

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
1. Mai 2014 (01.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/064045 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04C 2/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/071958

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Oktober 2013 (21.10.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 110 228.7
25. Oktober 2012 (25.10.2012) DE

(71) Anmelder: TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DARMSTADT [DE/DE]; Karolinenplatz 5, 64289
Darmstadt (DE).

(72) Erfinder: PELZ, Peter; Lossenweg 28, 64285 Darmstadt
(DE). THURNER, Joachim; Frankensteiner Straße 15,
64297 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: KATSCHER HABERMANN
PATENTANWÄLTE; Dolivostraße 15 A, 64293
Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SCREW PUMP AND METHOD FOR COMPENSATING TRANSVERSE FORCES

(54) Bezeichnung : SCHRAUBENPUMPE UND VERFAHREN ZUR KOMPENSATION VON QUERKRÄFTEN

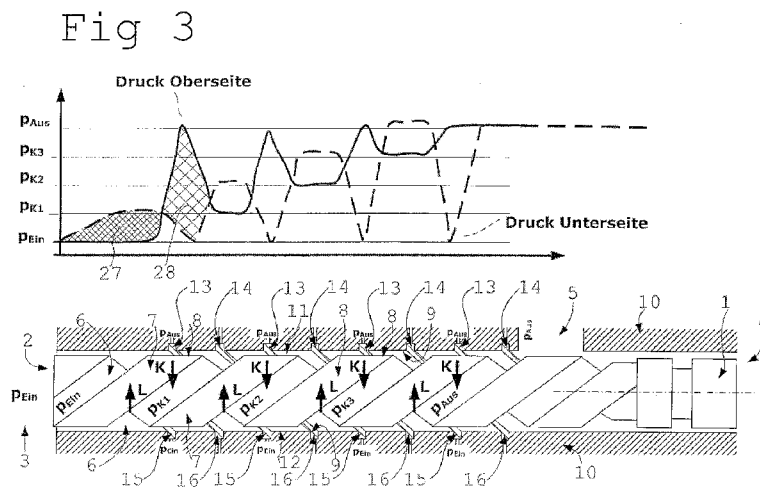


Fig. 3
Druck Oberseite = Pressure, upper side
Druck Unterseite = Pressure, underside

(57) Abstract: The invention relates to a method for compensating transverse forces acting on a spindle rotor (1) of a screw pump that delivers a medium to be delivered from a suction chamber (3) to a pressure chamber (5). A compensation force directed radially relative to the axis of rotation of the spindle rotor (1) acts on a sealing surface (8) of a partition wall (7) of a helical profile of the spindle rotor (1), wherein the compensation force is generated by a pressurized fluid present at the sealing surface (8) of the partition wall (7) of the spindle rotor (1) and the same pressure in absolute value is exerted on a plurality of adjacent sealing surfaces (8) in the longitudinal direction. The invention further relates to a screw pump with at least two spindle rotors (1) rotatably mounted in a delivery housing (10) between a suction chamber (3) and a pressure chamber (5) and engaging with one another to form a chamber, the spindle rotors having a spiral profile with spiral channels (6). The screw pump also has partition walls (7) delimiting the channels (6), wherein the partition walls (7) each have a sealing

surface (8) sliding along an inner wall (9) of the delivery housing (10). In a region of the delivery housing (10) surrounding the spindle rotor (1) having a spiral profile with partition walls (7) and sealing surfaces (8), the screw pump has a plurality of compensation openings (13, 14, 15, 16) for a pressure fluid which are arranged a distance away from one another in the longitudinal direction and are connected to a first reservoir (21) for the pressure fluid in such a manner that the pressure fluid is present at the plurality of compensation openings (15, 16) at a first actuating pressure specified by a pressure in the reservoir (21).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Bei einem Verfahren zur Kompensation von Querkraften, die auf einen Spindelrotor (1) einer Schraubenpumpe wirken, die ein Fördermedium von einem Saugraum (3) zu einem Druckraum (5) fördert, wirkt eine radial zur Drehachse des Spindelrotors (1) gerichtete Kompensationskraft auf eine Dichtfläche (8) einer Trennwand (7) eines schraubenförmigen Profils des Spindelrotors (1) ein, wobei die Kompensationskraft durch ein druckbeaufschlagtes auf die Dichtfläche (8) der Trennwand (7) des Spindelrotors (1) anstehendes Druckfluid erzeugt wird, und auf mehrere in Längsrichtung benachbarte Dichtflächen (8) betragsmäßig derselbe Druck ausgeübt wird. Eine Schraubenpumpe mit mindestens zwei in einem Fördergehäuse (10) zwischen einem Saugraum (3) und einem Druckraum (5) drehbar gelagerten und Kammerbildend ineinander greifenden Spindelrotoren (1) mit einer gewindeförmigen Profilierung mit schraubenförmigen Kanälen (6) und mit die Kanäle (6) begrenzenden Trennwänden (7), wobei die Trennwände (7) jeweils eine an einer Innenwand (9) des Fördergehäuses (10) entlang gleitende Dichtfläche (8) aufweisen, weist in einem den Spindelrotor (1) mit einer gewindeförmigen Profilierung mit Trennwänden (7) und Dichtflächen (8) umgebenden Bereich des Fördergehäuses (10) mehrere in Längsrichtung beabstandet zueinander angeordnete Kompensationsöffnungen (13, 14, 15, 6) für ein Druckfluid auf, die mit einem ersten Reservoir (21) für das Druckfluid verbunden sind, so dass das Druckfluid an den mehreren Kompensationsöffnungen (15, 16) mit einem durch einen Druck in dem Reservoir (21) vorgegebenen ersten Stelldruck ansteht.

- 1 -

Technische Universität Darmstadt

Schraubenpumpe und Verfahren zur Kompensation von

5 Querkräften

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation von Querkräften, die auf einen Spindelrotor einer Schraubenpumpe wirken, der ein Fördermedium von einem
10 Saugraum zu einem Druckraum fördert, wobei eine radial zur Drehachse des Spindelrotors gerichtete Kompensationskraft auf eine Dichtfläche einer Trennwand eines schraubenförmigen Profils des Spindelrotors einwirkt und wobei die Kompensationskraft durch einen Druck beaufschlagt
15 auf die Dichtfläche der Trennwand des Spindelrotors anstehendes Druckfluid erzeugt wird.

Bei einer Schraubenpumpe sind mindestens zwei zwischen einem Saugraum und einem Druckraum drehbar gelagerte und
20 kammerbildend ineinander greifende Spindelrotoren in einem die Spindelrotoren umschließenden Fördergehäuse angeordnet, die bei einer gekoppelten gegenläufigen Drehbewegung ein fließfähiges Fördermedium von dem Saugraum zu dem Druckraum fördern können. Die Spindelrotoren weisen eine
25 gewindeförmige Profilierung mit mindestens einem schraubenförmigen Kanal und mit mindestens einer diesen Kanal begrenzenden, ebenfalls schraubenförmig verlaufenden Trennwand auf, die Trennwand weist eine an einer Innenwand des Fördergehäuses entlang gleitende Dichtfläche auf. Durch
30 die Trennwand wird verhindert, dass bei einer Drehbewegung der Spindelrotoren das in einem Kanalabschnitt befindliche

- 2 -

Fördermedium über die Trennwand hinweg in einen in axialer Richtung benachbarten Kanalabschnitt strömen kann.

