'expulsion simultanée de la matière hors de l'autre cylindre de refoulement, le cylindre différentiel associé (2, 3), en pression constante par le biais du circuit hydraulique (4).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, après la pré-compression de la matière aspirée au moyen d'un cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé respectif par le biais du circuit hydraulique (4), une expulsion de la matière au moyen du premier et du second cylindre de refoulement est effectuée simultanément par l'entraînement parallèle des cylindres différentiels (2, 3) associés, avant que ne suive une nouvelle aspiration de matière à refouler au moyen d'un cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé respectif par le biais du circuit hydraulique (4).
4. Procédé selon l'une des revendications précéden-

- tes, **caractérisé en ce que** le circuit hydraulique (4) présente au moins une source hydraulique principale (5), en particulier une pompe hydraulique principale (5), destinée à l'entraînement des cylindres différentiels (2, 3), en particulier à l'alimentation des cylindres différentiels (2, 3) en fluide hydraulique, lors de l'aspiration de matière à refouler dans les cylindres de refoulement par les pistons de refoulement et de l'expulsion de matière aspirée hors des cylindres de refoulement par les pistons de refoulement, et une source hydraulique additionnelle (6), en particulier une pompe hydraulique additionnelle (6), destinée à l'entraînement des cylindres différentiels (2, 3) lors d'une pré-compression de matière à refouler dans les cylindres de refoulement située dans le temps entre l'aspiration de matière à refouler et l'expulsion de matière pré-comprimée.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la pré-compression est divisée en au moins deux phases, la source hydraulique additionnelle (6), en particulier la pompe hydraulique additionnelle (6), et la source hydraulique principale (5), en particulier la pompe hydraulique principale (5), effectuant, dans une première phase, une pré-compression de la matière aspirée dans le cylindre de refoulement concerné par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3) associé, et seulement la source hydraulique principale (5), en particulier seulement la pompe hydraulique principale (5), effectuant, dans une seconde phase subséquente, la pré-compression de la matière aspirée dans le cylindre de refoulement par l'entraînement du cylindre différentiel (2, 3).
6. Procédé selon la revendication 1 ou 5, **caractérisé en ce que**, par l'alimentation en pression constante par la source hydraulique principale (5), en particulier par la pompe hydraulique principale (5), une pression constante se règle dans les cylindres différentiels (2, 3) à la fin de la seconde phase de pré-compression, avant que ne commence l'expulsion de matière pré-comprimée hors du cylindre de refoulement qui a terminé la pré-compression.
7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que**, pour accélérer l'aspiration de matière à refouler, les cylindres différentiels (2, 3) sont alimentés en plus lors de l'aspiration par la source hydraulique additionnelle (6), en particulier par la pompe hydraulique additionnelle (6), pour l'entraînement des pistons de refoulement par le biais du circuit hydraulique (4).
8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce qu'un** clapet antiretour (10, 11) se ferme dans le circuit hydraulique (4) dès que, lors de la pré-compression, une pression du fluide hydraulique supérieure à la pression fournie par la source hydraulique additionnelle (6), en particulier la pompe hydraulique additionnelle (6), est appliquée, la fermeture du clapet antiretour (10, 11) représentant le passage de la première phase de la pré-compression à la seconde phase de la pré-compression.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la source hydraulique additionnelle (6), en particulier la pompe hydraulique additionnelle (6), ouvre le clapet antiretour (10, 11) en le poussant, pendant l'alimentation des cylindres différentiels (2, 3) dans la première phase de la pré-compression.
10. Pompe à piston dotée d'un entraînement à cylindres différentiels (1) comportant au moins deux cylindres différentiels (2, 3) destinés à l'entraînement d'au moins deux pistons de refoulement de la pompe à piston qui sont mobiles dans des cylindres de refoulement, chaque piston de refoulement étant entraîné par le biais d'un cylindre différentiel (2, 3) associé de l'entraînement à cylindres différentiels (1) pour faire fonctionner la pompe à piston, comportant un circuit hydraulique (4) destiné à la commande de l'entraînement à cylindres différentiels et/ou à l'entraînement de l'entraînement à cylindres différentiels (1) sous l'action de fluide hydraulique, **caractérisé en ce que** le circuit hydraulique (4) est conçu pour, dans une première phase, effectuer une pré-compression de la matière aspirée dans un cylindre de refoulement, avec une première vitesse de piston de refoulement, par l'alimentation du cylindre différentiel (2, 3) associé en fluide hydraulique, avec un premier débit volumétrique et une première pression et, dans une seconde phase subséquente, effectuer une pré-compression de la matière aspirée dans le cylindre de refoulement, avec une seconde vitesse de piston de refoulement inférieure à la première vitesse de piston de refoulement, par l'alimentation du cylindre différentiel (2, 3) associé en fluide hydraulique, avec un second débit volumétrique inférieur au premier débit volumétrique et une seconde pression supérieure à la première pression.
11. Pompe à piston selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le circuit hydraulique (4) présente au moins une source hydraulique principale (5), en particulier une pompe hydraulique principale (5), destinée à l'entraînement des cylindres différentiels (2, 3), les cylindres différentiels (2, 3) pouvant être alimentés en fluide hydraulique à pression constante, au moins par intermittence simultanément, par ladite une source hydraulique principale (5), en particulier la pompe hydraulique principale (5), pour l'entraînement des pistons de refoulement par le biais du circuit hydraulique (4).

