



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.05.2008 Patentblatt 2008/19**

(51) Int Cl.:  
**F04B 37/14 (2006.01) F04B 49/20 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07019879.1**

(22) Anmeldetag: **11.10.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK RS**

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**  
**35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Cromm, Thomas**  
**35781 Weilburg (DE)**  
• **Kallenborn, Stefan**  
**35578 Wetzlar (DE)**

(30) Priorität: **28.10.2006 DE 102006050943**

(54) **Vakuumpumpe**

(57) Vakuumpumpe und Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe (1) mit wenigstens zwei Pumpstufen (2,3), einem Motor (8), einer Motoransteuerung (9) und einer Antriebskraftübertragungseinheit (7). Zwischen den Pumpstufen ist ein gasdruckempfindlicher Signalgeber (10) angeordnet, welcher mit einer Auswerteeinheit (11) in elektrischer Verbindung (12) steht, wobei die Auswerteeinheit ihrerseits mit der Motoransteuerung in Verbindung steht, so dass eine Drehzahlstellung in Abhängigkeit vom durch den Signalgeber gegebenen Signal möglich ist.

ber (10) angeordnet, welcher mit einer Auswerteeinheit (12) in elektrischer Verbindung (11) steht, wobei die Auswerteeinheit ihrerseits mit der Motoransteuerung in Verbindung steht, so dass eine Drehzahlstellung in Abhängigkeit vom durch den Signalgeber gegebenen Signal möglich ist.

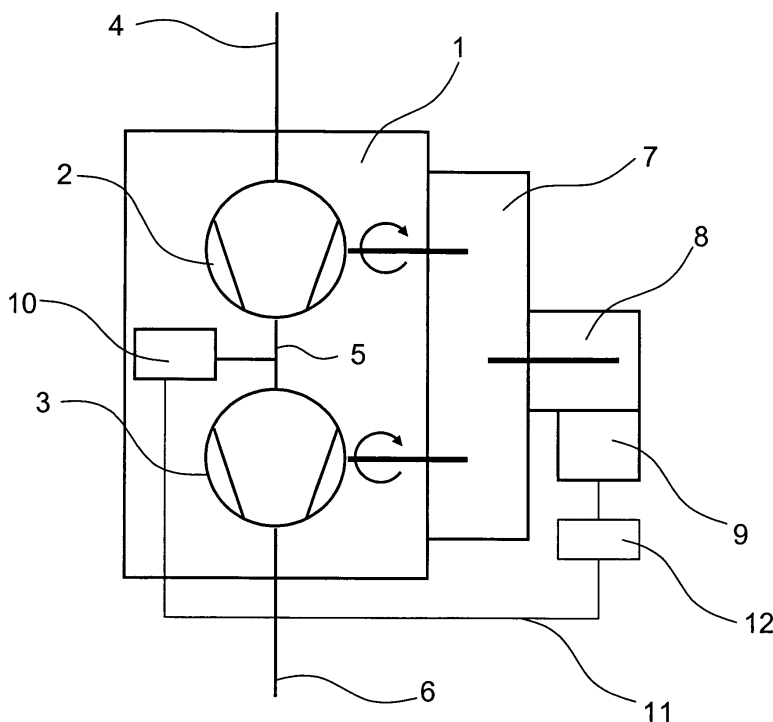


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit wenigstens zwei Pumpstufen, einem Motor, einer Motoransteuerung und einer Antriebskraftübertragungseinheit. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe mit zwei Pumpstufen, einer Motoransteuerung, die einen Motor mit wenigstens zwei verschiedenen Drehzahlen ansteuern kann.

**[0002]** In der Vakuumtechnik werden mit dem Begriff Vorpumpen meist gegen Atmosphäre ausstoßende Vakuumpumpen bezeichnet. Diese Bezeichnung geht darauf zurück, dass sie oftmals in Kombination mit solchen Vakuumpumpen verwendet werden, die ein Hochvakuum erzeugen können, dabei aber nicht bis zum Atmosphärendruck verdichten. Ein Beispiel für solch eine Hochvakuumpumpe ist die Turbomolekularpumpe. Beispiele für Vorpumpen sind Drehschieberpumpen, Kolbenpumpen und Membranpumpen. Sehr oft sind die Vorpumpen mehrstufig ausgeführt, da die mit ihnen kombinierten Hochvakuumpumpen nur einen Druck von wenigen Millibar an ihrem Gasauslass erzeugen und daher ein weiter Druckbereich überbrückt werden muss.

