



(11) **EP 3 467 314 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.04.2019 Patentblatt 2019/15

(51) Int Cl.:
F04C 18/08 (2006.01) F04C 18/16 (2006.01)
F04C 29/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18208219.8**

(22) Anmeldetag: **12.06.2013**

(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

• **Temming, Jörg**
25337 Kölln-Reisiek (DE)

(30) Priorität: **28.06.2012 EP 12174029**

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**
Partnerschaft mbB von
Patent- und Rechtsanwälten
Postfach 13 03 91
20103 Hamburg (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
13729688.5 / 2 867 532

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 26.11.2018 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(71) Anmelder: **Sterling Industry Consult GmbH**
25524 Itzehoe (DE)

(72) Erfinder:
• **Kösters, Heiner**
25524 Itzehoe (DE)

(54) **SCHRAUBENPUMPE**

(57) Schraubenpumpe mit zwei Schrauben (14), bei der jede Schraube (14) ein erstes Gewinde (19) und ein zweites Gewinde (19) aufweist. Die Gewinde (19) erstrecken sich jeweils von einer Saugseite (20) zu einer Druckseite (21) und stehen miteinander in Eingriff, so dass die Gewinde (19) in eine Mehrzahl von Arbeitskammern un-

terteilt sind, deren Volumen von der Saugseite (20) zu der Druckseite (21) abnimmt. Die Gewinde (19) weisen zwei Gewindegänge auf und das Gehäuse (15) ist mit einer Eingangsöffnung (24) versehen, die größer ist als 60 % der Querschnittsfläche des Gewindes (19).

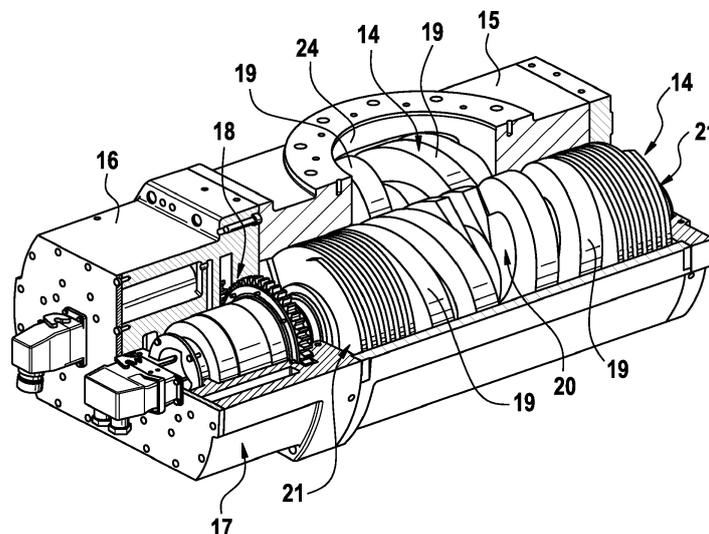


Fig. 1

EP 3 467 314 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schraubenpumpe mit zwei Schrauben. Jede Schraube ist mit einem ersten Gewinde und einem zweiten Gewinde ausgestattet, wobei die Gewinde sich jeweils von einer Saugseite zu einer Druckseite erstrecken. Die Gewinde stehen miteinander in Eingriff, so dass die Gewinde in eine Mehrzahl von Arbeitskammern unterteilt sind. Das Volumen der Arbeitskammern nimmt jeweils von der Saugseite zu der Druckseite ab.

[0002] Schraubenpumpen dieser Art können zum Erzeugen eines Vakuums genutzt werden. Der zu evakuierende Raum wird an die Saugseite der Pumpe angeschlossen, so dass die Pumpe Gas aus dem Raum ansaugen kann. Das Gas wird in der Pumpe komprimiert und auf der Druckseite bei höherem Druck wieder abgegeben.

[0003] Diese Schraubenpumpen haben eine Reihe von vorteilhaften Eigenschaften und werden deswegen in großem Umfang eingesetzt. Eingeschränkt im Vergleich zu anderen Pumpen ist aber die Saugleistung, also die Fähigkeit innerhalb eines kurzen Zeitraums ein großes Volumen an Gas aus einem Raum abzuführen. Für Anwendungen, bei denen dies gefordert ist, kommen Schraubenpumpen aufgrund ihrer mangelnden Saugleistung bislang regelmäßig nicht in Betracht. Stattdessen werden andere Arten von Pumpen verwendet wie etwa Wälzkolbenpumpen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Schraubenpumpe mit erhöhter Saugleistung vorzustellen. Ausgehend vom eingangs genannten Stand der Technik wird die Aufgabe gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausführungsformen finden sich in den Unteransprüchen.

[0005] Erfindungsgemäß weisen die Gewinde jeweils zwei Gewindegänge auf. Die Gewindegänge sind vorzugsweise in Radialrichtung zueinander symmetrisch. Die Gewinde haben dann eine Punktsymmetrie derart, dass die Gewindegänge durch eine Drehung um die Schraubenachse um 180° in sich selbst abgebildet werden können.

[0006] Die Erfindung hat erkannt, dass die begrenzte Saugleistung ihren Grund unter anderem darin hat, dass herkömmliche Schraubenpumpen nicht mit beliebig hoher Drehzahl betrieben werden können. Eine Beschränkung der Drehzahl ergibt sich daraus, dass konventionelle Schrauben eine bezogen auf die Schraubenachse ungleichmäßige Massenverteilung aufweisen. Die ungleichmäßige Massenverteilung bewirkt eine Unwucht, die bei hohen Drehzahlen nur schwer unter Kontrolle gehalten werden kann. Ungleichmäßig ist die Massenverteilung deswegen, weil bei den normalen (eingängigen) Gewinden klassischer Schraubenpumpen schon der Gewindegang für eine asymmetrische Massenverteilung sorgt.

[0007] Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, die Gewinde der Schrauben zweigängig auszugestalten. Dies

bedeutet, dass jedes Gewinde zwei Gewindegänge aufweist, die so miteinander verschränkt sind, dass sie gemeinsam eine Form nach Art einer Doppelhelix bilden. Die zweigängigen Gewinde sind vorzugsweise jeweils so gestaltet, dass sich eine bezogen auf die Schraubenachse symmetrische Gestaltung ergibt. Für jedes nach außen vorspringende Element des einen Gewindegangs gibt es also ein entsprechendes Element des anderen Gewindegangs, das bezogen auf die Schraubenachse in Radialrichtung gegenüber liegt. Aufgrund der im Vergleich mit eingängigen Gewinden gleichmäßigeren Masseverteilung der zweigängigen Gewinde wird es möglich, die Schraubenpumpe mit höherer Drehzahl zu betreiben, so dass die Saugleistung sich erhöht.

