



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 874 159 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.10.1998 Patentblatt 1998/44

(51) Int. Cl.⁶: **F04D 19/04**

(21) Anmeldenummer: **98110191.8**

(22) Anmeldetag: **31.03.1994**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **03.05.1993 DE 4314418**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
94913098.3 / 0 697 069

(71) Anmelder: **Leybold Vakuum GmbH**
50968 Köln (DE)

(72) Erfinder:
• **Schütz, Günter**
50679 Köln (DE)

- **Engländer, Heinrich**
52441 Linnich (DE)
- **Von Schulz-Hausmann, Friedrich Karl, Dr.**
53229 Bonn (DE)
- **Henning, Hinrich, Dr.**
51427 Bergisch-Gladbach (DE)

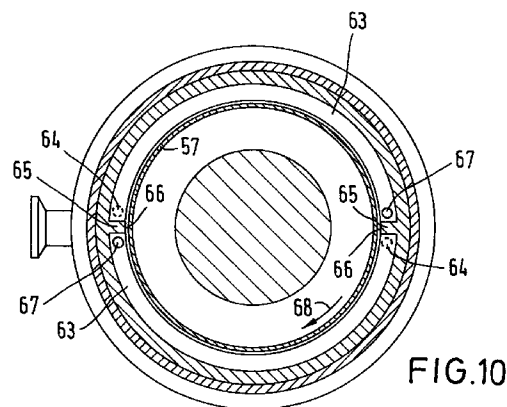
(74) Vertreter:
Leineweber, Jürgen, Dipl.-Phys.
Aggerstrasse 24
50859 Köln (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 04 - 06 - 1998 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Reibungsvakuumpumpe mit einer Gaedepumpenstufe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Reibungsvakuumpumpe mit einem Rotor (8, 10) und einem Stator (4) sowie mit einer Gaedepumpenstufe, die von einem Statorabschnitt (60) und einem Rotorabschnitt (15, 57) gebildet wird; um bei einer Reibungsvakuumpumpe dieser Art im Übergangsbereich zwischen molekularer und viskoser Strömung gute Fördereigenschaften zu erzielen, wird vorgeschlagen, dass der Statorabschnitt in Höhe der Gaedepumpenstufe mit einer Nut (63, 71, 72) ausgerüstet ist, die von radial einwärts gerichteten Stegen (61, 62) oder von Statorringscheiben (16) seitlich begrenzt ist, dass in die Nut (63, 71, 72) mindestens ein feststehender Vorsprung (65, 75, 76) hineinragt, der mit dem Rotorabschnitt (17, 57) einen Sperrspalt (66, 79) bildet, und dass sich Einlass (19, 64) und Auslass (67) der Gaedepumpenstufe in der Nähe des Vorsprungs (65, 75, 76) befinden, und zwar derart, dass sich der Einlass - in Drehrichtung des Rotorabschnittes (17, 57) gesehen - hinter dem Vorsprung (65, 75, 76) und der Auslass (67) vor dem Vorsprung (65, 75, 76) befindet.



EP 0 874 159 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Reibungspumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Allgemein gehören zu den Reibungsvakuumpumpen Gaede-Pumpen (in einem Gehäuse rotierender Zylinder mit Pumpspalt und zwischen Einlass und Auslass gelegenen Sperrspalt), Holweck-Pumpen (in einem Gehäuse rotierender Zylinder mit wendelförmigen, stator- oder rotorseitig angeordneten Nuten), Siegbahn-Pumpen (rotierende und stehende Ringscheiben mit spiralförmig gestalteten Nuten) und Turbomolekular-Pumpen, die mit Lauf- und Leitschaufeln ausgerüstet sind. Es ist bekannt, Reibungspumpen mit unterschiedlich gestalteten Pumpenabschnitten auszurüsten.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Reibungsvakuumpumpe mit einer einfachen Gaedespumpenstufe auszurüsten, die im Bereich des Übergangs zwischen Molekularströmung und viskoser Strömung gute Fördereigenschaften hat.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche gelöst.

Besonders vorteilhaft ist, dass die erfindungsgemäße Gaedepumpenstufe mit einer Siegbahnstufe kombinierbar ist, so dass eine kompakte Pumpstufe mit optimalen Fördereigenschaften realisiert werden kann. Mit einer in dieser Weise ausgebildeten Vakuumpumpe kann ein relativ hoher Vorvakuumdruck (größer 10 mbar) erzeugt werden, so dass Pumpen dieser Art mit kleinen und preiswerten Vorvakuum pumpen betrieben werden können.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand von in den Figuren 1 bis 18 dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigen

- Figur 1 eine Reibungsvakuumpumpe mit mehreren Stufen,
- Figur 2 einen Schnitt durch die Pumpe nach Figur 1 in Höhe der Statorscheibe einer Siegbahn-Stufe
- Figur 3 einen Schnitt durch die Pumpe nach Figur 1 in Höhe einer sich in Förderrichtung an den Siegbahn-Pumpenabschnitt anschließenden weiteren Pumpstufe,
- Figuren 4, 5 und 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Pumpe nach der Erfindung,
- Figuren 7, 8 ein Ausführungsbeispiel für eine Pumpe nach der Erfindung mit einer besonderen Rotoraufhängung,
- Figuren 9 bis 12 Schnitte durch weitere Lösungen für druckseitig angeordnete Pumpstufen und

- Figuren 13 bis 18 Schnitte durch Pumpstufen, die als kombinierte Siegbahn/Gaede-Stufen ausgebildet sind.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 handelt es sich um eine Reibungsvakuumpumpe 1, deren Gehäuse mit 2 bezeichnet ist. Der obere, zylindrisch gestaltete Gehäuseabschnitt 3 umfaßt und zentriert den Stator 4, der eine Mehrzahl von Statorringen 5, 6 und 7 umfaßt. Der Rotor 8 stützt sich über die Lager 9 und die Pumpenwelle 10 im Pumpengehäuse 2 ab. Der Antriebsmotor ist mit 11 bezeichnet. Während des Betriebs der Pumpe ist an den Einlaßflansch 12 ein zu evakuierender Rezipient angeschlossen. Infolge der Drehung des Rotors 8 werden die Gase zum Auslaß 13 gefördert, an den eine Vorvakuumpumpe angeschlossen ist.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist mit insgesamt 3 Pumpenabschnitten ausgerüstet. Der hochvakuumseitige Pumpenabschnitt besteht aus Turbomolekularpumpenstufen. Die Statorringe 5 tragen jeweils die nach innen gerichteten Statorschaufeln 14, denen am Rotor 8 befestigte Rotorscheufeln 15 zugeordnet sind. Der zweite Pumpabschnitt weist Siegbahn-pumpenstufen auf. Diese umfassen rotierende, am Rotor 8 befestigte Ringscheiben 16, deren Oberflächen eben sind. Zwischen den Rotorringscheiben 16 befinden sich die Statorringscheiben 17. Die Statorringe 6 tragen die Statorringscheiben 17; vorzugsweise sind sie einstückig ausgebildet. Die Statorringscheiben 17 sind stirnseitig mit spiralförmigen Vorsprüngen 18 und entsprechenden Nuten 19 ausgerüstet (vgl. Figur 2). Die spiralförmige Gestaltung ist jeweils so gewählt, daß eine kontinuierliche Gasströmung vom Einlaß 12 zum Auslaß 13 sichergestellt ist, d.h. daß beim dargestellten Ausführungsbeispiel die oberhalb einer Statorringscheibe 6 befindlichen pumpaktiven Flächen der Siegbahnstufen die Gase von außen nach innen und die unterhalb einer Statorringscheibe 6 befindlichen pumpaktiven Flächen der Siegbahnstufen die Gase von innen nach außen fördern. Es sind jeweils drei spiralförmige Nuten bzw. Vorsprünge vorgesehen, die sich jeweils über etwa 360° erstrecken. Die Anzahl, Tiefe, Breite und Steigung der Spiralen bestimmt die Pumpeigenschaften des aus Siegbahnstufen bestehenden Pumpenabschnittes. Durch Austauschen von Statorringscheiben 17 mit geeignet gestalteten Spiralen können die Pumpeigenschaften unterschiedlichen Einsatzbedingungen angepaßt werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 fördert die letzte druckseitige Siegbahn-Stufe die Gase von außen nach innen. Von dort aus gelangen sie in eine für den Zwischenbereich zwischen Molekularströmung und viskoser Strömung besonders geeignete Pumpenstufe, die nach Art einer Kreiselrad-Arbeitsmaschine ausgebildet ist. Diese umfaßt am Rotor 8 befestigte, in Bezug auf die Drehrichtung (Pfeil 21 in Figur 3) nach hinten gekrümmte, sich im wesentlichen axial erstreckende

Laufschaufeln 22. Diesen sind Kreiselrad-Arbeitsmaschine Leitschaufeln 23 zugeordnet, die vom Statorring 7 getragen werden. Die Leitschaufeln 23 bilden Strömungskanäle 24, die etwa senkrecht zu den äußeren Bereichen der Laufschaufeln angeordnet sind und vom Gas in etwa radialer Richtung nach außen durchströmt werden. Im äußeren Bereich sind die Strömungskanäle 24 mit Öffnungen 25 versehen, durch die die Gase zur Vorvakuumseite der Pumpe gelangen. In Figur 1 ist der Strömungsweg der Gase durch den Pfeil 26 gekennzeichnet.