**[0003]** Sowohl in der Anwendung als Vorpumpe als auch bei der eigenständigen Erzeugung eines Endvakuums in einem Rezipienten muss die Vorpumpe zunächst große Gasmengen verdichten. Für die gängigen Bauformen wie Membranpumpe und Kolbenpumpe bedeutet das, dass sie einen entsprechend groß dimensionierten Schöpfraum aufweisen muss. Die pro Zeiteinheit verdichtbare Gasmenge ist bei diesen Beispielen vom maximalen Schöpfraumvolumen und der Frequenz abhängig, mit der der Schöpfraum von seiner maximalen auf die minimale Größe verändert wird. Fällt wenig Gas an, ist die Vorpumpe in Hinsicht auf Schöpfraumvolumen und Drehzahl überdimensioniert. Von diesen Werten ist allerdings auch die Leistungsaufnahme der Vorpumpe abhängig und es ist wünschenswert, diese zu minimieren.

**[0004]** Um dieses Problem zu lösen, schlägt der Stand der Technik vor, die Drehzahl abzusenken. Beispielsweise lehrt die DE-OS 103 54 205, die Drehzahl einer Kolbenpumpe abhängig vom Eingangsdruck zu reduzieren.

**[0005]** Nachteilig an dieser Art Drehzahlstellung ist, dass zusätzlich zur der Vorpumpe selbst weitere Bauelemente wie Messröhre, Steuerelektronik, u.s.w. vorgesehen werden müssen, um den Eingangsdruck zu erfassen. Der Anwender steht vor dem Problem, dass er oft nur von einem Hersteller stammende und aufeinander abgestimmte Bauelemente miteinander kombinieren kann. Außerdem wird der ganze Aufbau dadurch raumgreifend.

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine kompakte Vakuumpumpe vorzustellen, die eine technisch einfache Lösung zur Minimierung der Leistungsaufnahme besitzt.

**[0007]** Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs

und mit einem Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe mit den Merkmalen des siebten Patentanspruchs. Die abhängigen Ansprüche stellen vorteilhafte Weiterbildung dar.

**[0008]** Durch die Anordnung eines gasdruckempfindlichen Signalgebers zwischen den Pumpstufen der Vakuumpumpe wird ein integrierter, kompakter Aufbau erreicht. In den Bereich zwischen den Pumpstufen sind die Pumpstufen selbst mit eingeschlossen. Der Anwender muss keine zusätzlichen Bauteile installieren und kann in seinem Pumpstand Vakuumpumpen verschiedener Hersteller kombinieren. Ein noch kompakterer Aufbau wird erreicht, wenn Auswerteeinheit und Motorsteuerung Bestandteile einer gemeinsamen Einheit sind. Gerade bei trockenlaufenden Vakuumpumpen, d.h. solchen, in denen kein Arbeitsmittel im Schöpfraum schmiert und/oder abdichtet, ist auch der Verschleiß stark von der Drehzahl abhängig, so dass hier eine Drehzahlstellung von großem Vorteil ist. Vertieft werden die Vorteile bei jedem Typ Vakuumpumpe, insbesondere Vorpumpe, indem der Signalgeber am Gaseinlass der gegen Atmosphäre verdichtenden Pumpstufe angeordnet ist. Der Druck ist hier in einem mittleren Bereich zwischen End- und Atmosphärendruck, in dem Druckmessköpfe und Druckschalter technisch einfach und daher preiswert gestaltet sind. Vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei solchen Vakuumpumpen anwenden, bei denen wenigstens eine Pumpstufe berührend gedichtet ist. Bei diesen Vakuumpumpen sind Rückströmungen durch Spalte zwischen Rotor und Stator, Kolben und Zylinder, Membran und Gehäuse, usw. besonders gering, so dass das theoretische Saugvermögen bei allen Drehzahlen praktisch fast exakt erreicht wird. Weiterhin kommt die Erfindung vorteilhaft zum Einsatz in Vakuumpumpen, bei denen eine der Pumpstufen als Kolbenvakuumpumpe ausgebildet ist, da diese verschleißanfällige Dichtungen am Kolben aufweisen. Hierbei können die weiteren Pumpstufen als Kolben- oder Membranpumpstufen ausgebildet sein. Vorteilhaft ordnet man den Signalgeber in jenem oder in Gasverbindung zu jenem Ringraum an, der den Zylinder wenigstens teilweise in Höhe der Gaseinlassbohrung umgibt. Dieser Raum ist konstruktiv leicht zugänglich, so dass die Herstellung einfach ist und sich Pumpen sogar nachträglich umrüsten lassen.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren sorgt dafür, dass die Vakuumpumpe selbsttätig in einem sie schützenden, leistungsschonenden und energiesparenden Betrieb läuft. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich eine Absenkung der Drehzahl vorteilhaft auf die Geräusch- und Vibrationsentwicklung auswirkt. Es sind keine Maßnahmen bei oder nach der Installation der Vakuumpumpe zu treffen, die Drehzahlstellung erfolgt in der Vakuumpumpe selbst. Die Drehzahlstellung kann dabei gleitend erfolgen, d.h. die Drehzahl wird in Abhängigkeit vom Gasdruck kontinuierlich verändert. Darüber hinaus kann es durch Vorsehen einer geeigneten Rückkopplungsschleife auch eine echte Regelung sein. Für die Rückkopplungsschleife kann ein Drehzahlsensor beispiels-