12. Pompe à piston selon la revendication 10 ou 11, **caractérisée en ce que** le circuit hydraulique (4) présente au moins :

- une source hydraulique principale (5), en particulier une pompe hydraulique principale (5), destinée à l'entraînement des cylindres différentiels (2, 3) lors de l'aspiration de matière à refouler dans les cylindres de refoulement et l'expulsion de matière aspirée hors des cylindres de refoulement, et 5
- une source hydraulique additionnelle (6), en particulier une pompe hydraulique additionnelle (6), destinée à l'entraînement des cylindres différentiels (2, 3) lors d'une pré-compression de matière à refouler dans les cylindres de refoulement avant l'expulsion de matière pré-comprimée, 10 15

dans laquelle chacun des cylindres différentiels (2, 3) peut être alimenté en fluide hydraulique par le biais du circuit hydraulique (4), au moins par intermittence pour la pré-compression dans le cylindre de refoulement associé, simultanément par la source hydraulique principale (5), en particulier la pompe hydraulique principale (5), et par la source hydraulique additionnelle (6), en particulier la pompe hydraulique additionnelle (6). 20 25

13. Pompe à piston selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisée en ce qu'**elle est conçue pour exécuter le procédé selon l'une des revendications 1 à 9. 30

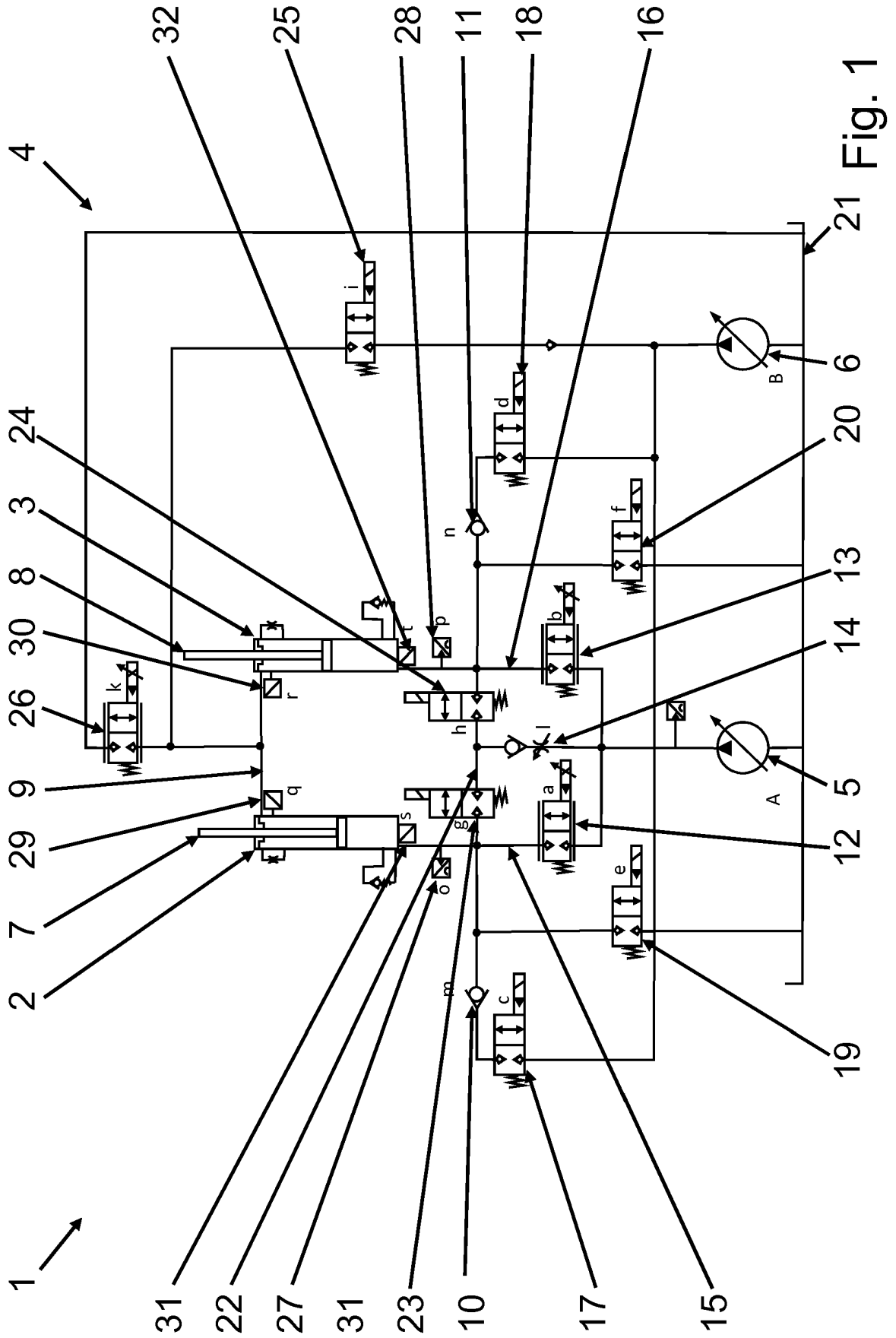
35

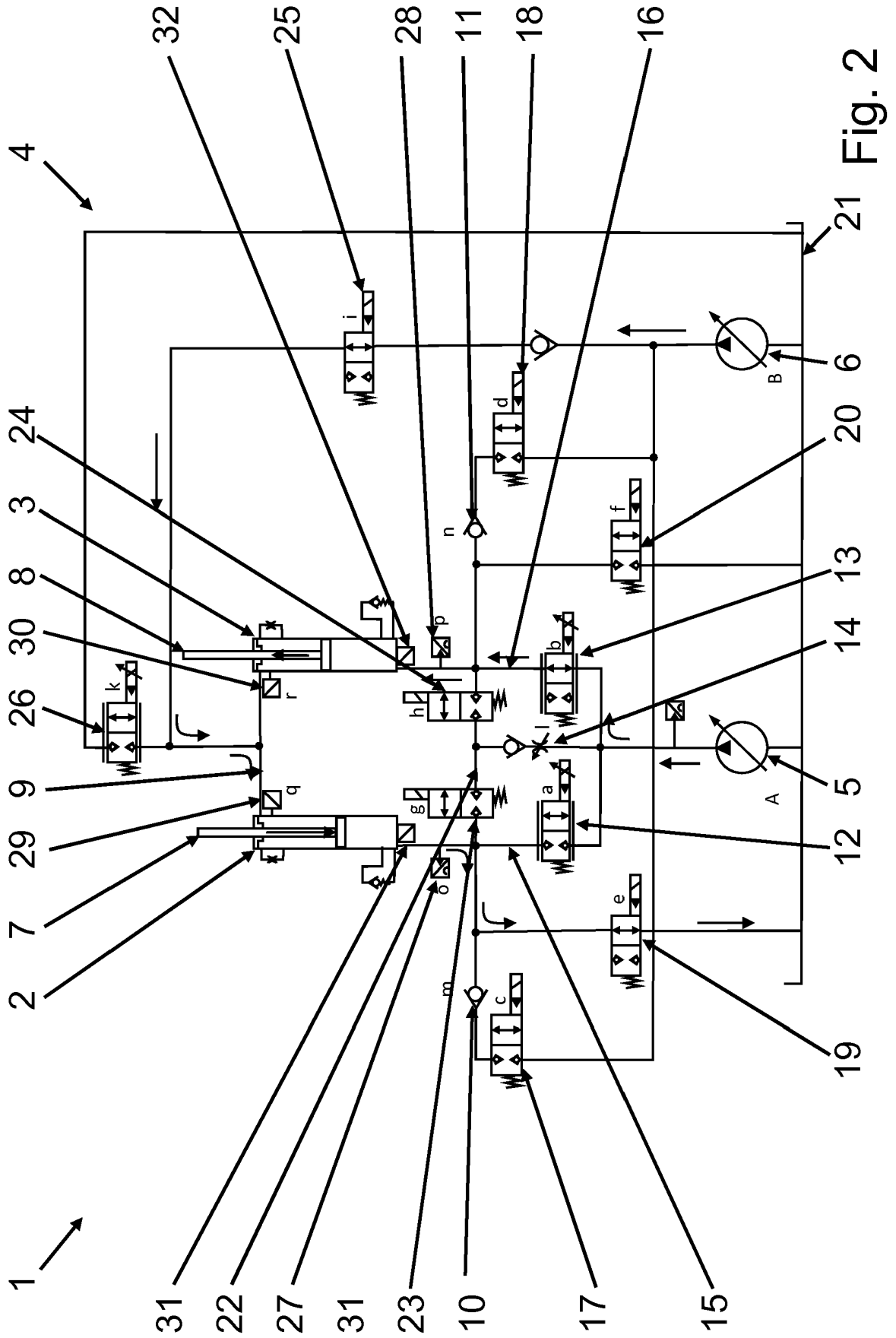
40

45

50

55





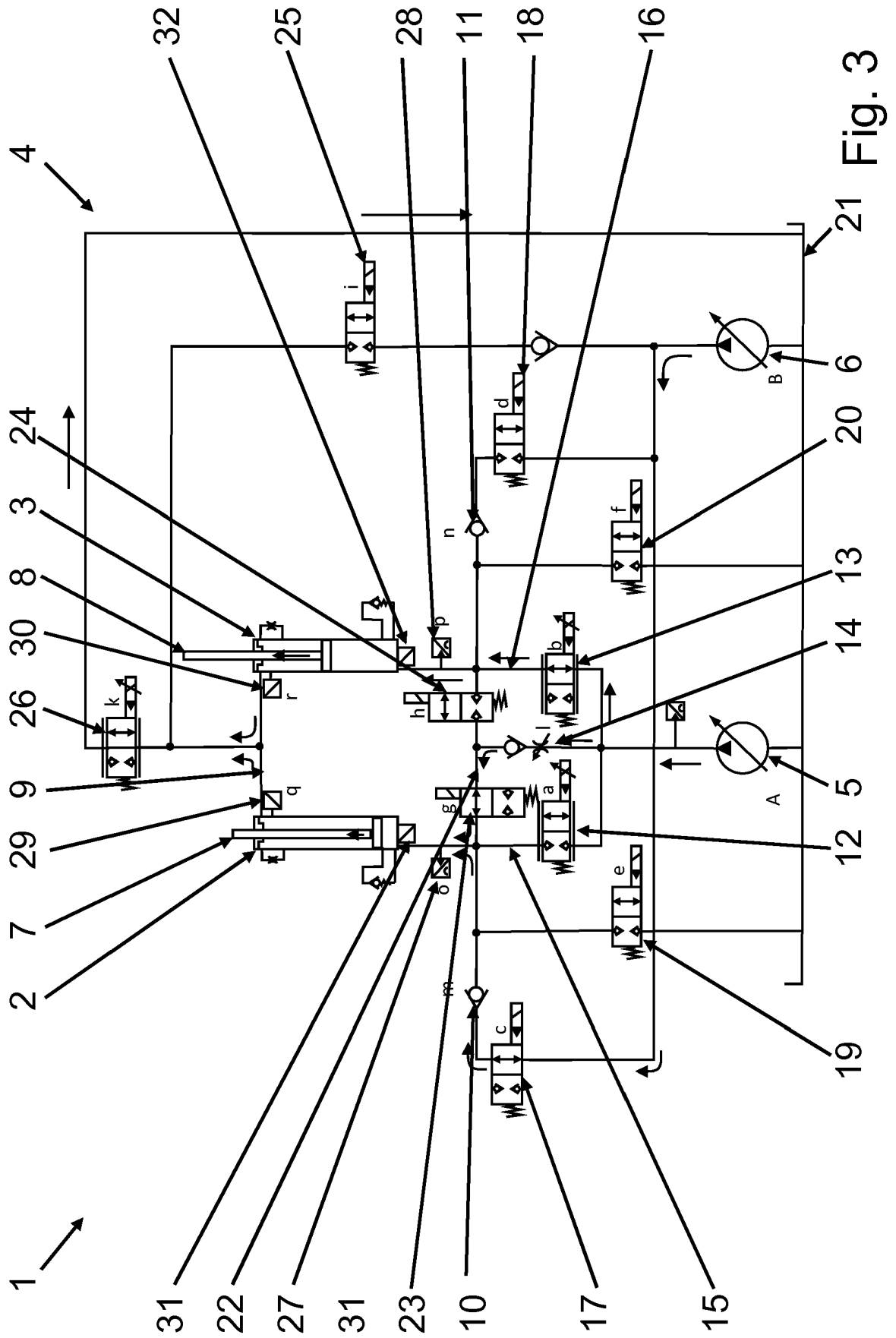
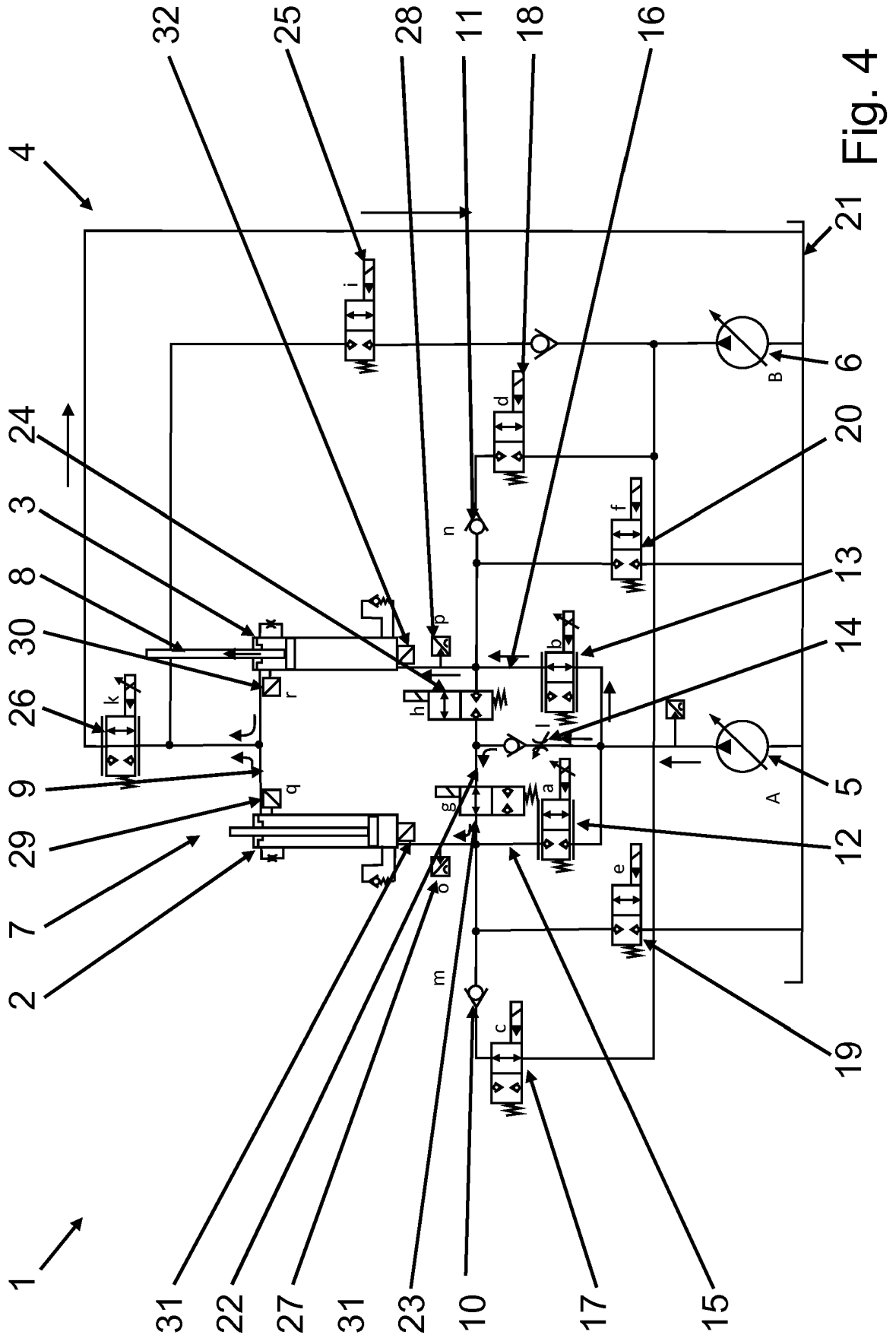
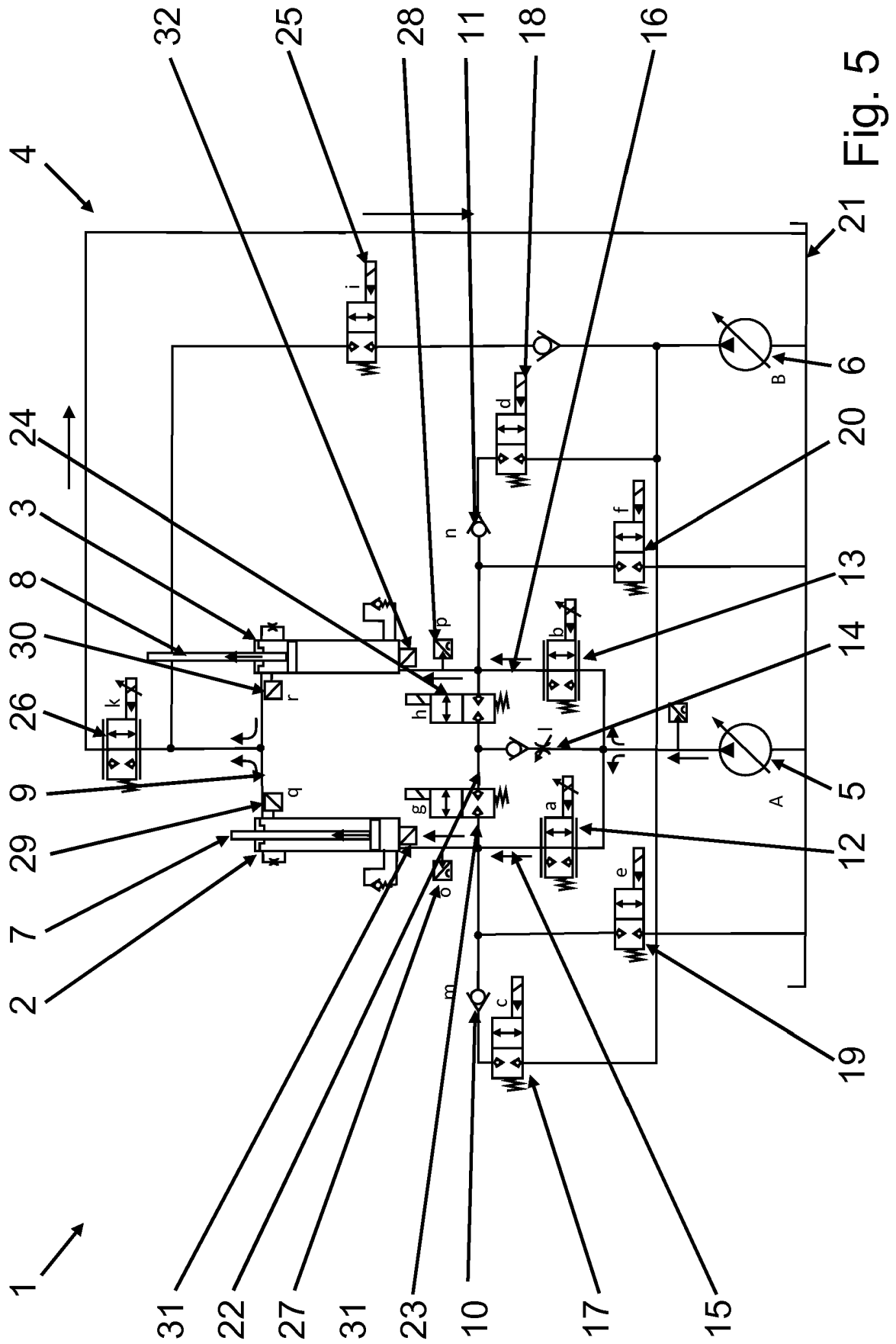