Die mindestens zwei ineinander greifenden Spindelrotoren
5 bilden in Umfangsrichtung und wegen des schraubenförmigen
Verlaufs der Kanäle auch in axialer Richtung jeweils
abgeschlossene Kammern, die durch die Trennwände der
mindestens zwei ineinander greifenden Spindelrotoren sowie
durch einen Innenwandbereich des umgebenden Fördergehäuses
10 begrenzt werden.

Während des Betriebs der Schraubenpumpe bleibt das Volumen
der einzelnen Kammern konstant, falls die gewindeförmige
Profilierung eine konstante Steigung und Profilgebung
15 aufweist. Die Schraubenpumpe wird dann als Verdrängerpumpe
betrieben. Während der Drehbewegung wandern die einzelnen
Kammern gleichsam in axialer Richtung von dem Saugraum zu
dem Druckraum und fördern dadurch das in den Kammern
befindliche Fördermedium kontinuierlich von dem Saugraum zu
20 dem Druckraum. Die kontinuierliche Förderung ohne
nennenswerte Pulsationen oder Veränderungen der
Förderleistung stellt eine für den Einsatz der
Schraubenpumpe wichtige Eigenschaft dar.

25 Da die Dichtflächen der Trennwände längs der Spindelrotoren
an der Innenwand des Fördergehäuses entlang gleiten und
keinen vollständig dichten Abschluss der einzelnen Kammern
bilden, tritt in der Praxis regelmäßig ein entgegen der
Förderrichtung gerichteter Leckstrom des Fördermediums
30 statt, der unter anderem dazu führt, dass der auf das
Fördermedium wirkende Druck nicht sprunghaft von dem Druck
des Saugraums auf den Druck des Druckraums angehoben wird,

- 3 -

sondern von Kammer zu Kammer jeweils zunimmt. In den einzelnen Kammern herrscht während des Betriebs der Schraubenpumpe deshalb jeweils ein unterschiedlicher und in Förderrichtung zunehmender Druck. Aufgrund der nicht
5 rotationssymmetrischen, sondern schraubenförmigen Anordnung der einzelnen Kammern führen die in den einzelnen Kammern herrschenden jeweils konstanten Druckverhältnisse zu einer resultierenden Querkraft, die in radialer Richtung auf die Spindelrotoren einwirkt und dazu führt, dass mindestens ein
10 Spindelrotor der Schraubenpumpe aus der vorgegebenen Ausgangslage ausgelenkt wird. Der betreffende Spindelrotor wird während des Betriebs gegen das Fördergehäuse gedrückt, sodass Trennwände des Spindelrotors an die Innenwand des Fördergehäuses angepresst werden und ein nachteiliger
15 Reibschluss entsteht, der die Funktionsweise der Schraubenpumpe beeinträchtigt und einen erheblich erhöhten Verschleiß bewirkt.

Die während des Betriebs auftretenden Querkräfte sind vor
20 allem abhängig von der Viskosität des Fördermediums, von der Drehzahl der Spindelrotoren und von der Druckdifferenz, die zwischen dem Saugraum und dem Druckraum herrscht und deshalb von der Schraubenpumpe überwunden werden muss. Die Querkräfte können in Lastkräfte, die proportional zur
25 Druckdifferenz sind, und Gleitlager-Tragkräfte unterschieden werden, deren maximaler Betrag von Viskosität des Fördermediums und Drehzahl des Spindelrotors abhängig sind.

30 Aus der Praxis ist bekannt, dass experimentell ein Einsatzbereich der Schraubenpumpe ermittelt wird, innerhalb dessen ein weitgehend unproblematischer Betrieb der

- 4 -

Schraubenpumpe gewährleistet werden kann und lediglich geringe Querkräfte auftreten, die den Betrieb nicht übermäßig beeinträchtigen. Dies führt allerdings dazu, dass insbesondere bei niedrigen Drehzahlen und einer geringen

5 Viskosität des Fördermediums die mit der Schraubenpumpe maximal erreichbare Druckdifferenz zwischen dem Saugraum und dem Druckraum stark eingeschränkt bzw. relativ klein im Verhältnis zu anderen Verdrängerpumpen ist.

10 Um die Querkräfte verringern zu können ist es beispielsweise DE 727 434 oder aus US 3,291,061 bekannt, dass benachbarte Dichtflächen oder benachbarte Dichtflächen und Kammern durch Bohrungen oder Verbindungsleitungen miteinander verbunden sind, durch die das Fördermedium

15 fließen und austrittsseitig eine Druckkraft ausüben kann. Auf diese Weise kann ein mit Hilfe des in einer benachbarten Kammer oder Dichtfläche in Förderrichtung bereits angestiegener (oder in entgegengesetzter Richtung verringerter) Druck auf die Dichtfläche eine der Querkraft

20 entgegengesetzte Gegenkraft erzeugt werden. Die auf diese Weise erreichbare Verringerung der auftretenden Querkräfte ist jedoch äußerst gering, weshalb sich derartige Überlegungen und Ansätze zur Kompensation der auftretenden Querkräfte in der Praxis nicht etabliert haben.

25 Es wird deshalb als eine Aufgabe angesehen, ein Verfahren zur Kompensation von Querkräften zu entwickeln, mit dem eine wirkungsvolle Verringerung oder vollständige Kompensation der während des Betriebs auftretenden

30 Querkräfte erreicht werden kann, sodass die Schraubenpumpe in einem großen Druckdifferenzbereich eingesetzt werden

- 5 -

kann, ohne dass eine Beeinträchtigung des Betriebs oder ein übermäßiger Verschleiß auftritt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass auf
5 mehrere benachbarte Dichtflächen betragsmäßig derselbe
Druck ausgeübt wird. Bei einer aus dem Stand der Technik
bekannten Verbindung benachbarter Kammern kann lediglich
ein Differenzdruck zwischen benachbarten Dichtflächen bzw.
Kammern zur Erzeugung der Gegenkraft genutzt werden. In der
10 Praxis kann regelmäßig nur eine unzureichende gegen die
Querkraft gerichtete Gegenkraft erzeugt werden, sodass
keine merkliche Kompensation der Querkraft erreicht werden
kann. Im Gegensatz dazu kann durch die Ausübung einer
betragsmäßig übereinstimmenden und nicht von einer
15 Druckdifferenz zwischen benachbarten Kammern oder
Dichtflächen beschränkten Kompensationskraft auf mehrere
benachbarte Dichtflächen eine vergleichsweise hohe
Gegenkraft und damit eine weitgehende oder sogar
vollständige Kompensation der auftretenden Querkräfte
20 erreicht werden.

Gemäß einer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist
vorgesehen, dass das Druckfluid mit einem ersten Stelldruck
beaufschlagt wird, der entweder mit dem saugraumseitigen
25 Druck oder mit dem druckraumseitigen Druck übereinstimmt.
So ist es beispielsweise denkbar, dass mit Hilfe eines
Sensors der während des Betriebs in dem Saugraum oder in
dem Druckraum herrschende Druck ermittelt und mit demselben
Druck das Druckfluid beaufschlagt wird.