[0008] Für einen Betrieb bei hohen Drehzahlen ist es wünschenswert, die Kräfte nicht nur in Radialrichtung, sondern auch in Längsrichtung möglichst gering zu halten. Dazu ist die Pumpe vorzugsweise so gestaltet, dass die beiden Gewinde einer Schraube in entgegengesetzter Richtung arbeiten. Die von dem einen Gewinde in Längsrichtung ausgeübten Kräfte werden dann von dem anderen Gewinde ausgeglichen. Vorzugsweise sind die Gewinde so ausgerichtet, dass die Saugseite im Zentrum der Schraube, also zwischen den beiden Gewinden angeordnet ist. Die Druckseiten werden dann von den äußeren Enden der Gewinde gebildet, was insbesondere den Vorteil hat, dass die Antriebselemente und Lager dem höheren Ausgangsdruck ausgesetzt sind. Die Schraube kann darüber hinaus so gestaltet sein, dass sie auch in Längsrichtung eine symmetrische Gestalt hat, wenn man den zwischen den beiden äußeren Enden der Gewinde eingeschlossenen Abschnitt der Schraube betrachtet.

[0009] Die erfindungsgemäße Pumpe umfasst ein Gehäuse, in dem die beiden Schrauben aufgenommen sind. Im Bereich der Saugseite ist das Gehäuse mit einer Einlassöffnung vorgesehen, im Bereich der Druckseite gibt es eine Auslassöffnung. Es hat sich gezeigt, dass es für eine hohe Saugleistung der Pumpe von Bedeutung ist, die Einlassöffnung und die Saugseite der Pumpe so zu gestalten, dass ein hoher Volumenstrom in die Pumpe eintreten kann.

[0010] Das Gehäuse ist vorzugsweise so gestaltet, dass es im Bereich eines Gewindes einen ersten Gehäuseabschnitt und einen zweiten Gehäuseabschnitt aufweist, wobei im ersten Gehäuseabschnitt ein Saugspalt zwischen dem Gehäuse und dem Gewinde besteht, und wobei im zweiten Gehäuseabschnitt das Gehäuse mit dem Gewinde abschließt. Dass das Gehäuse mit dem Gewinde abschließt, ist so zu verstehen, dass der Leckspalt, der bei trockenlaufenden Pumpen zwischen dem Gehäuse und dem Gewinde notwendigerweise besteht, so klein wie möglich ist (radialer Minimalabstand). Angestrebt wird heute ein Wert von weniger als 0,2 mm, vorzugsweise etwa 0,1 mm für den radialen Minimalabstand. Da die beiden Schrauben der Pumpe miteinander in Eingriff stehen, schließt das Gehäuse im ersten Gehäuseabschnitt nicht über den gesamten Umfang der

Schraube mit dem Gewinde ab, sondern nur in dem Umfangsabschnitt, in dem kein Eingriff mit der anderen Schraube besteht. Der zweite Gehäuseabschnitt schließt vorzugsweise an die Druckseite des Gewindes an.

[0011] Im Bereich des ersten Gehäuseabschnitts, der vorzugsweise an die Saugseite des Gewindes anschließt, ist regelmäßig auch die Einlassöffnung des Gehäuses angeordnet. Die Schraube ist dann nur in den Umfangsabschnitt von dem Gehäuse umgeben, der neben der Eingangsöffnung und der zweiten Schraube noch verbleibt. Wenn im ersten Gehäuseabschnitt ein Saugspalt zwischen dem Gehäuse und dem Gewinde besteht, ist dies so zu verstehen, dass in wenigstens einem Teilabschnitt dieses Umfangsabschnitts ein radialer Abstand zwischen dem Gewinde und dem Gehäuse besteht, der größer ist als der radiale Minimalabstand. Vorzugsweise ist der radiale Abstand im Bereich des Saugspalts um mindestens den Faktor 50, vorzugsweise den Faktor 100, weiter vorzugsweise den Faktor 200 größer als der radiale Minimalabstand.

[0012] Der Saugspalt hat die Wirkung, dass das angesaugte Gas nicht nur in radialer Richtung in die Arbeitskammern eintreten kann, sondern sich durch den Saugspalt hindurch auch von einer Arbeitskammer in die nächste Arbeitskammer bewegen kann. Indem dem Gas ein zusätzlicher Weg in die Arbeitskammer hinein geboten wird, kann sich die Arbeitskammer schneller füllen, was sich positiv auf die Saugleistung auswirkt.

[0013] Je größer der Saugspalt ist, desto mehr Gas kann auf diesem Wege in die Arbeitskammern eintreten. Vorzugsweise erstreckt sich der Saugspalt neben der Eingangsöffnung in Umfangsrichtung über mindestens 10 %, vorzugsweise mindestens 20 %, weiter vorzugsweise mindestens 30 % des Umfangsabschnitts, mit dem das Gehäuse im zweiten Gehäuseabschnitt die Schraube umgibt. In dem Bereich, in dem keine Überschneidung zwischen dem Saugspalt und der Eingangsöffnung mehr besteht, kann der Saugspalt sich über einen entsprechend größeren Umfangsabschnitt von beispielsweise mindestens 50% erstrecken.

[0014] In Längsrichtung erstreckt sich der Saugspalt vorzugsweise über mindestens 20 %, weiter vorzugsweise über mindestens 30 %, weiter vorzugsweise über mindestens 40 % der Länge des Gewindes. Entsprechend ist der zweite Gehäuseabschnitt deutlich kürzer als die Länge des Gewindes und erstreckt sich beispielsweise über nicht mehr als 80 %, vorzugsweise nicht mehr als 70 %, weiter vorzugsweise nicht mehr als 60 % der Länge des Gewindes. Im Unterschied zu herkömmlichen Pumpen dient damit ein vergleichsweise langer Abschnitt des Gewindes zur Befüllung der Arbeitskammern, während der Abschnitt, in dem die Kompression stattfindet, in dem also das Gehäuse mit dem Gewinde abschließt, vergleichsweise kurz ist. Die Erstreckung des Saugspalts in Längsrichtung kann im Wesentlichen dem Schraubenschnitt entsprechen, der von der ersten 360°-Windung des Gewindes eingenommen wird. Das Gewinde hat also

im Einlassbereich eine große Steigung. Vorzugsweise nimmt die von der Saugseite aus betrachtet erste 360°-Windung mindestens 20%, vorzugsweise mindestens 30%, weiter vorzugsweise mindestens 40% der Länge des Gewindes ein. Insgesamt umfasst jeder Gewindengang des zweigängigen Gewindes vorzugsweise mindestens drei, weiter vorzugsweise mindestens vier vollständige 360°-Windungen.

[0015] Zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt und dem zweiten Gehäuseabschnitt und damit am Übergang von dem Saugspalt zu dem Bereich, in dem das Gehäuse mit dem Gewinde abschließt, kann eine Übergangskante ausgebildet sein. Sobald das Gewinde mit der Übergangskante abschließt, ist die Arbeitskammer geschlossen und die eigentliche Kompression beginnt. Wäre die Übergangskante parallel zu dem Gewindengang ausgerichtet, durch den der Abschluss erfolgt, würde die Kammer schlagartig abgeschlossen. Dies wäre gut für den Wirkungsgrad der Pumpe, erhöht aber auch den Geräuschpegel. Vorzugsweise ist die Übergangskante deswegen so ausgerichtet, dass sie entsprechend der Gewindesteigung einen Winkel mit der Umfangsrichtung einschließt, wobei der Winkel kleiner ist als die Gewindesteigung.