Fig. 3





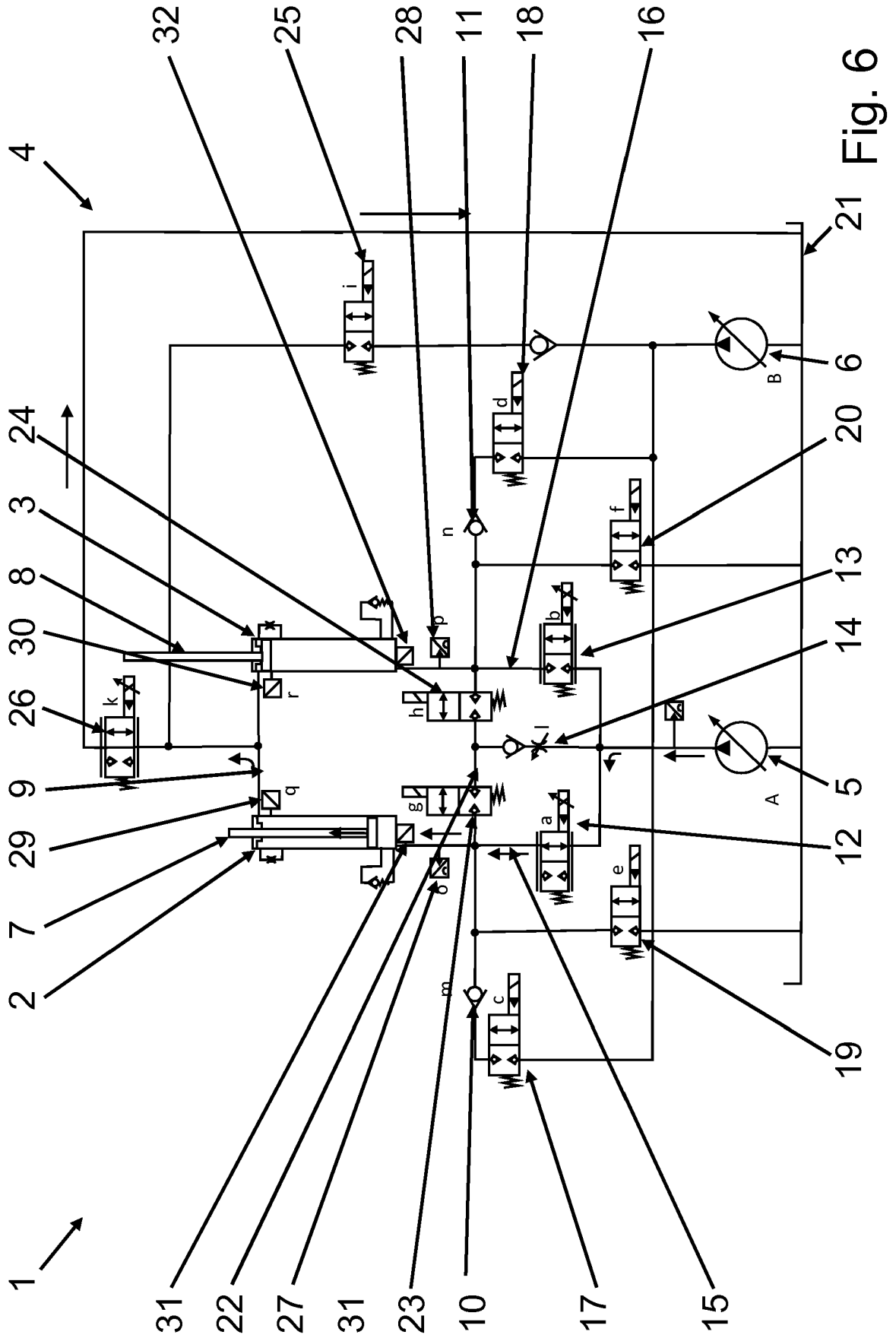