30

Bei einer konstruktiv sehr einfachen Umsetzung des
Erfindungsgedankens steht das Druckfluid, das auf die

- 6 -

Dichtflächen der Trennwandabschnitte einer Rotationsspindel einwirkt, mit dem Saugraum oder mit dem Druckraum in druckgleicher Verbindung, sodass der in dem Saugraum oder in dem Druckraum herrschende Druck automatisch auf das
5 Druckfluid übertragen wird.

Ausgehend von dem Saugraum nimmt der Druck über die einzelnen Kammern der Schraubenpumpe hinweg kontinuierlich, jedoch in axialer Richtung nicht notwendigerweise
10 gleichstufig bis zu dem in dem Druckraum herrschenden Maximaldruck zu. Innerhalb einer Kammer herrschen näherungsweise konstante Druckverhältnisse, während sich der Druck über die Dichtfläche der Trennwand hinweg von Kammer zu Kammer ändert. Die Querkräfte entstehen durch
15 Druckdifferenzen, die aufgrund eines schraubenförmigen Verlaufs der das Fördermedium enthaltenden Kanäle, beziehungsweise Kammern und der von Kammer zu Kammer unterschiedlichen Druckverhältnisse entstehen.

Für alle Kammern, die von dem Saugraum und von dem Druckraum beabstandet sind und mit dem Saugraum oder dem Druckraum nicht in druckgleicher Verbindung stehen, ist der in der betreffenden Kammer sich einstellende Druck größer als der Druck im Saugraum und geringer als der Druck im
25 Druckraum. Durch die Anordnung der jeweiligen Wirkflächen, an denen entweder ein geringerer Stelldruck oder ein höherer Stelldruck auf die Dichtflächen der einzelnen Kammern ausgeübt werden, kann entweder eine radial nach außen gerichtete Kraft oder eine radial nach innen
30 gerichtete Kraft und damit eine resultierende Gegenkraft erzeugt werden, mit der die in den betreffenden Kammer erzeugte Querkraft kompensiert werden kann. Durch eine

- 7 -

Kombination mehrerer mit dem Druckfluid beaufschlagten Druckflächen können bei einer Verwendung des minimalen, in dem Saugraum herrschenden Drucks und des maximalen, in dem Druckraum herrschenden Drucks als jeweiliger Stelldruck
5 hohe Gegenkräfte erzeugt werden.

Gegebenenfalls kann es vorteilhaft sein, wenn beispielsweise bei einer kleinen zur Verfügung stehenden Druckfläche, über die der Stelldruck des Druckfluids auf
10 die Dichtflächen einwirken kann, das Druckfluid mit einem ersten Stelldruck, der geringer als der saugraumseitig anstehende Druck ist, oder mit einem zweiten Stelldruck, der höher als der druckraumseitig anstehende Druck ist, beaufschlagt wird. Der erste Stelldruck und der zweite
15 Stelldruck können beispielsweise mit Hilfe von geeigneten Druckpumpen nahezu beliebig hoch, beziehungsweise gering vorgegeben werden, um eine sehr große Gegenkraft auf die Dichtflächen und damit auf die Rotationsspindel ausüben zu können. Mit zunehmender Druckdifferenz zwischen dem
20 Druckfluid und dem in diesem Bereich herrschenden Druck des Fördermediums wird jedoch entsprechend zunehmend Druckfluid in die Kammern eingebracht oder Fördermedium ausgetragen, so dass dadurch die Effizienz der Schraubenpumpe reduziert wird. Ein für die jeweilige Anwendung angepasster
25 Stelldruck des Druckfluids kann beispielsweise von der Aufnahme des Nutzbetriebs experimentell ermittelt und anschließend dauerhaft vorgegeben werden.

Um die für die Ausübung der Kompensationskraft zur
30 Verfügung stehenden Flächenbereiche möglichst gut ausnutzen zu können ist vorgesehen, dass auf gegenüberliegenden Umfangsbereichen des Spindelrotors jeweils eine

- 8 -

gleichgerichtete Kompensationskraft ausgeübt wird. Wenn beispielsweise die resultierende Querkraft in einem Längsabschnitt des Spindelrotors in eine erste Richtung gerichtet ist, kann ein erster, geringer Stelldruck auf die
5 dieser Richtung gegenüberliegende Dichtfläche ausgeübt werden, so dass aufgrund des geringeren Drucks der Spindelrotor gegen die Querkraft zurückgezogen wird, und auf eine in dieser Richtung liegende Dichtfläche ein zweiter Stelldruck ausgeübt werden, der höher als der in
10 der Kammer herrschende Druck ist und eine der Querkraft entgegenwirkende Kompensationskraft erzeugt. Durch die an gegenüberliegenden Umfangsbereichen erzeugten Kompensationskräfte kann eine hohe resultierende Gegenkraft erzeugt werden, die innerhalb weiter Betriebsparameter-
15 bereiche die dabei auftretenden Querkräfte kompensieren kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist vorgesehen, dass als Druckfluid das
20 Fördermedium verwendet wird. In diesem Fall können der Saugraum und der Druckraum jeweils als Reservoir für das Druckfluid verwendet werden. Die in dem Saugraum und in dem Druckraum jeweils herrschenden Drücke können in einfacher Weise unmittelbar als Stelldruck verwendet werden, um
25 jeweils einen den Querkräften entgegenwirkenden Druck auf die Dichtflächen der Trennwände der Rotationsspindel auszuüben.

Die Erfindung betrifft auch eine Schraubenpumpe mit
30 mindestens zwei in einem Fördergehäuse zwischen einem Saugraum und einem Druckraum drehbar gelagerten und kammerbildend ineinander greifenden Spindelrotoren, die bei

- 9 -

einer gekoppelten gegenläufigen Drehbewegung ein fließfähiges Fördermedium von dem Saugraum zu dem Druckraum fördern können, wobei mindestens ein Spindelrotor eine gewindeförmige Profilierung mit schraubenförmigen Kanälen und mit die Kanäle begrenzenden Trennwänden aufweist, und die Trennwände jeweils eine an einer Innenwand des Fördergehäuses entlanggleitende Dichtfläche aufweisen. Eine derartige Schraubenpumpe wird beispielsweise in DE 727 434 oder in US 3,291,061 beschrieben.

10

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in einem den Spindelrotor mit einer gewindeförmigen Profilierung mit Trennwänden und Dichtflächen umgebenden Bereich des Fördergehäuses mehrere in Längsrichtung beabstandet zueinander angeordnete Kompensationsöffnungen für ein Druckfluid ausgebildet sind, und dass die mehreren Kompensationsöffnungen mit einem ersten Reservoir für das Druckfluid verbunden sind, sodass das Druckfluid an den mehreren Kompensationsöffnungen mit einem durch einen Druck in dem Reservoir vorgegebenen ersten Stelldruck ansteht.

20

Es sind Schraubenpumpen mit zwei Spindelrotoren bekannt, bei denen jeder Spindelrotor eine sehr ähnliche Profilierung mit Trennwänden und breiten Dichtflächen aufweist. Es sind auch Schraubenpumpen bekannt, bei denen einer der beiden Spindelrotoren lediglich sehr dünne Trennwände aufweist, bei denen kaum Dichtflächen ausgebildet sind, die für eine Druckübertragung des Druckfluids auf Kompensationsöffnungen geeignet sind.