[0016] Um große Volumen ansaugen zu können, ist es ferner von Vorteil, wenn das Gehäuse mit einer großen Eingangsöffnung versehen ist. Beispielsweise kann die Eingangsöffnung größer sein als 60 %, vorzugsweise als 80 %, weiter vorzugsweise als 100 % der Querschnittsfläche der Schraube. Die Querschnittsfläche der Schraube bezeichnet die von der Schraube aufgespannte Kontur. Anhand dieser Kontur, die regelmäßig zylinderförmig ist, können auch die radialen Abstände zwischen dem Gewinde und dem Gehäuse ermittelt werden.

[0017] Um die Befüllung der Arbeitskammern weiter zu verbessern, kann ein Abstand zwischen den inneren Enden der beiden Gewinde einer Schraube vorgesehen sein. Dadurch wird zusätzlicher Raum gewonnen, durch den das Gas auch in Längsrichtung in die Arbeitskammern eintreten kann.

[0018] Die Druckseiten werden regelmäßig von dem äußeren Ende der Gewinde gebildet, was bedeutet, dass die Druckseiten einen Abstand zueinander haben. Vorzugsweise ist eine Leitung vorgesehen, die sich von der Druckseite bis zu einer Auslassöffnung der Pumpe erstreckt. In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Leitung eine Bohrung, die zwischen den beiden Schrauben der Pumpe im Pumpengehäuse ausgebildet ist, wobei die Bohrung weiter vorzugsweise zumindest teilweise innerhalb einer auf beiden Schrauben aufliegende Tangentialfläche angeordnet ist.

[0019] Die Pumpe kann so gestaltet sein, dass die beiden Schrauben zusammen mit dem Antrieb als eine Einheit von dem Pumpengehäuse gelöst werden können. Dies bietet die Möglichkeit, die Pumpe fest in einer größeren Anlage zu installieren, wobei insbesondere die Einlassöffnung und die Auslassöffnung des Pumpengehäuses fest mit entsprechenden Rohrleitungen der An-

lage verbunden sein können. Wenn eine Wartung oder Reparatur erforderlich werden, bleiben die Verbindungen zwischen dem Pumpengehäuse und der Anlage bestehen und es wird lediglich die Einheit aus Schrauben und Antrieb von dem Pumpengehäuse gelöst und durch eine andere Einheit ersetzt. Dadurch werden lange Ausfallzeiten bei Wartung und Reparatur vermieden.

[0020] Vorzugsweise sind zu diesem Zweck die Schrauben an ihrem dem Antrieb abgewandten Ende jeweils mit einem Lager ausgestattet, das gleitend in einer Lageraufnahme des Pumpengehäuses aufgenommen ist. Wenn die Einheit aus Schrauben und Antrieb aus dem Pumpengehäuse herausgezogen wird, löst sich das Lager aus der Lageraufnahme und wird mit aus dem Pumpengehäuse entfernt.

[0021] Die erfindungsgemäße Pumpe ist vorzugsweise so dimensioniert, dass sie eine Ansaugleistung von mehr als 5000 m³/h erreicht und dabei das Gas von 1 mbar auf 100 mbar komprimieren kann. Dazu ist der Durchmesser der Schrauben vorzugsweise größer als 20 cm. Die Pumpe kann für einen Betrieb mit einer Drehzahl von mehr als 10.000 U/min ausgelegt sein.

[0022] Indem die erfindungsgemäße Schraubenpumpe eine hohe Saugleistung mit einer großen Verdichtung kombiniert, eröffnen sich Anwendungsmöglichkeiten, die den Schraubenpumpen bislang nicht zugänglich waren. Zur Erzeugung eines Vakuums mit geringem Druck bei einem gleichzeitig großen Volumenstrom wird üblicherweise eine Pumpenanordnung aus zwei hintereinander geschalteten Pumpen verwendet, wobei die erste Pumpe üblicherweise als Boosterpumpe und die nachfolgende Pumpe als Vorpumpe bezeichnet wird. Die Hintereinanderschaltung zweier Pumpen ist deswegen zweckmäßig, weil nach dem Gasgesetz ($\text{Druck} \cdot \text{Volumen} = \text{konstant}$; unter der Annahme konstanter Temperatur) die Vorpumpe für einen wesentlich kleineren Volumenstrom ausgelegt sein kann als die Boosterpumpe.

[0023] Durch die verglichen mit klassischen Schraubenpumpen stark erhöhte Saugleistung wird es möglich, die erfindungsgemäße Schraubenpumpe als Boosterpumpe zu verwenden. Die Erfindung betrifft folglich eine Pumpenanordnung aus einer Boosterpumpe und einer Vorpumpe, bei der die Boosterpumpe eine erfindungsgemäße Schraubenpumpe ist. Eine Pumpenanordnung, bei der eine Schraubenpumpe als Boosterpumpe verwendet wird, hat eigenständigen erfinderischen Gehalt, auch ohne dass die Gewinde der Schrauben zweigängig ausgebildet sind.

[0024] Im Vergleich mit Wälzkolbenpumpen, die bislang üblicherweise als Boosterpumpe verwendet werden, schafft die erfindungsgemäße Schraubenpumpe eine erheblich höhere Verdichtung. Betrachtet man einen stationären Betriebszustand der Pumpenanordnung, in dem die Boosterpumpe im Wesentlichen den maximalen möglichen Volumenstrom ansaugen kann und der Druck auf einem niedrigen Wert von beispielsweise weniger als 1 mbar konstant gehalten wird, so schaffen klassische einstufige Wälzkolbenpumpen lediglich eine Verdich-

tung um den Faktor 10. Der Volumenstrom durch die nachfolgende Vorpumpe ist gemäß dem Gasgesetz folglich lediglich um den Faktor 10 kleiner als der Volumenstrom durch die Boosterpumpe.

[0025] Die erfindungsgemäße Schraubenpumpe schafft in dem stationären Betriebszustand, in dem im Wesentlichen das maximal mögliche Volumen angesaugt wird und der Druck unterhalb von 1 mbar konstant gehalten wird, eine Verdichtung um mindestens den Faktor 50 oder sogar den Faktor 100. Es ergeben sich dadurch vollkommen neue Möglichkeiten bei der Auslegung der Pumpenanordnung. So kann in dem beschriebenen stationären Betriebszustand der Volumenstrom durch die Vorpumpe um mindestens den Faktor 50, vorzugsweise mindestens den Faktor 100 kleiner sein als der Volumenstrom durch die Boosterpumpe. Der Volumenstrom am Eingang der Boosterpumpe in dem stationären Betriebszustand ist vorzugsweise größer als 1000 m³/h, weiter vorzugsweise größer als 5000 m³/h.