weise im Motor, in der Antriebskraftübertragungseinheit oder in einer der Pumpstufen vorgesehen sein, der die wirkliche Drehzahl an die Motoransteuerung zurückkop-  
pelt. Im einfacheren Fall wird der gasdruckempfindliche  
Signalgeber verwendet, um den Druckwert rückzukop-  
peln. Dabei ist dann an geeigneter Stelle eine Möglichkeit  
vorzusehen, einen Druckwert vorzugeben. Dies kann  
beispielsweise durch geeignete Gestaltung der Motoran-  
steuerung geschehen. Eine Regelung erlaubt eine opti-  
male Ausnutzung der Drehzahlstellung. Die Drehzahl-  
stellung kann auch eine Umschaltung sein. Der Vorteil  
von dieser Variante ist, dass ein technisch einfacher und  
damit günstiger Druckschalter als Signalgeber verwen-  
det werden kann. Wenn nur eine Umschaltung zwischen  
zwei Drehzahlen erfolgt, kann eine kostengünstige und  
einfache Steuerelektronik für den Motor eingesetzt wer-  
den. Die vorteilhaften Weiterbildungen der Vakuump-  
pumpe lassen sich mit dem Verfahren und seinen Wei-  
terbildungen betreiben.

**[0010]** Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Er-  
findung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: Schema einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

Fig. 2: Schnitt durch die Vorvakuumpumpstufe einer  
erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

**[0011]** Die Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau einer  
erfindungsgemäßen Vakuumpumpe 1. Die Vakuumpumpe weist eine erste Pumpstufe 2 auf, welche über  
einen Gaseinlass 4 mit beispielsweise einem Rezipienten  
oder einer Hochvakuumpumpe in Verbindung steht.  
Über eine Gasführung 5 ist der Auslass der ersten Pump-  
stufe mit dem Einlass einer zweiten Pumpstufe 3 verbun-  
den. Diese stößt über einen Gasauslass 6 aus. Zwischen  
der Welle eines Motors 8 und den pumpaktiven Elementen  
der Vakuumpumpe sitzt eine Antriebskraftübertra-  
gungseinheit 7, welche dafür sorgt, dass die pumpakti-  
ven Elemente der beiden Pumpstufen gleichzeitig ange-  
trieben werden. Diese Antriebskraftübertragungseinheit  
kann beispielsweise eine Kurbeltrieb sein, an dem zwei  
Pleuel gelagert sind, die entweder Kolben oder Membranen  
antreiben. Je nach Pumpsystem kann es sich auch  
um ein Zahnradgetriebe mit oder ohne Übersetzung han-  
deln. Der Motor wird von einer Motoransteuerung 9 an-  
gesteuert, wobei diese Motoransteuerung den Motor mit  
wenigstens zwei unterschiedlichen Drehzahlen ansteu-  
ern kann.