25

30 Sofern beide Spindelrotoren eine ähnliche Profilierung aufweisen, beziehungsweise gleichermaßen geeignet sind, können an beiden Spindelrotoren Kompensationsöffnungen in

- 10 -

geeigneter Weise angeordnet werden. Sofern lediglich ein Spindelrotor eine Profilierung mit Trennwänden mit ausreichend breiten Dichtflächen aufweist, sollten die Kompensationsöffnungen überwiegend oder ausschließlich im
5 Bereich dieses Spindelrotors angeordnet sein.

Es sind auch Schraubenpumpen mit einem zentralen Spindelrotor und zwei mit zwei weiteren, gegenüber liegend angeordneten Spindelrotoren bekannt. Bei einer derartigen
10 Ausgestaltung einer Schraubenpumpe wirken auf den zentralen Spindelrotor keine nennenswerten Querkräfte. Die Kompensationsöffnungen sollten deshalb im Wesentlichen oder ausschließlich an den beiden außenliegenden Spindelrotoren angeordnet sein, um die dort auftretenden Querkräfte
15 kompensieren zu können.

Durch die Anordnung und Ausgestaltung der einzelnen Kompensationsöffnungen, die mit dem ersten Stelldruck gespeist werden, kann erreicht werden, dass das an allen
20 Kompensationsöffnungen mit einem vorgegebenen ersten Stelldruck anstehende Druckfluid jeweils eine betragsmäßig übereinstimmende Kompensationskraft auf den jeweiligen Achsabschnitt des Spindelrotors ausübt.

25 Um möglichst große Bereiche der Dichtflächen zur Erzeugung einer resultierenden Gegenkraft ausnutzen zu können ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein zweites Reservoir für das Druckfluid vorgesehen ist, durch das ein zweiter Stelldruck vorgegeben werden kann, und dass eine erste
30 Anzahl von ersten Kompensationsöffnungen mit dem ersten Reservoir und eine zweite Anzahl von zweiten Kompensationsöffnungen mit dem zweiten Reservoir verbunden

- 11 -

ist, wobei die zweiten Kompensationsöffnungen längs eines Umfangs des Spindelrotors den ersten Kompensationsöffnungen gegenüberliegend angeordnet sind. Um die von den einzelnen Kammern auf die Spindelrotoren ausgeübten Querkräfte
5 möglichst gut kompensieren zu können kann aus einer der Querkraft entgegengesetzten Richtung durch das Anlegen eines Unterdrucks gezogen und an einem gegenüberliegenden Bereich mit einem hohen Überdruck der Querkraft entgegengewirkt werden. Auf diese Weise kann die eine
10 einzelne Kammer umgebende Dichtfläche der angrenzenden Trennwandabschnitte besser zur Erzeugung von Kompensationskräften ausgenutzt werden.

Gemäß einer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist
15 vorgesehen, dass der erste Stelldruck und gegebenenfalls der zweite Stelldruck jeweils durch eine Stelldruckpumpe vorgegeben sind. Mit der Stelldruckpumpe können der erste Stelldruck und der zweite Stelldruck unabhängig von den in der Schraubenpumpe herrschenden Druckverhältnissen nahezu
20 beliebig vorgegeben werden. Die mit dem Druckfluid auf die Dichtflächen der Spindelrotoren ausgeübten Drücke können beispielsweise in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Viskosität des Fördermediums sowie in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen dem Saugraum und dem Druckraum so
25 vorgegeben werden, dass die auftretenden Querkräfte weitestgehend, beziehungsweise vollständig kompensiert werden. Zudem kann die Gleitreibung der Dichtflächen entlang der Innenseite des Fördergehäuses reduziert werden, um einen möglichst effizienten Betrieb der Schraubenpumpe
30 zu gewährleisten.

- 12 -

Um eine geregelte Vorgabe des Stelldrucks zu ermöglichen ist vorgesehen, dass die Schraubenpumpe einen Drucksensor aufweist. Der Drucksensor kann in Abhängigkeit von der angestrebten Stelldruckregelung beispielsweise in dem
5 Saugraum, in dem Druckraum oder aber längs des Spindelrotors an einem beliebigen Punkt der Umfangsfläche angeordnet sein. Es ist ebenfalls denkbar, mehrere Drucksensoren beabstandet voneinander anzuordnen und zu verwenden.

10

Wenn das Fördergehäuse konstruktiv möglichst wenig verändert werden soll, kann vorgesehen sein, dass die Kompensationsöffnungen über außerhalb des Fördergehäuses verlaufende Verbindungsleitungen mit dem ersten Reservoir,
15 beziehungsweise gegebenenfalls mit dem zweiten Reservoir verbunden sind. Die an der Innenseite des Fördergehäuses angeordneten Kompensationsöffnungen müssen lediglich über Bohrungen mit einer Außenseite des Fördergehäuses verbunden werden, um eine Anbringung der Verbindungskanäle und eine
20 Verbindung mit den eventuell ebenfalls außerhalb des Fördergehäuses angeordneten Reservoiren zu ermöglichen.

Es ist ebenfalls denkbar, dass die Kompensationsöffnungen über in dem Fördergehäuse verlaufende Verbindungskanäle mit
25 dem ersten Reservoir, beziehungsweise gegebenenfalls mit dem zweiten Reservoir verbunden sind. Auf diese Weise ist eine besonders kompakte Ausgestaltung der Schraubenpumpe möglich. Zudem können das erste Reservoir und gegebenenfalls das zweite Reservoir für das Druckfluid ebenfalls
30 innerhalb des Fördergehäuses angeordnet sein und kurze Wegstrecken für die Verbindungskanäle erreicht werden.

- 13 -

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungs-
gedankens ist vorgesehen, dass das erste Reservoir der
Saugraum oder der Druckraum der Schraubenpumpe ist. Sofern
ein zweites Reservoir vorgesehen ist, kann der jeweils
5 andere Raum, nämlich der Druckraum bzw. der Saugraum, das
zweite Reservoir bilden. Als Druckfluid kann dann in
besonders einfacher und kostengünstiger Weise das
Fördermedium verwendet werden. Durch die Verwendung des
Saugraums, beziehungsweise des Druckraums als Reservoir
10 wird zudem ohne zusätzliche Steuerelemente oder
Stellglieder jeweils für eine Anzahl von Kompensations-
öffnungen der geeignete Stelldruck, nämlich der Druck in
dem Saugraum oder der Druck in dem Druckraum, vorgegeben.

15 Um das Druckfluid über eine möglichst große Andruckfläche
auf die Dichtflächen der Trennwandabschnitte der
Spindelrotoren angreifen zu lassen ist vorgesehen, dass die
Kompensationsöffnungen jeweils eine helixabschnittsförmige
bzw. gewindeabschnittsförmige Ausnehmung an der Innenseite
20 des Fördergehäuses sind. Die Abmessungen, die Formgebung
und die Anordnung der Ausnehmungen sind dabei
zweckmäßigerweise an die gewindeförmige Profilierung der
Spindelrotoren und insbesondere an die Abmessungen und den
Verlauf der Dichtflächen angepasst.