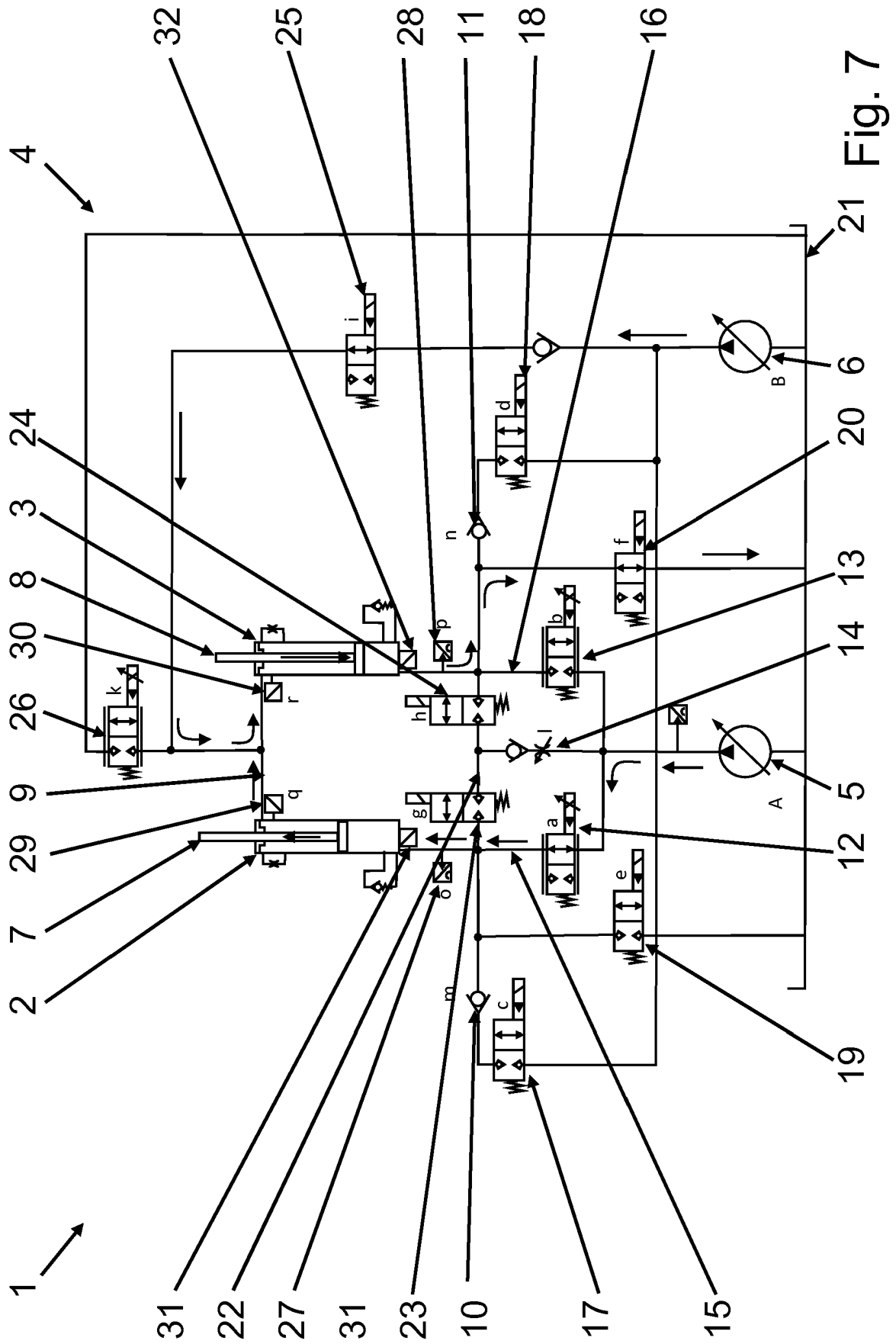