[0026] Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Schraubenpumpe als Boosterpumpe wird außerdem die Möglichkeit eröffnet, eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe als Vorpumpe zu verwenden. Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen sind nicht geeignet für Drücke, die unterhalb des Dampfdrucks der Betriebsflüssigkeit liegen. Im Allgemeinen können diese Pumpen deswegen nicht für Drücke unterhalb von 30 mbar eingesetzt werden. Die erfindungsgemäße Schraubenpumpe kommt auf einen Ausgangsdruck von mehr als 30 mbar, auch wenn der Eingangsdruck unterhalb von 1 mbar liegt. Durch die Erfindung wird es folglich möglich, als Vorpumpe eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe zu verwenden.

[0027] Die Erfindung betrifft außerdem eine Schraube für eine solche Schraubenpumpe. Die Schraube umfasst zwei Gewinde, die sich jeweils von einer Saugseite zu einer Druckseite erstrecken. Erfindungsgemäß zeichnet die Schraube sich dadurch aus, dass die Gewinde jeweils zwei Gewindegänge aufweisen, wobei die Gewindegänge vorzugsweise in Radialrichtung zueinander symmetrisch sind. Die Schraube kann mit weiteren Merkmalen fortgebildet werden, die mit Bezug auf die erfindungsgemäße Pumpe beschrieben sind.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand einer vorteilhaften Ausführungsform beispielhaft beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1: eine perspektivische, teilweise weggebrochene Darstellung einer erfindungsgemäßen Schraubenpumpe;
- Fig. 2: einen Ausschnitt der Pumpe aus Fig. 1 in vergrößerter Darstellung;
- Fig. 3: die Ansicht aus Fig. 2 in einem anderen Zustand der Pumpe;
- Fig. 4: eine schematische Querschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Schraubenpumpe entlang der Achse einer Schraube;
- Fig. 5A/B: Schnitte entlang den Linien A-A und B-B in

- Fig. 4;
 Fig. 6: die Ansicht aus Fig. 4 in einem anderen Zustand der Schraubenpumpe; und
 Fig. 7: ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Anordnung.

[0029] Eine erfindungsgemäße Pumpe in Fig. 1 umfasst zwei Schrauben 14, die in einem Pumpengehäuse 15 aufgenommen sind. Eine der Schrauben 14 ist aufgrund des nicht vollständig dargestellten Pumpengehäuses 15 über die gesamte Länge sichtbar, während die andere Schraube 14 zu wesentlichen Teilen von dem Pumpengehäuse 15 verdeckt ist. Die beiden Schrauben 14 stehen in Eingriff miteinander, was bedeutet, dass die Gewindenvorsprünge der einen Schraube 14 in die Vertiefung zwischen zwei Gewindenvorsprüngen der anderen Schraube 14 eingreifen.

[0030] Die Pumpe umfasst eine Steuer- und Antriebseinheit 16, in der für jede der Schrauben 14 ein elektronisch gesteuerter Antriebsmotor 17 angeordnet ist. Die elektronische Steuerung der Antriebsmotoren 17 ist so eingerichtet, dass die beiden Schrauben 14 vollständig synchron zueinander laufen, ohne dass die Gewindenvorsprünge der Schrauben 14 sich berühren. Als zusätzliche Sicherheit gegen Schäden an den Schrauben 14 sind die beiden Schrauben 14 jeweils mit einem Zahnrad 18 ausgestattet. Die Zahnräder 18 stehen in Eingriff miteinander und bewirken eine Zwangskopplung der beiden Schrauben 14 für den Fall, dass die elektronische Synchronisation der Schrauben 14 ausfällt.

[0031] Jede Schraube 14 ist mit zwei Gewinden 19 ausgestattet, so dass die Pumpe insgesamt vier Gewinde 19 aufweist. Die Gewinde 19 erstrecken sich jeweils von einer Saugseite 20 im Zentrum der Schraube 14 zu einer Druckseite 21 an den äußeren Enden der Schraube 14. Die beiden Gewinde einer Schraube 14 sind gegenläufig ausgerichtet, so dass sie von der Saugseite 20 zu der Druckseite 21 hin arbeiten.

[0032] Jedes der Gewinde 19 umfasst einen ersten Gewindegang 22 und einen zweiten Gewindegang 23. Die Gewinde 19 sind also zweigängig in dem Sinne, dass die Gewindegänge 22, 23 miteinander verschränkt sind, so dass sie zusammen eine doppelhelixartige Form bilden. Die beiden Gewindegänge 22, 23 sind so geformt, dass die Gewinde 19 in Radialrichtung symmetrisch sind. Betrachtet man die Schraube 14 von der Druckseite des ersten Gewindes 19 bis zur Druckseite des zweiten Gewindes 19, so hat die Schraube 14 außerdem eine Symmetrie in Längsrichtung.

[0033] Die Gewinde 19 sind so gestaltet, dass im Bereich der Saugseite 20 ein größeres Volumen zwischen zwei benachbarten Gewindenvorsprüngen eingeschlossen ist als im Bereich der Druckseite 21. Das Volumen der Arbeitskammern, das dem zwischen den Gewindenvorsprüngen eingeschlossenen Volumen entspricht, reduziert sich also von der Saugseite zur Druckseite, so dass in der Arbeitskammer enthaltenes Gas auf dem Weg von der Saugseite zur Druckseite komprimiert wird.

[0034] Das Gehäuse 15 der Pumpe ist mit einer Eingangsöffnung 24 versehen, die so angeordnet ist, dass sie Zugang zu den Saugseiten 20 aller vier Gewinde 19 bietet. Um einen großen Volumenfluss in die Pumpe hinein zu ermöglichen, hat die Eingangsöffnung 24 einen großen Querschnitt. Im Ausführungsbeispiel ist die Querschnittsfläche der Eintrittsöffnung 24 größer als die von einer Schraube 14 aufgespannte kreisförmige Kontur.

[0035] Um den Volumenfluss in die Arbeitskammern hinein weiter zu verbessern, ist am Gehäuse 15 der Pumpe ein Saugspalt 25 ausgebildet, der sich an die Eingangsöffnung 24 anschließt und der Kontur der Schraube 14 in Umfangsrichtung folgt. In Längsrichtung erstreckt sich der Saugspalt 25 etwa über die Hälfte der Länge des Gewindes 19 zwischen der Saugseite 20 und der Druckseite 21. In Umfangsrichtung variiert die Abmessung des Saugspalts 25 mit der Eingangsöffnung, je weiter sich die Eingangsöffnung 24 an der betreffenden Stelle zur Seite erstreckt, desto kürzer ist die Erstreckung des Saugspalts 25 in Umfangsrichtung an dieser Stelle. An der breitesten Stelle der Eingangsöffnung 24 erstreckt der Saugspalt 25 sich über einen Umfangswinkel von etwa 45°. In dem Bereich, in dem die Eingangsöffnung 24 den Saugspalt 25 nicht mehr überdeckt, erstreckt der Saugspalt 25 sich über einen Umfangswinkel von etwa 120°. Die Abmessung des Saugspalts 25 in Radialrichtung entspricht dem Abstand zwischen dem Pumpengehäuse 15 und der Kontur der Schraube 14 in diesem Bereich. Dieser Abstand liegt in der Größenordnung von etwa 10 mm.