25 Zweckmäßigerweise ist vorgesehen, dass sich die
Kompensationsöffnungen in Umfangsrichtung über mehr als 40
Prozent, vorzugsweise um mehr als 50 Prozent und
insbesondere vorzugsweise um mehr als 55 Prozent des
30 Umfangs eines Spindelrotors erstrecken.

- 14 -

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele des Erfindungsgedankens näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigt:

5 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Spindelrotors, bei dem sich während des Betriebs an gegenüber liegenden Seiten, die willkürlich als Unterseite und als Oberseite bezeichnet sind, unterschiedliche Druckverhältnisse einstellen, die in einem Diagramm schematisch dargestellt
10 sind,

Fig. 2 ein in einem umgebenden Fördergehäuse gelagerter Spindelrotor, bei dem in axialer Richtung beabstandet mehrere Kompensationsöffnungen angeordnet sind, die über
15 Verbindungsleitungen mit jeweils einem Reservoir in Verbindung stehen,

Fig. 3 eine Ansicht eines Spindelrotors gemäß Fig. 1, wobei die über die Kompensationsöffnungen ausgeübten Drücke und
20 die dadurch erzeugten Kompensationskräfte schematisch dargestellt sind,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Schraubenpumpe mit mehreren Kompensationsöffnungen, wobei ein den
25 Kompensationsöffnungen zugeführtes Druckfluid mit einer gesonderten Stelldruckpumpe auf einen vorgebbaren Stelldruck beaufschlagt wird, und

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer Schraubenpumpe mit
30 drei koaxial gelagerten Spindelrotoren, wobei in einer Schnittansicht der projizierte Verlauf der Kompensationsöffnungen angedeutet ist.

- 15 -

In Fig. 1 ist schematisch ein Spindelrotor 1 dargestellt, der an einem ersten Ende 2 mit einem nicht näher dargestellten Saugraum 3 und an einem zweiten Ende 4 mit einem ebenfalls nicht näher dargestellten Druckraum 5 in Verbindung steht. Der in dem Saugraum 3 herrschende Druck p_{Ein} ist kleiner als der in dem Druckraum 5 herrschende Druck p_{Aus} .

10 Der Spindelrotor 1 weist eine schraubenförmige Profilierung mit zwei Kanälen 6 auf, die durch eine Trennwand 7 voneinander getrennt schraubenförmig in Förderrichtung längs des Spindelrotors 1 verlaufen. Die Trennwände 7 weisen eine entlang eines Umfangs des Spindelrotors 1 eben
15 verlaufende Dichtfläche 8 auf, die an einer Innenseite 9 eines den Spindelrotor 1 umgebenden Fördergehäuses 10 entlang gleitet und benachbarte Kammern K1, K2 und K3 voneinander trennt. Innerhalb einzelner Kammern K1, K2, K3 herrschen jeweils konstante Druckverhältnisse, wobei der in
20 den einzelnen Kammern K1, K2, K3 herrschende Druck in Förderrichtung kontinuierlich zunimmt.

Da bei einem vorgegebenen axialen Abstand, beispielsweise von dem Saugraum 3 aus an einer als Oberseite bezeichneten
25 Seite 11 des Spindelrotors 1 noch die erste Kammer K1 anliegt, während an einer als Unterseite bezeichneten Seite 12 mit gleichem axialen Abstand zu dem Saugraum 3 bereits die in axialer Richtung nachfolgende Kammer K2 mit der umgebenden Innenwand 9 des Fördergehäuses 10 in Verbindung
30 steht, wirken in Umfangsrichtung bei einem vorgegebenen Abstand zu dem Saugraum 3 unterschiedliche Drücke auf den jeweiligen Innenwandbereich der Oberseite 6 bzw. der

- 16 -

Unterseite 7. Durch die unterschiedlichen Druckverhältnisse wird eine resultierende Querkraft L erzeugt, die für jede Kammer K1, K2 und K3 gleichgerichtet ist und eine in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in Richtung der Oberseite 11 gerichtete Verlagerung des Spindelrotors 1 bewirken würde, falls diese Querkräfte L nicht kompensiert werden.

Um die Querkräfte kompensieren zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass in dem in Fig. 2 dargestellten Fördergehäuse 10 an der dem Spindelrotor 1 zugewandten Innenseite 9 mehrere in axialer Richtung beabstandete Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 ausgebildet sind. Jede Kompensationsöffnung 13, 14, 15, 16 steht über eine zugeordnete Verbindungsleitung 17, 18, 19, 20 mit einem ersten Reservoir 21 oder mit einem zweiten Reservoir 22 druckgleich in Verbindung. Das erste Reservoir 21 entspricht dem Saugraum 3, bzw. steht druckgleich mit dem Saugraum 3 in Verbindung. Das zweite Reservoir 22 entspricht dem Druckraum 5, bzw. steht druckgleich mit dem Druckraum 5 in Verbindung.

Durch die Verbindungsleitungen 17, 18, 19, 20 wird das mit dem Spindelrotor 1 geförderte Fördermedium zu den Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 gefördert, wobei jeweils der durch das erste Reservoir 21 bzw. durch das zweite Reservoir 22 vorgegebene Stelldruck ansteht.

Die Verbindungsleitungen 17, 18, 19, 20 weisen jeweils lediglich schematisch dargestellte Eintrittsöffnungen 23, 24, 25, 26 für das Fördermedium auf, das als Druckfluid verwendet wird. Die Eintrittsöffnungen 24, 25 sind in axialer Richtung derart angeordnet, dass während eines

- 17 -

Betriebs, bzw. während einer Umdrehung des Spindelrotors 1 in diejenigen Verbindungsleitungen 17, 19 Fördermittel eingepresst, bzw. aus diesen herausgezogen werden kann, bei denen die entsprechende Kompensationsöffnung 13, 15 von
5 einer Dichtfläche (18) überdeckt wird. Verbindungsleitungen 18, 20, die bei der in Fig. 2 exemplarischen Drehstellung des Spindelrotors 1 zu Kompensationsöffnungen 14, 16 führen, die in eine Kammer K1, K2 oder K3 münden, weisen Eintrittsöffnungen 23, 26 auf, die von einer Dichtfläche 8
10 bedeckt und damit verschlossen sind. Auf diese Weise kann eine drehwinkelsynchrone Freigabe oder Verschließung der einzelnen Verbindungsleitungen 17, 18, 19, 20 und damit eine gezielte Druckbeaufschlagung an den einzelnen Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 erzeugt werden.