**[0012]** Mit der Motoransteuerung 9 steht über eine  
elektrische Verbindung eine Auswerteeinheit 12 in Ver-  
bindung. Diese wertet das Signal aus, welches von ein-  
em gasdruckempfindlichen Signalgeber 10 erzeugt und  
übermittelt wird. Diese Übermittlung erfolgt über die  
Verbindung 11. Dieser Signalgeber kann ein Druckschal-  
ter oder ein Druckmesskopf sein. Er setzt den Gasdruck  
in der Gasführung 5 in ein elektrisches Signal um. Er  
kann dabei so ausgebildet sein, dass seine Funktion von  
der Gasart unabhängig ist, wodurch die Vorteile bei jeder

Art von Gasgemisch erreicht werden. Dieses Signal kann  
die Motorsteuerung auswerten und in Abhängigkeit vom  
Auswerteergebnis die passende Drehzahl stellen. Wenn  
beispielsweise der Gasdruck niedrig ist, führt die Aus-  
wertung dazu, dass die Motordrehzahl auf einen niedri-  
gen Wert abgesenkt wird. Das Signal des Signalgebers  
kann beispielsweise ein Spannungspegel sein. Es kann  
sich auch um ein digital aufbereitetes Signal handeln,  
wobei dann die Auswerteeinheit so eingerichtet ist, dass  
sie dieses digitale Signal auswerten kann.

**[0013]** Die zweite Figur zeigt eine Kolbenvakuum-  
pumpstufe 3, wie sie einer erfindungsgemäßen Pumpe  
verwendet werden kann. In einem Gehäuse 20 ist ein  
Zylinder 21 angeordnet, in welchem sich ein Kolben 22  
hin und her bewegt und dadurch den Schöpfraum 29  
periodisch vergrößert und verkleinert, wodurch die  
Pumpwirkung entsteht. Durch seine Bewegung öffnet er  
im oder nahe dem ersten von zwei Umkehrpunkten das  
Gasauslassventil 24, wodurch Gas über den im Gehäu-  
sedeckel vorgesehenen Auslassflansch 25 ausgestoßen  
werden kann. Auf dem Weg zum zweiten Umkehrpunkt  
gibt der Kolben die Gaseinlassbohrungen 27 frei, so dass  
Gas aus dem Ringraum 28 in den Schöpfraum 29 ge-  
langt. Im zweiten Umkehrpunkt kehrt sich die Bewe-  
gungsrichtung um, der Kolben überfährt auf dem Weg  
zum ersten Umkehrpunkt erneut die Gaseinlassbohrun-  
gen und trennt so Gaseinlass und Schöpfraum von ein-  
ander. Der Ringraum umgibt den Zylinder wenigstens  
teilweise in Höhe der Gaseinlassbohrungen. Er ist über  
eine Gasführung mit einer im Gasstrom vorgelagerten  
Pumpstufe verbunden. In diesem Ringraum ist der Si-  
gnalgeber 10 angeordnet. Er kann auch an einem  
Flansch angeschlossen sein, welcher über eine Bohrung  
im Gehäuse 20 mit dem Ringraum in Gasverbindung  
steht. Hierdurch wird die Umrüstung von Pumpen und  
der Austausch defekter gasdruckempfindlicher Signa-  
lgeber vereinfacht. Eine andere Möglichkeit besteht da-  
rin, den gasdruckempfindlichen Signalgeber in jenem  
Raum anzuordnen, indem sich der den Kolben antrei-  
benden Kurbeltrieb befindet. Dieser muss dann eine  
Gasverbindung zum Ringraum 28 aufweisen. Alternativ  
ist es auch möglich, den Signalgeber in der Zylinderwand  
mit direkter Gasverbindung zum Schöpfraum und damit  
in der Pumpstufe anzuordnen. Zwischen Kolben und Zy-  
linderinnenwand befindet sich eine berührende Dichtung  
23 mit L-förmigen Querschnitt. Durch die Berührung mit  
der Zylinderinnenwand verschleißt diese Dichtung.  
Ebenfalls für Verschleiß anfällig sind sämtliche Lager,  
beispielsweise in der Antriebskraftübertragungseinheit.  
Der Verschleiß kann durch Absenken der Drehzahl deut-  
lich verringert werden.