[0036] Durch den Saugspalt ist das Gas nicht darauf beschränkt, in Radialrichtung in die Arbeitskammern einzutreten, sondern das Gas kann sich auch über einen Gewindenvorsprung hinweg durch den Saugspalt hindurch in die Arbeitskammer hinein bewegen. Der Volumenstrom in die Arbeitskammer hinein wird dadurch weiter vergrößert.

[0037] Ein weiterer Beitrag zur Vergrößerung des Volumenstroms in die Arbeitskammer hinein wird dadurch erreicht, dass zwischen der Saugseite 20 des ersten Gewindes 19 einer Schraube 14 und der Saugseite 20 des zweiten Gewindes 19 der Schraube 14 ein Abstand besteht. Dadurch bleibt im Zentrum der Schraube 14 Platz frei, durch den das Gas auch in radialer Richtung in die Arbeitskammer eintreten kann.

[0038] Der Bereich, in dem sich der Saugspalt 25 erstreckt (= erster Gehäuseabschnitt 26), dient der Befüllung der Arbeitskammern. In dem sich daran anschließenden zweiten Gehäuseabschnitt 27 ist der Abstand zwischen dem Gehäuse und der Kontur der Schraube 14 so klein wie es technisch möglich ist (radialer Minimalabstand). Im zweiten Gehäuseabschnitt findet die Kompression statt und ein Leckfluss von einer Arbeitskammer in die nächste Arbeitskammer ist unerwünscht. Am Übergang vom ersten Gehäuseabschnitt 26 zum zweiten Gehäuseabschnitt 27 ist eine Übergangskante 28 ausgebildet. Die Übergangskante 28 erstreckt sich in Umfangsrichtung über den gesamten Saugspalt 25 und

definiert den Übergang vom Saugspalt 25 zu dem zweiten Gehäuseabschnitt 27, in dem der radiale Minimalabstand zwischen dem Gehäuse 15 und der Schraube 14 besteht.

[0039] Die Kompression beginnt, sobald die Arbeitskammer in den zweiten Gehäuseabschnitt übergegangen ist, sobald also der Gewindenvorsprung, der die Arbeitskammer zur Saugseite hin begrenzt, mit der Übergangskante 28 abgeschlossen hat. Die Übergangskante 28 ist so angeordnet, dass der Abschluss zwischen dem Gewindenvorsprung und der Übergangskante 28 zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem die Arbeitskammer noch ihr maximales Volumen hat.

[0040] In Umfangsrichtung betrachtet schließt die Übergangskante 28 einen Winkel mit der Querrichtung ein, der kleiner ist als die Steigung des Gewindenvorsprungs, der mit der Übergangskante 28 abschließt. Dadurch wird erreicht, dass der Abschluss zwischen dem Gewindenvorsprung und der Übergangskante 28 nicht schlagartig erfolgt, sondern sich über eine kurze Zeitspanne erstreckt. Dadurch reduziert sich das Betriebsgeräusch der Pumpe.

[0041] Die eigentliche Volumenkompression findet in einem kurzen Abschnitt des Gewindes unmittelbar nach dem Abschluss der Arbeitskammer statt. Die sich daran anschließenden weiteren Windungen des Gewindes dienen der Abdichtung und bewirken noch eine thermodynamische Kompression.

[0042] Auf der Druckseite 21 des Gewindes 19 wird das Gas aus der Arbeitskammer abgegeben. Durch eine Bohrung 29 in dem Pumpengehäuse 15 wird das komprimierte Gas von den außen liegenden Druckseiten 21 zu einer zentralen Auslassöffnung zusammengeführt. Die Auslassöffnung, die in den Figuren nicht sichtbar ist, ist der Einlassöffnung 24 gegenüber angeordnet. Die Bohrung 29 ist, wie die Figuren 2, 3 und 5 zeigen, in das Pumpengehäuse 15 integriert und erstreckt sich zwischen den beiden Schrauben 14, wobei die Leitung 29 teilweise innerhalb einer auf beiden Schrauben 14 aufliegenden Tangentialfläche 35 angeordnet ist.

[0043] Gemäß Fig. 6 ist die erfindungsgemäße Pumpe so konstruiert, dass die Steuer- und Antriebseinheit 16 zusammen mit den Schrauben 14 eine Baueinheit bildet, die als solche aus dem Gehäuse 15 herausgezogen werden kann. Falls eine Wartung oder Reparatur erforderlich ist, kann die Baueinheit ausgetauscht werden, ohne dass das Pumpengehäuse 15 aus der Anlagenumgebung herausgelöst werden muss.

[0044] An dem der Steuer- und Antriebseinheit 16 abgewandten Ende der Schraube 14 ist ein Lager 31 angeordnet, das fest auf der Welle sitzt und gleitend in einer Lageraufnahme 34 des Pumpengehäuses 15 aufgenommen ist. Wenn die Baueinheit aus dem Gehäuse 15 herausgezogen wird, löst sich das Lager 31 aus der Lageraufnahme 34 und wird ebenfalls aus dem Gehäuse 15 entfernt.

[0045] Ein Anwendungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Schraubenpumpe ist in Fig. 7 gezeigt, wo eine

Pumpenanordnung aus einer Boosterpumpe 30 und einer Vorpumpe 33 an einen zu evakuierenden Raum 32 angeschlossen ist. Bei der Boosterpumpe 30 handelt es sich um eine erfindungsgemäße Schraubenpumpe, die Vorpumpe 33 ist eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe. Die Pumpenanordnung ist so bemessen, dass aus dem Raum 32 ein Volumenstrom von 4000 m³/h angesaugt werden kann, um den Druck in dem Raum 32 bei 0,5 mbar konstant zu halten.

[0046] Dazu wird die Boosterpumpe 30, deren Schrauben 14 einen Durchmesser von etwa 25 cm haben, mit einer Drehzahl von ungefähr 15.000 U/min betrieben. Am Ausgang der Boosterpumpe 30 und damit am Eingang der Vorpumpe 33 liegt ein Druck von etwa 50 mbar an. Nach dem Gasgesetz bedeutet dies für die Vorpumpe 33 einen Volumenstrom von 400 m³/h. Die Vorpumpe 33 komprimiert diesen Volumenstrom auf Atmosphärendruck und gibt ihn an die Umgebung ab.