Fig. 6



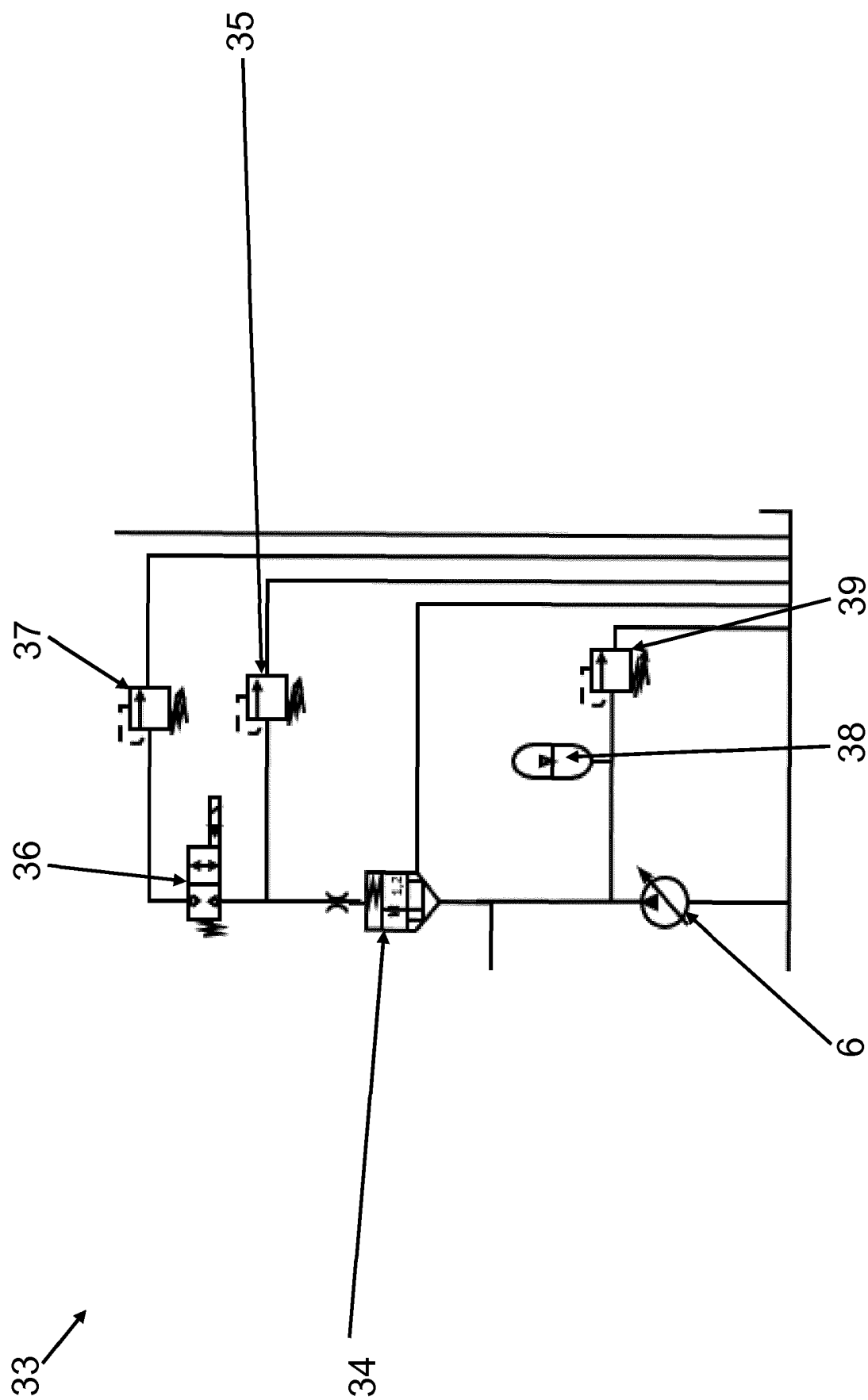


Fig. 8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3749525 A **[0003]**
- US 3279383 A **[0004]**
- EP 2387667 B1 **[0006]**
- EP 3282124 A1 **[0007]**
- US 5458470 A **[0008]**
- DE 102015103180 A1 **[0009]**
- EP 0167635 A1 **[0010]**
- DE 102004009362 A1 **[0011]**
- DE 102005024174 A1 **[0012]**
- EP 0808422 B1 **[0013]**