**[0014]** Die nach Abbildung 1 gestaltete und möglicher-  
weise nach Abbildung 2 weitergebildete Vakuumpumpe  
wird mit den im folgenden beschriebenen Verfahrenss-  
chritten betrieben. In einem ersten Schritt wird durch  
einen gasdruckempfindlichen Signalgeber ein vom Gas-  
druck zwischen den Pumpstufen 2 und 3 abhängiges Si-  
gnal erzeugt. Dieser Schritt kann beispielsweise durch

einen Membrandruckschalter verwirklicht werden, bei dem sich die Membran abhängig vom Gasdruck unterschiedlich stark durchbiegt und bei einem Grenzdruck einen elektrischen Kontakt schließt oder öffnet. Das Signal ist in diesem Fall ein Spannungspegel, der durch das Schließen oder Öffnen des Kontakts verändert wird.

**[0015]** In einem weiteren Schritt wird dieses Signal ausgewertet. Hierzu ist die Auswerteeinheit angepasst, den Spannungspegel zu verarbeiten. Denkbar ist, dass durch die Änderung des Spannungspegels die Schaltstellung eines Relais verändert wird. Ähnlich wirkende elektronische Schaltungen sind denkbar. Anstelle einer Umschaltung kann auch ein Vergleich mit einem vorgegeben Wert, beispielsweise einer Spannung, erfolgen und das Vergleichsergebnis dazu genutzt werden, die Drehzahl zu stellen.

**[0016]** Im weiteren Schritt wird nun in der Motorsteuerung die Drehzahl abhängig von dem Auswerteergebnis gestellt. Dies kann ein Umschalt- oder kontinuierlicher Vorgang sein, bei dem die Motorsteuerungselektronik abhängig von einem ihr übermittelten Spannungswert die von ihr erzeugte Drehzahl verändert.

**[0017]** Vorteilhaft für eine Vakuumpumpe ist es, das Verfahren so weiterzubilden, dass eine Absenkung der Drehzahl dann erfolgt, wenn das Signal des gasdruckempfindlichen Signalgebers zu einem Druck unterhalb des Atmosphärendrucks korrespondiert. Dieser Druck kann in einer nochmals die Vorteile vertiefenden Weiterbildung ein Druck nahe des Enddrucks der Vakuumpumpe sein. Die zu fördernden Gasmengen sind hier besonders gering, so dass die Drehzahl weit abgesenkt werden kann. Gerade für eine berührend gedichtete Vakuumpumpe, insbesondere eine Kolbenvakuumpumpe, ist der Effekt besonders hoch.

## Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit wenigstens zwei Pumpstufen (2, 3), einem Motor (8), einer Motoransteuerung (9) und einer Antriebskraftübertragungseinheit (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Pumpstufen ein gasdruckempfindlicher Signalgeber (10) angeordnet ist, welcher mit einer Auswerteeinheit (12) in elektrischer Verbindung (11) steht, wobei die Auswerteeinheit ihrerseits mit der Motoransteuerung in Verbindung steht, so dass eine Drehzahlstellung in Abhängigkeit vom durch den Signalgeber gegebenen Signal möglich ist.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinheit (12) in der Motorsteuerung (9) enthalten ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalgeber (10) am Gaseinlass der zur Atmosphäre ausstoßenden Pumpstufe (3) angeordnet ist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) wenigstens eine berührend gedichtete Pumpstufe aufweist.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) eine trockenlaufende Kolbenvakuumpumpe ist.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalgeber (10) in oder in Gasverbindung zu einem als Gaseinlass dienenden Ringraum (28) angeordnet ist, der einen Zylinder (21) wenigstens teilweise in Höhe einer Gaseinlassbohrung (27) umgibt.
7. Verfahren zum Betrieb einer Vakuumpumpe (1) mit zwei Pumpstufen (2, 3), einer Motoransteuerung (9), die einen Motor mit wenigstens zwei verschiedenen Drehzahlen ansteuern kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die Schritte aufweist:
  - Erzeugen eines vom Gasdruck zwischen den Pumpstufen (2, 3) abhängigen Signales mit einem gasdruckempfindlichen Signalgeber
  - Auswerten dieses Signales und
  - Stellen der Drehzahl abhängig vom Auswertungsergebnis.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehzahl in Abhängigkeit vom durch den Signalgeber gegebenen Signal geregelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom durch den Signalgeber gegebenen Signal zwischen zwei Drehzahlen geschaltet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem zu einem Druck unterhalb des Atmosphärendrucks korrespondierenden Signal eine Absenkung der Drehzahl erfolgt.