Patentansprüche

1. Schraubenpumpe mit zwei Schrauben (14), bei der jede Schraube (14) ein erstes Gewinde (19) und ein zweites Gewinde (19) aufweist, bei der die Gewinde (19) sich jeweils von einer Saugseite (20) zu einer Druckseite (21) erstrecken und bei der die Gewinde (19) miteinander in Eingriff stehen, so dass die Gewinde (19) in eine Mehrzahl von Arbeitskammern unterteilt sind, deren Volumen von der Saugseite (20) zu der Druckseite (21) abnimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gewinde (19) zwei Gewindegänge aufweisen und dass das Gehäuse (15) mit einer Eingangsöffnung (24) versehen ist, die größer ist als 60 % der Querschnittsfläche des Gewindes (19).
2. Schraubenpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schrauben (14) eine in Längsrichtung symmetrische Gestalt haben, wenn man jeweils den zwischen den beiden äußeren Enden der Gewinde (19) eingeschlossenen Abschnitt der Schraube (14) betrachtet.
3. Schraubenpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gehäuse (15) vorgesehen ist, in dem die Schrauben (14) aufgenommen sind, und dass das Gehäuse (15) so gestaltet ist, dass es im Bereich eines Gewindes (19) einen ersten Gehäuseabschnitt (26) und einen zweiten Gehäuseabschnitt (27) aufweist, wobei in dem ersten Gehäuseabschnitt (26) ein Saugspalt (25) zwischen dem Gehäuse (15) und dem Gewinde (19) besteht und wobei in dem zweiten Gehäuseabschnitt (27) ein radialer Minimalabstand zwischen dem Gehäuse (15) und dem Gewinde (19) besteht.
4. Schraubenpumpe nach Anspruch 3, **dadurch ge-**

- kennzeichnet, dass** der radiale Abstand zwischen dem Gehäuse (15) und dem Gewinde (19) im Bereich des Saugspalts (15) um mindestens den Faktor 50, vorzugsweise den Faktor 100, weiter vorzugsweise den Faktor 200 größer ist als der radiale Minimalabstand.
5. Schraubenpumpe nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erstreckung des Saugspalts (15) in Umfangsrichtung mindestens 10 %, vorzugsweise mindestens 20 %, weiter vorzugsweise mindestens 30 % des Umfangsabschnitts entspricht, in dem das Gehäuse (15) die Schraube (14) im ersten Gehäuseabschnitt (26) umgibt.
6. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erstreckung des Saugspalts (25) in Längsrichtung mindestens 20 %, vorzugsweise mindestens 30 %, weiter vorzugsweise mindestens 40 % der Länge des Gewindes (19) entspricht.
7. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt (26) und dem zweiten Gehäuseabschnitt (27) eine Übergangskante (28) ausgebildet ist.
8. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (15) mit einer Eingangsöffnung (24) versehen ist und dass die Eingangsöffnung (24) größer ist als 80 %, weiter vorzugsweise 100 % der Querschnittsfläche des Gewindes (19) .
9. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die inneren Enden der beiden Gewinde (19) einer Schraube (14) voneinander beabstandet sind.
10. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Leitung (29) vorgesehen ist, die sich von einer außen angeordneten Druckseite (21) zu einer Auslassöffnung erstreckt, wobei die Leitung (29) sich zwischen den beiden Schrauben (14) erstreckt und wenigstens teilweise innerhalb einer auf beiden Schrauben (14) aufliegenden Tangentialfläche (35) angeordnet ist.
11. Schraubenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Einheit aus den beiden Schrauben (14) und dem Antrieb (16) aufweist und dass die Einheit lösbar mit dem Pumpengehäuse (15) verbunden ist.
12. Pumpenanordnung aus einer Boosterpumpe (30) und einer nachfolgenden Vorpumpe (33), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Boosterpumpe (30) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist.
13. Pumpenanordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem stationären Betriebszustand, in dem die Boosterpumpe (30) im Wesentlichen den maximal möglichen Volumenstrom angesaugt und der Druck am Eingang der Boosterpumpe (30) bei einem Wert von weniger als 1 mbar konstant gehalten wird, der Volumenstrom durch die Vorpumpe (33) um mindestens den Faktor 50, vorzugsweise mindestens den Faktor 100 kleiner ist als der Volumenstrom durch die Boosterpumpe (30).
14. Pumpenanordnungen nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpe (33) eine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe ist.