15

Wenn die erfindungsgemäße Kompensation der maßgeblich durch die einzelnen Kammern erzeugten Querkräfte durchgeführt wird und die Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 in geeigneter Weise mit einem stauraumseitig bzw.
20 druckraumseitig vorgegebenen Stelldruck beaufschlagt werden, stellen sich näherungsweise die in Fig. 3 schematisch dargestellten Druckverhältnisse an der Oberseite 11, bzw. an der Unterseite 12 ein. Der an der Oberseite 11 erzeugte radial nach außen wirkende Druck ist
25 trotz der Kompensation nicht deckungsgleich mit dem an der Unterseite 12 erzeugten Druck. Auf Grund der an einem bestimmten Punkt in Förderrichtung bestehenden Druckdifferenz überwiegt entweder Querkraft L oder in einem geringen Abstand dazu die entgegengesetzt gerichtete
30 Gegenkraft K. Die Kompensationskräfte, bzw. die resultierende Gegenkraft K können durch eine geeignete Ausgestaltung, Anordnung und Druckbeaufschlagung der

- 18 -

Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 so dimensioniert werden, dass die Gegenkraft K die Querkraft L über eine Gewindesteigung des schraubenförmigen Profils hinweg aufhebt und kompensiert. Für jeden aufeinanderfolgenden
5 Abschnitt in Längsrichtung kompensieren sich die einzelnen Querkräfte L und Gegenkräfte K, so dass sowohl bei einer Mittelung über die gesamte Erstreckung des Spindelrotors 1 hinweg als auch bei einer Mittelung über einzelne Gewindesteigungen hinweg keine nennenswerten Querkräfte L
10 unkompensiert verbleiben, die eine Verlagerung oder bereichsweise Verformung des Spindelrotors 1 bewirken könnten.

In der schematischen Diagrammdarstellung in Fig. 3 wird
15 dies dadurch zum Ausdruck gebracht, dass jeweils benachbarte Differenzflächen (zwei benachbarte Differenzflächen 27, 28 sind exemplarisch kreuzschraffiert gekennzeichnet) näherungsweise einen identisch übereinstimmenden Flächeninhalt aufweisen. Der
20 Flächeninhalt der Differenzflächen, die den Gegenkräften K zugeordnet sind, können durch eine Vorgabe des Stelldrucks und durch die Anordnung und Ausgestaltung der Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 über weite Bereiche hinweg vorgegeben werden, so dass eine Anpassung an die
25 räumlich benachbart auftretenden Querkräfte L möglich ist.

In Fig. 4 ist schematisch eine Druckbeaufschlagung der einzelnen Versorgungsleitungen 17 und 19 mit jeweils einer zugeordneten Stelldruckpumpe 29 dargestellt. Durch die
30 Stelldruckpumpe 29 kann der an den Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 erzeugte Stelldruck nahezu beliebig vorgegeben werden. Als Druckfluid kommt auch in diesem Fall

- 19 -

das Fördermittel zum Einsatz, wobei stauraumseitig jeweils ein kleiner Zustrom abgezweigt und über die Stelldruckpumpen 29 den Verbindungsleitungen 17 und 19 zugeführt wird.

5

In Fig. 5 ist schematisch eine quer zur Förderrichtung geschnittene Darstellung einer Schraubenpumpe mit einem zentralen Spindelrotor 30 und zwei gegenüberliegend angeordneten Spindelrotoren 1 dargestellt. Auf den
10 zentralen Spindelrotor 30 wirken keine nennenswerten Querkräfte ein, so dass keine Kompensation notwendig ist. Die beiden außen liegenden Spindelrotoren 1 weisen an der Innenseite 9 des umgebenden Fördergehäuses 10 Kompensationsöffnungen 13, 14 15, 16 auf. Die einzelnen
15 schlitzförmigen ausgebildet und gewindeabschnittsförmig angeordneten Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 erstrecken sich jeweils über etwas mehr als 25 % des Umfangs des Spindelrotors 1. Eine Projektion der Kompensationsöffnungen 13, 14, 15, 16 auf die in Fig. 5
20 gezeigte Schnittebene ist jeweils gestrichelt dargestellt.

P a t e n t a n s p r ü c h e

5 1. Verfahren zur Kompensation von Querkräften, die auf
einen Spindelrotor (1) einer Schraubenpumpe wirken, die ein
Fördermedium von einem Saugraum (3) zu einem Druckraum (5)
fördert, wobei eine radial zur Drehachse des Spindelrotors
(1) gerichtete Kompensationskraft auf eine Dichtfläche (8)
10 einer Trennwand (7) eines schraubenförmigen Profils des
Spindelrotors (1) einwirkt, und wobei die Kompensations-
kraft durch ein druckbeaufschlagt auf die Dichtfläche (8)
der Trennwand (7) des Spindelrotors (1) anstehendes
Druckfluid erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf
15 mehrere in Längsrichtung benachbarte Dichtflächen (8)
betragsmäßig derselbe Druck ausgeübt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
das Druckfluid mit einem Stelldruck beaufschlagt wird, der
20 entweder mit dem saugraumseitigen Druck oder mit dem
druckraumseitigen Druck übereinstimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
das Druckfluid entweder mit einem ersten Stelldruck, der
25 geringer als der saugraumseitig anstehende Druck ist, oder
mit einem zweiten Stelldruck, der höher als der
druckraumseitig anstehende Druck ist, beaufschlagt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet, dass auf gegenüberliegenden
Umfangsbereichen des Spindelrotors (1) jeweils eine in

- 21 -

gleicher Richtung gerichtete Kompensationskraft auf den Spindelrotor (1) ausgeübt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
5 dadurch gekennzeichnet, dass als Druckfluid das Fördermedium verwendet wird.

6. Schraubenpumpe mit mindestens zwei in einem Fördergehäuse (10) zwischen einem Saugraum (3) und einem
10 Druckraum (5) drehbar gelagerten und Kammer bildend ineinander greifenden Spindelrotoren (1), die bei einer gekoppelten gegenläufigen Drehbewegung ein fließfähiges Fördermedium von dem Saugraum (3) zu dem Druckraum (5) fördern können, wobei mindestens ein Spindelrotor (1) eine
15 gewindeförmige Profilierung mit schraubenförmigen Kanälen (6) und mit die Kanäle (6) begrenzenden Trennwänden (7) aufweist, und die Trennwände (7) jeweils eine an einer Innenwand (9) des Fördergehäuses (10) entlang gleitende Dichtfläche (8) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass in
20 einem, den Spindelrotor (1) mit einer gewindeförmigen Profilierung mit Trennwänden (7) und Dichtflächen (8) umgebenden Bereich des Fördergehäuses (10) mehrere in Längsrichtung beabstandet zueinander angeordnete Kompensationsöffnungen (13, 14, 15, 16) für ein Druckfluid
25 ausgebildet sind, und dass die mehreren Kompensationsöffnungen (15, 16) mit einem ersten Reservoir (21) für das Druckfluid verbunden sind, so dass das Druckfluid an den mehreren Kompensationsöffnungen (15, 16) mit einem durch einen Druck in dem Reservoir (21)
30 vorgegebenen ersten Stelldruck ansteht.

- 22 -

7. Schraubenpumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
dass ein zweites Reservoir (22) für das Druckfluid
vorgesehen ist, durch das ein zweiter Stelldruck vorgegeben
werden kann, und dass eine erste Anzahl von ersten
5 Kompensationsöffnungen (15, 16) mit dem ersten Reservoir
(21) und eine zweite Anzahl von zweiten Kompensations-
öffnungen (13, 14) mit dem zweiten Reservoir (22) verbunden
ist, wobei die zweiten Kompensationsöffnungen (13, 14)
längs eines Umfangs des Spindelrotors (1) den ersten
10 Kompensationsöffnungen (15, 16) gegenüber liegend
angeordnet sind.

8. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der erste Stelldruck und
15 gegebenenfalls der zweite Stelldruck jeweils mit einer
Stelldruckpumpe (29) vorgebar ist.

9. Schraubenpumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
dass die Schraubenpumpe einen Drucksensor aufweist.
20

10. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsöffnungen
(13, 14, 15, 16) über außerhalb des Fördergehäuses (10)
verlaufende Verbindungsleitungen (17, 18, 19, 20) mit dem
25 ersten Reservoir (21), bzw. gegebenenfalls mit dem zweiten
Reservoir (22) verbunden sind.

11. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsöffnungen
30 (13, 14, 15, 16) über in dem Fördergehäuse (10) verlaufende
Verbindungskanäle mit dem ersten Reservoir (21), bzw.

- 23 -

gegebenenfalls mit dem zweiten Reservoir (22) verbunden sind.

12. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
5 dadurch gekennzeichnet, dass das erste Reservoir (21) der Saugraum (3) oder der Druckraum (5) der Schraubenpumpe ist.

13. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsöffnungen
10 (13, 14, 15, 16) jeweils eine helixabschnittsförmige Ausnehmung an der Innenseite (9) des Fördergehäuses (10) sind.

14. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 13,
15 dadurch gekennzeichnet, dass sich die Kompensationsöffnungen (13, 14, 15, 16) in Umfangsrichtung über mehr als 40 Prozent, vorzugsweise um mehr als 50 Prozent und insbesondere vorzugsweise um mehr als 55 Prozent des Umfangs des Spindelrotors (1) erstrecken.