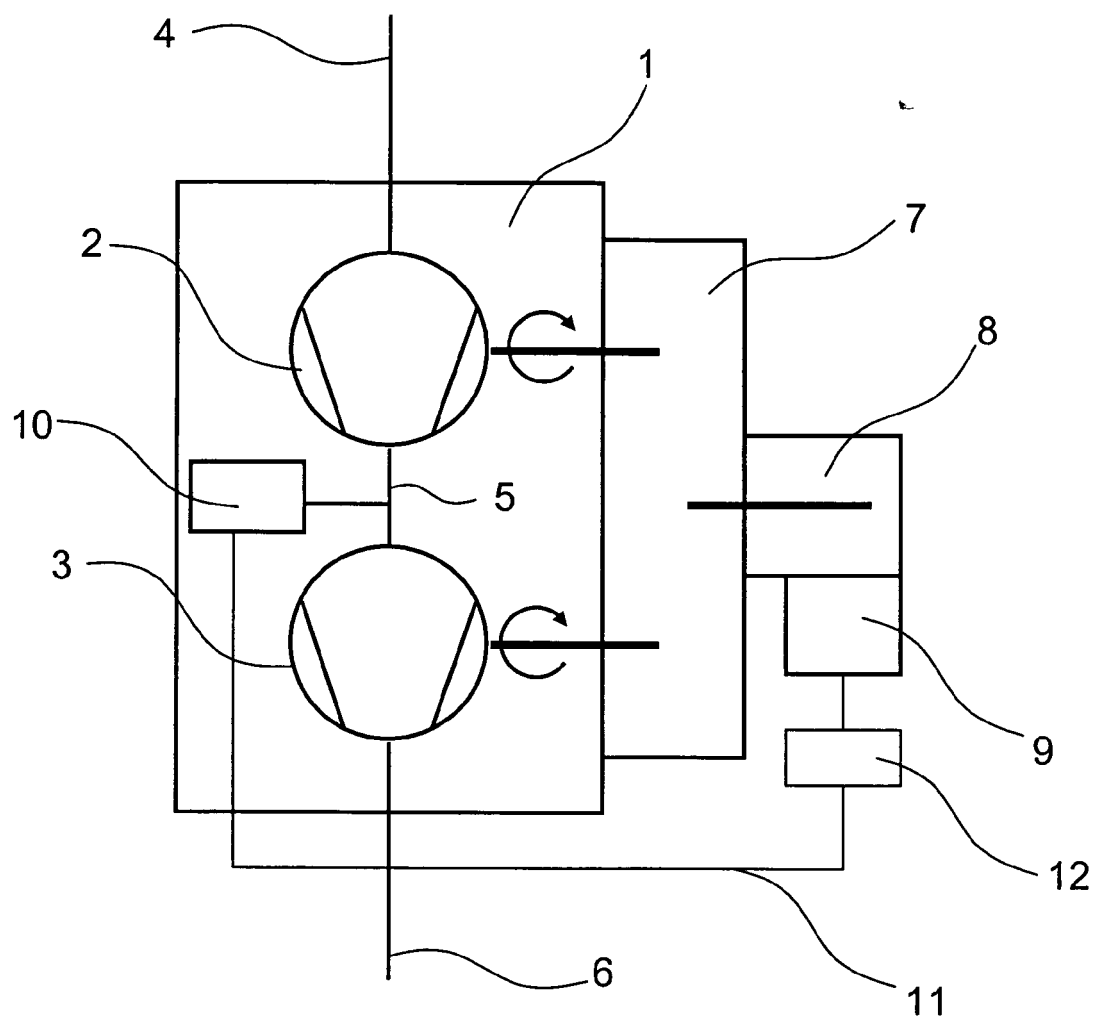


Fig. 1

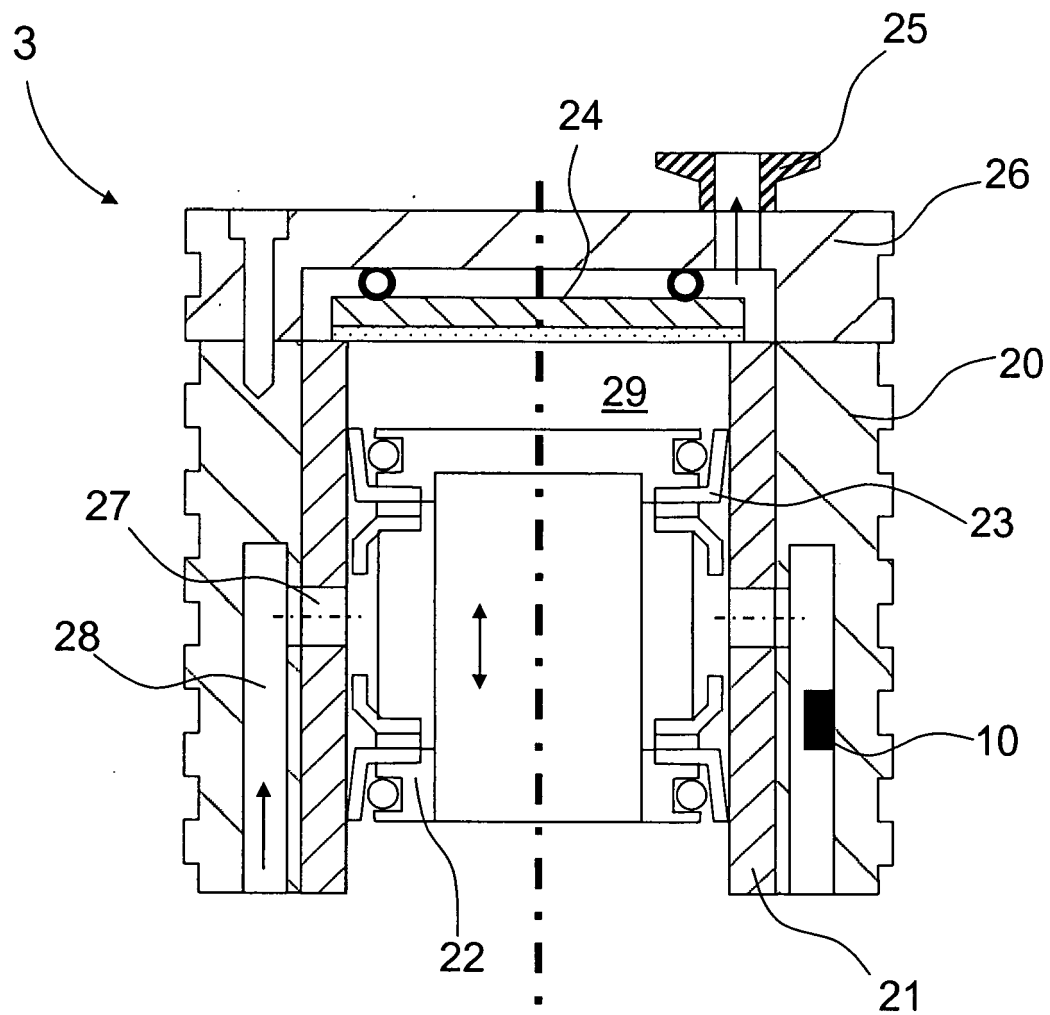


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10354205 A [0004]