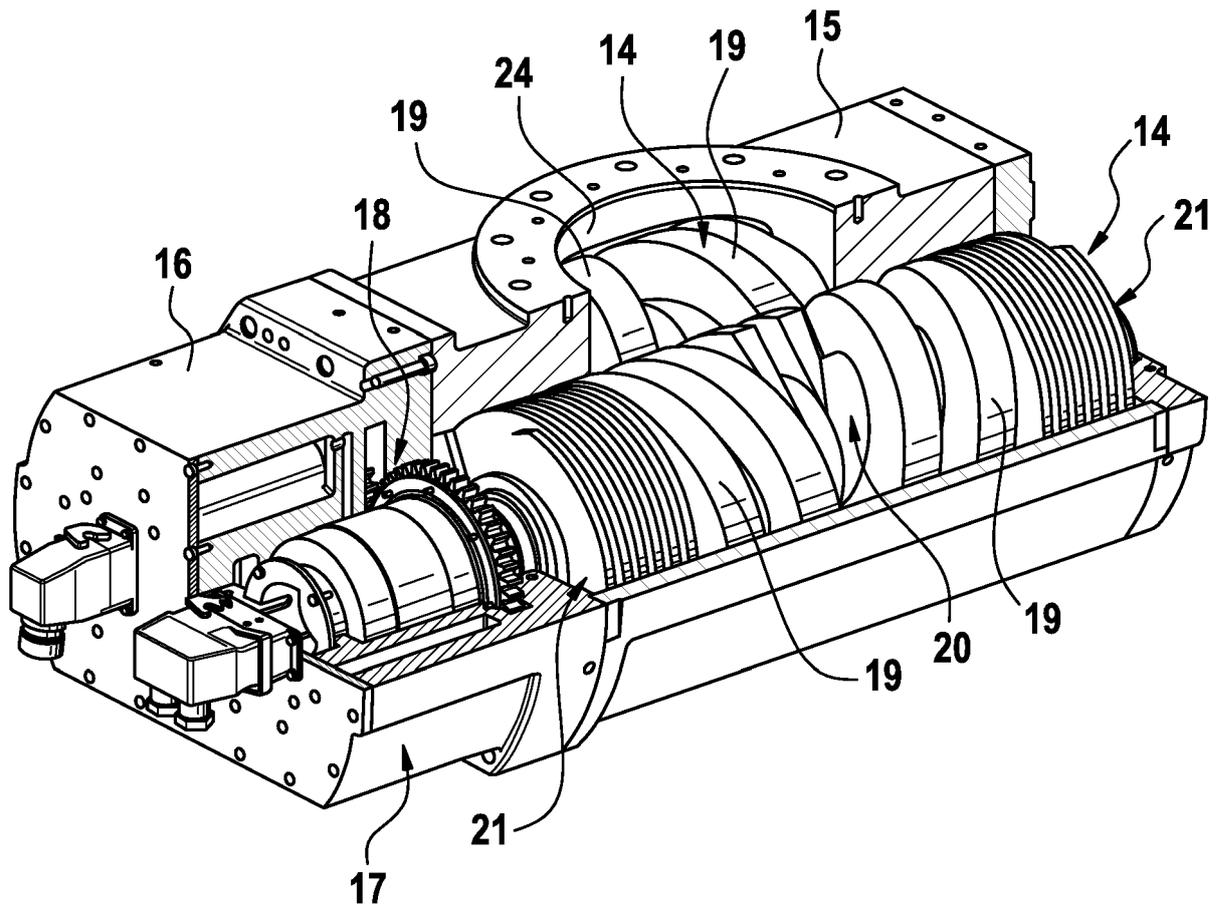


Fig. 1

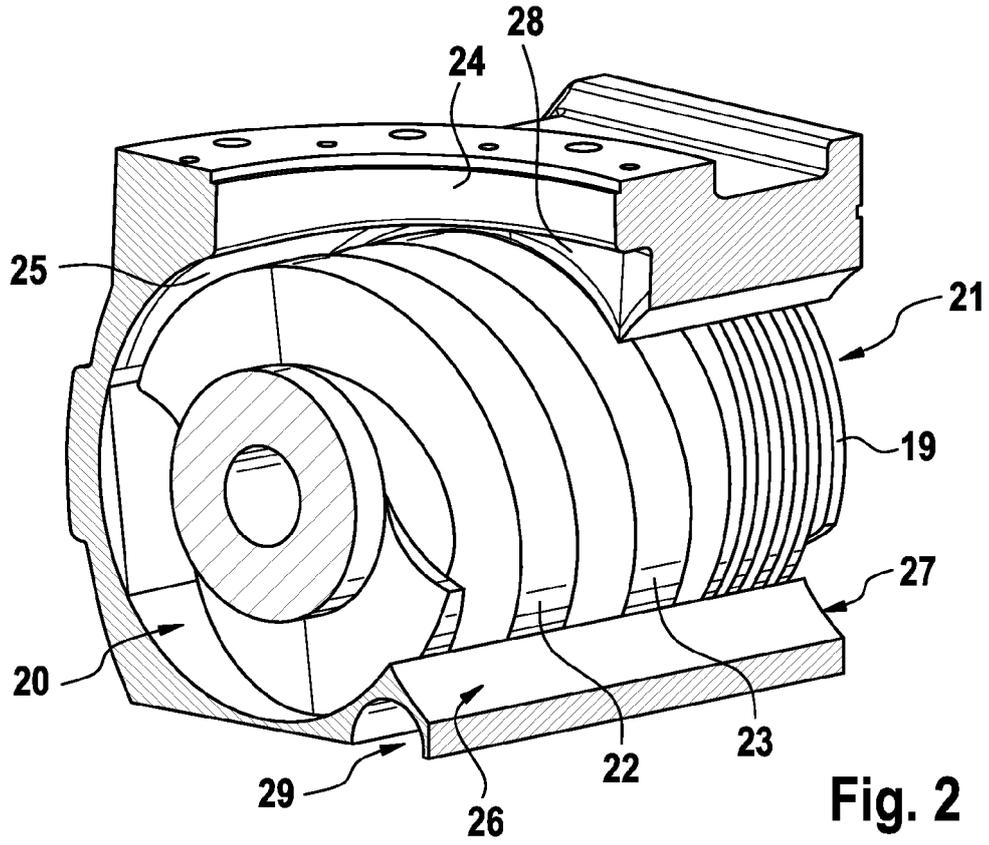


Fig. 2

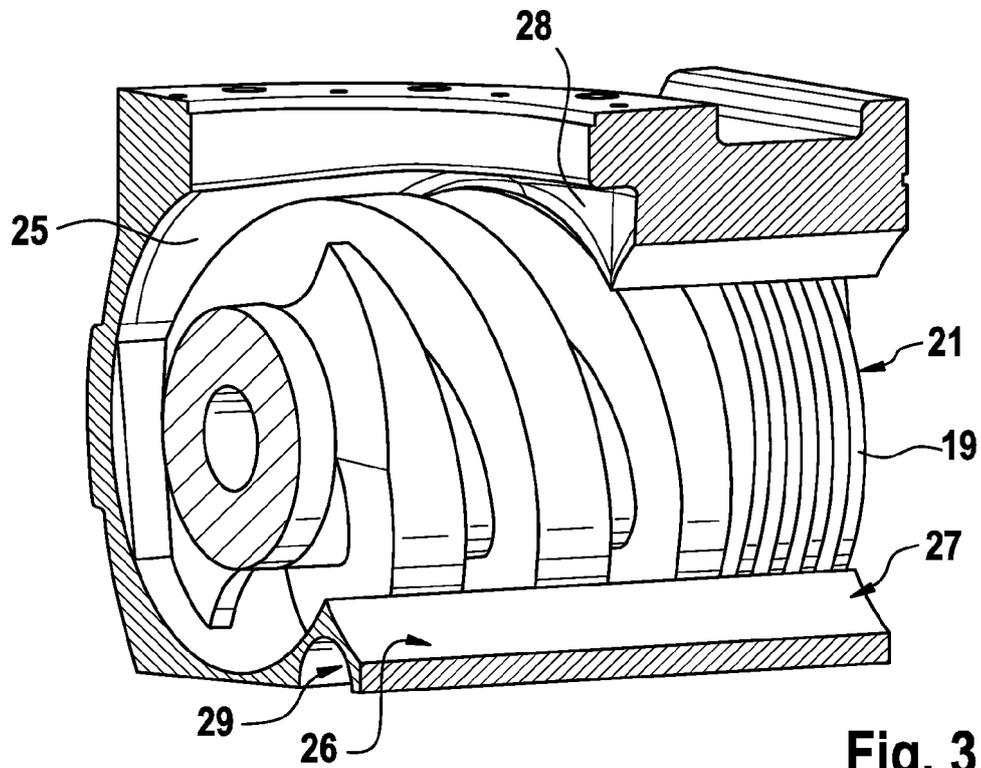


Fig. 3

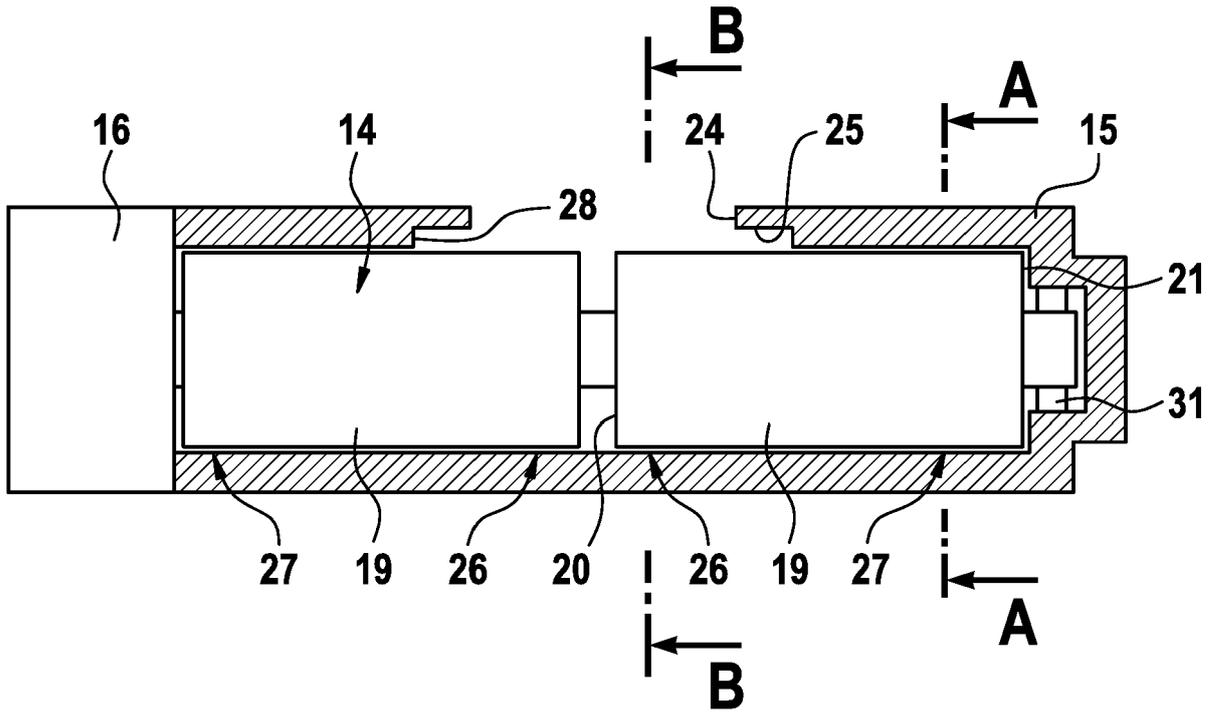