20

Fig 1

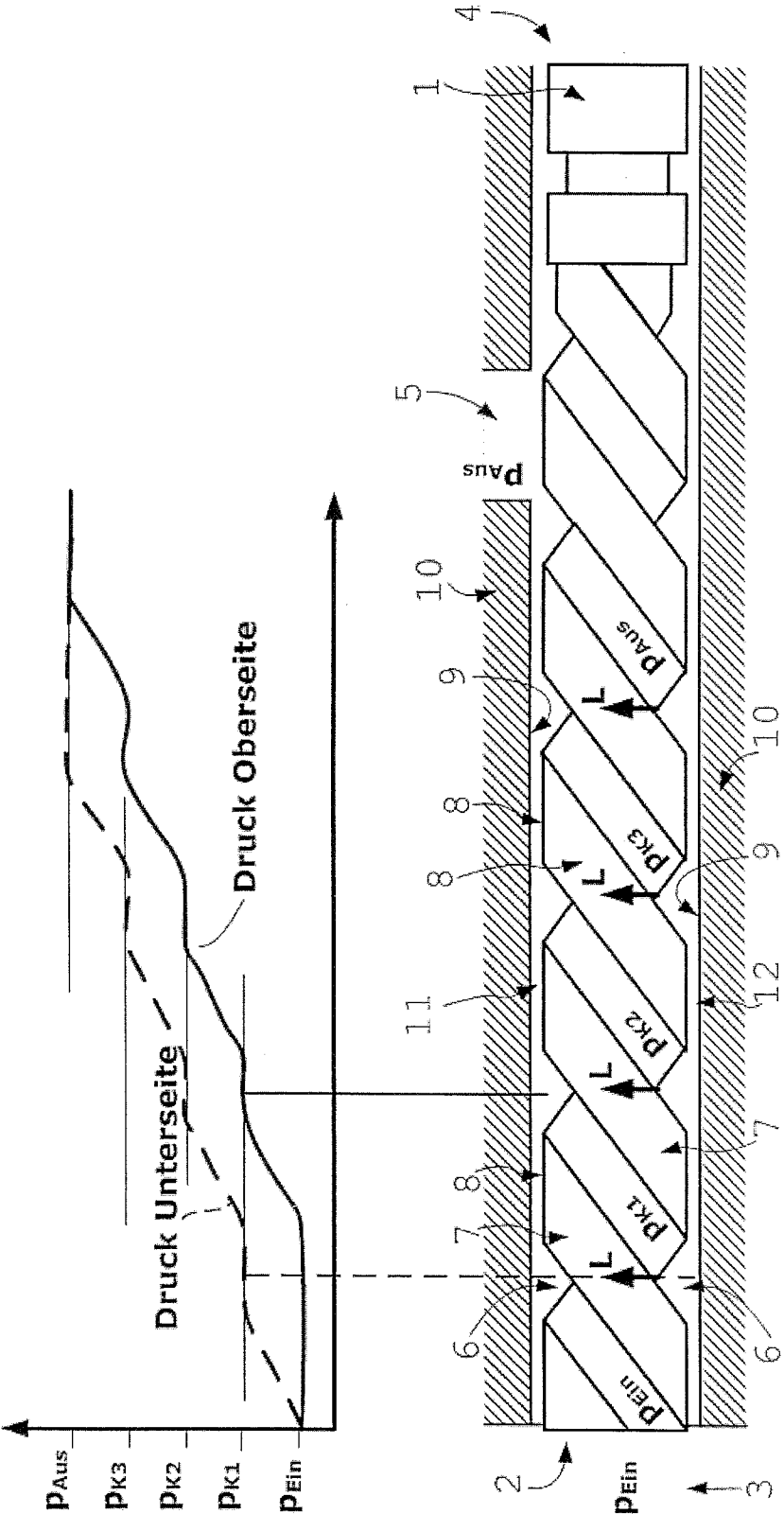


Fig 2

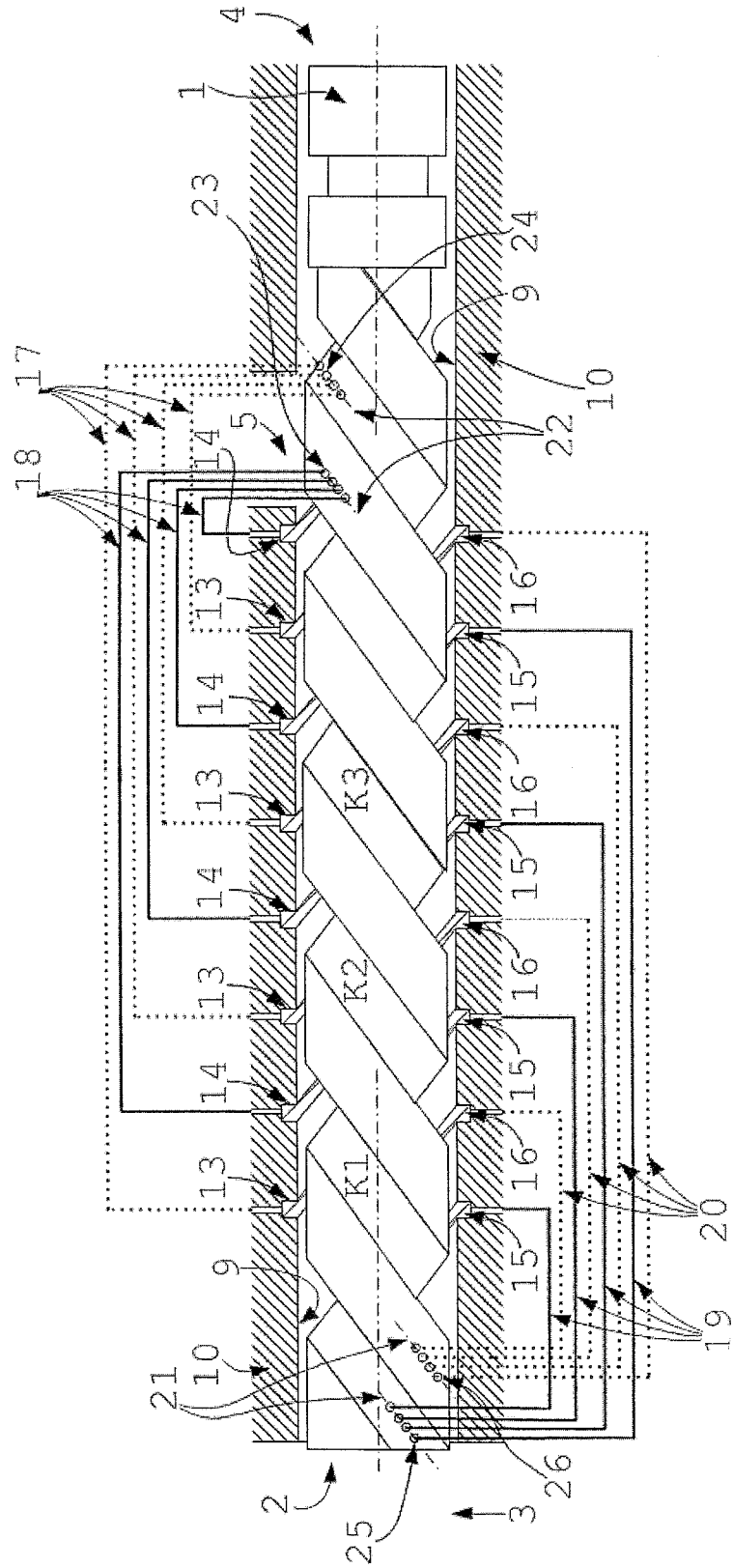


Fig 3

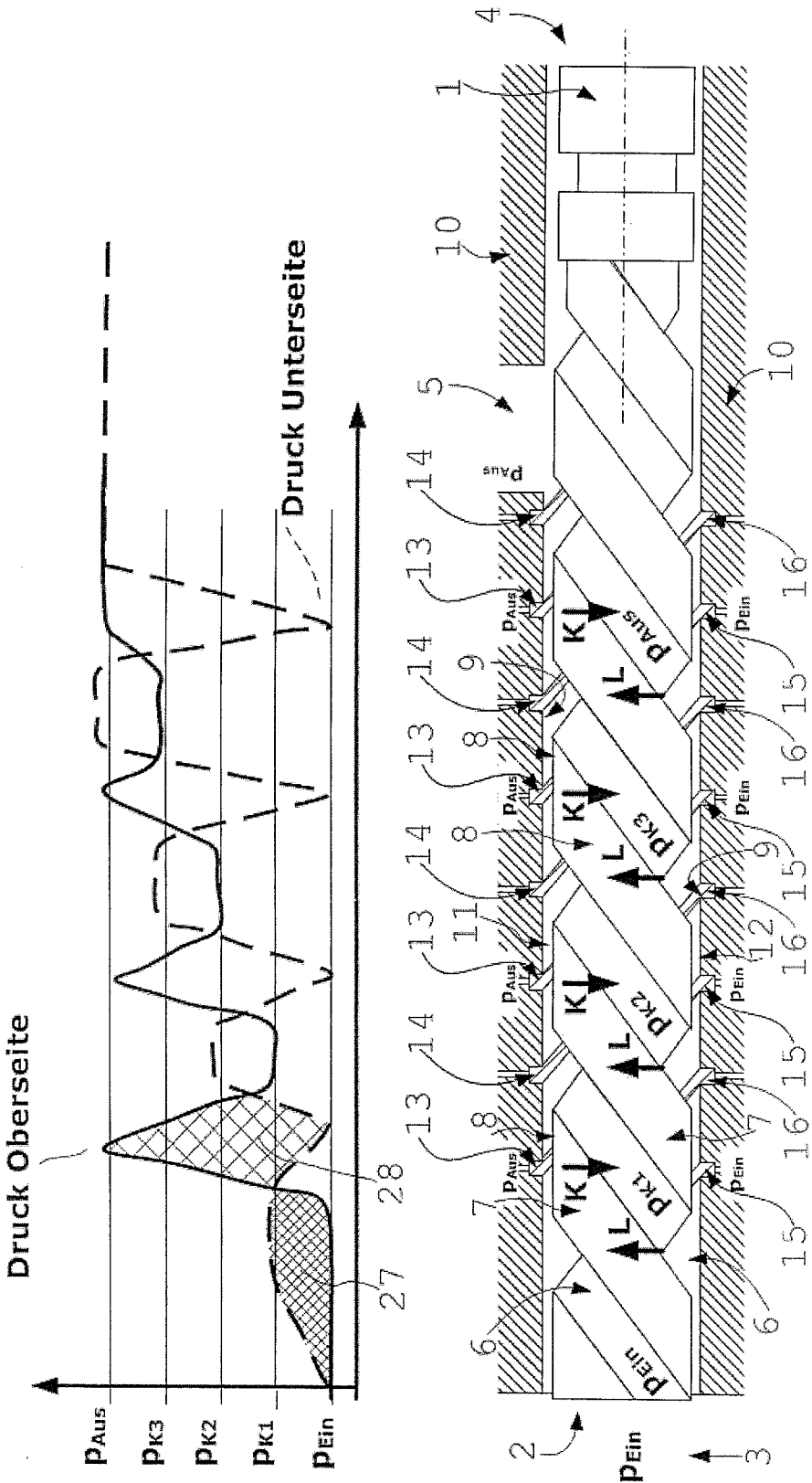


Fig 4

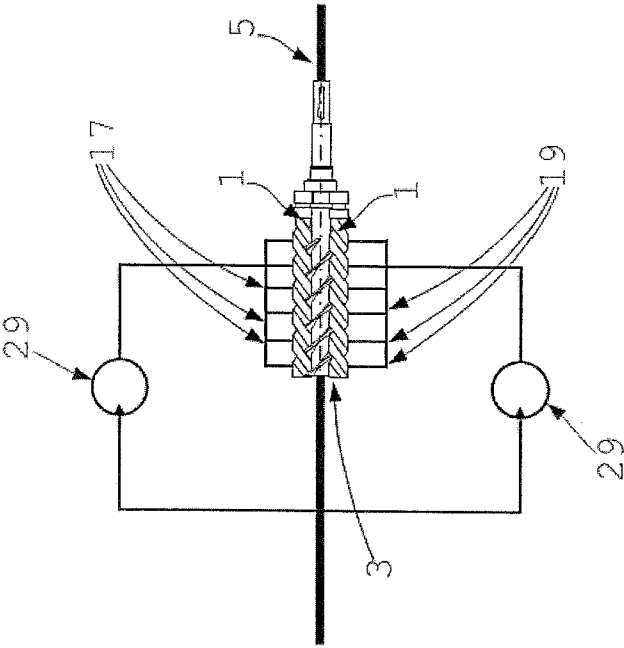


Fig 5