Fig. 4

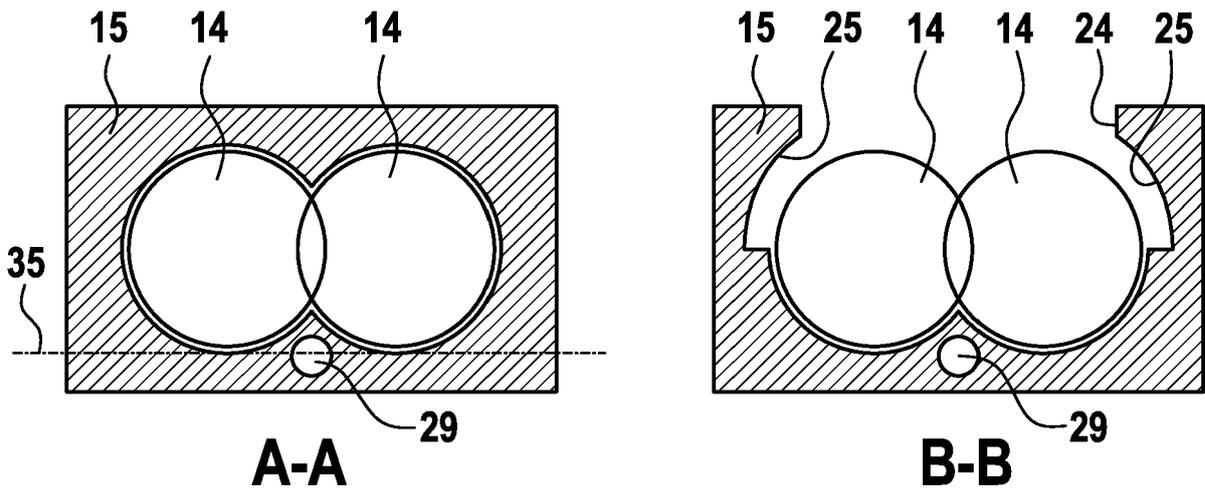


Fig. 5

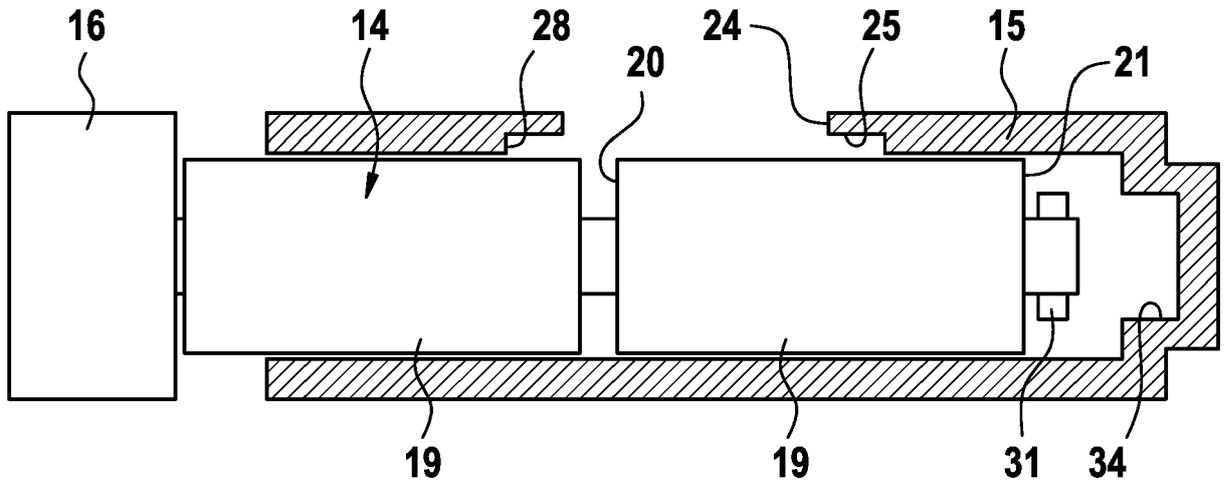


Fig. 6

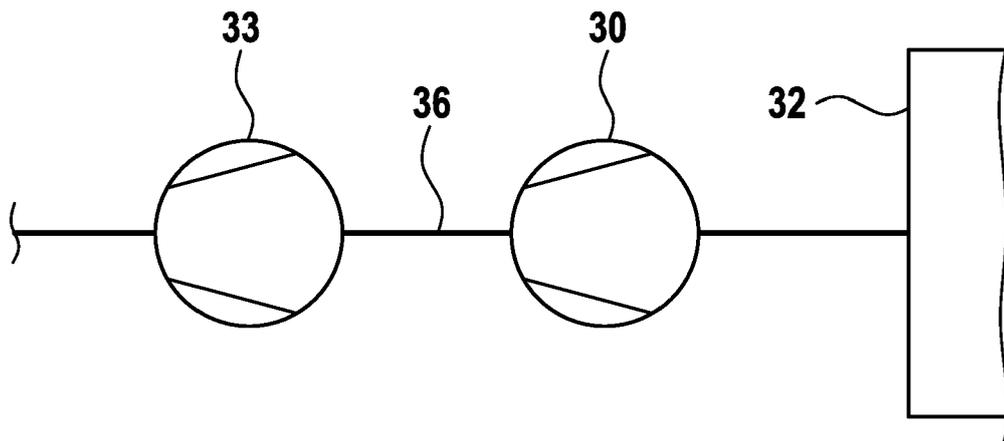


Fig. 7