Beim in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel fördert die erste auf die Turbomolekularpumpenstufen folgende Siegbahnstufe die Gase von außen nach innen. Die der Statorringscheibe 17 der ersten Siegbahnstufe vorgelagerte Rotorringscheibe 16 hat einen kleineren Durchmesser als die übrigen Rotorringscheiben 16 und trägt an ihrem Umfang gegenüber den übrigen Rotorscheufeln 15 verkürzte Schaufeln 27. Dadurch ist ein möglichst störungsfreier Übergang zwischen den verschiedenen Pumpenabschnitten gewährleistet. Für den Fall, daß die erste Siegbahnstufe die Gase von innen nach außen fördern soll, kann eine entsprechend gestaltete erste Statorringscheibe 17 mit gegenüber den übrigen Scheiben vergrößertem Innendurchmesser vorgesehen sein, die an ihrer Innenseite verkürzte Statorschaufeln trägt.

Auch beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 sind hochvakuum- bzw. einlaßseitig zunächst ein Turbomolekularpumpenabschnitt und daran anschließend ein Siegbahn-Pumpenabschnitt vorgesehen. Die sich an den Siegbahn-Pumpenabschnitt anschließende, vorvakuumseitige Pumpstufe ist nach Art einer Seitenkanalpumpe ausgebildet. Dazu sind in den einander zugewandten, sich radial erstreckenden Oberflächen der letzten Rotorringscheibe 28 (Fig. 5) und der letzten Statorringscheibe 29 (Fig. 6) im Querschnitt etwa halbrund gestaltete, einander zugewandte, im wesentliche kreisförmige Nuten 31, 32 vorgesehen. Die saugseitig angeordnete rotierende Nut 31 ist mit einer Vielzahl von Querstegen 33 ausgerüstet. Die druckseitig angeordnete, feststehende Nut 32 hat in Bezug auf die geförderten Gase einen Einlaß 34 und einen Auslaß 35. Ihr Einlaß 34 ist ein sich radial nach außen erstreckender Nutabschnitt, der die durch den peripheren Pumpspalt zwischen Ringscheibe 27 und Stator 4 strömenden Gase aufnimmt. Der Auslaß 35 ist eine sich im wesentlichen axial erstreckende Bohrung, welche die Nut 32 mit dem Vorvakuumraum verbindet. Einlaß 34 und Auslaß 35 liegen unmittelbar nebeneinander und sind durch einen Steg 36 voneinander getrennt, um Rückströmungen zu vermeiden. Eine Aufteilung der Nut 32 in zwei oder mehr Nutabschnitte, jeweils mit einem Einlaß 34 und einem Auslaß 35, ist möglich.

Beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 7 und 8 stützt sich die Welle 10 über ihre Lager 9 zunächst auf der Innenseite eines hülsenförmigen Trägers 41 ab. Das obere Ende des Trägers 41 ist mit einem Kragen 42

ausgerüstet. Das untere Ende des Trägers ragt in eine Ausnehmung 43 eines Gehäusebauteiles 44 hinein, welche nur einen geringfügig größeren Durchmesser hat als der Außendurchmesser des Trägers 41. Ein O-Ring 45 zwischen dem Träger 41 und der Innenseite der Ausnehmung 43 sichert die zentrische Position des Trägers 41. Zur Abstützung des Trägers 41 im Gehäuse 2 sind drei sich im wesentlichen axial erstreckende Stäbe 46 vorgesehen, die am Kragen 42 und am Gehäusebauteil 44 befestigt sind. Führt ein in dieser Weise aufgehängter Rotor 8 infolge von Stößen oder beim Durchfahren von Resonanzen Schwingungen aus, dann sind die Amplituden sehr klein und ausschließlich radial gerichtet. Der O-Ring 45 wirkt bei Schwingungen dieser Art als Dämpfungselement. Dadurch können die Pumpspalte zwischen den pumpaktiven Flächen, insbesondere zwischen den Stator- und Rotorringscheiben der Siegbahnstufen, sehr klein ausgebildet und damit eine sehr gute Pumpenwirkung erzielt werden.

Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Pumpe nach der Erfindung, bei der sich der Rotor auf einem feststehenden Zapfen 51 des Gehäuses 2 abstützt und der Antriebsmotor 11 als Außenläufermotor ausgebildet ist. Zur Befestigung der Stäbe 46 ist der Zapfen 51 an seinem oberen Ende mit einem Kragen 52 ausgerüstet. Der hülsenförmige Träger 41 weist an seinem unteren Ende einen nach innen gerichteten Rand 53 auf. Zwischen Kragen 52 und Rand 53 erstrecken sich die Stäbe 46.

Im übrigen schließt sich an den Siegbahn-Pumpenabschnitt druckseitig ein Holweckpumpenabschnitt an, der aus dem Statorring 55 mit den wendelförmig gestalteten Vorsprüngen 56 und der Außenseite des zylindrischen Rotorabschnittes 57 besteht. Dieser trägt auf seiner Innenseite den Motorrotor.

An den Holweckpumpenabschnitt schließt sich noch ein Gaedepumpenabschnitt an. Dieser umfaßt statorseitig den Statorring 60 mit zwei umlaufenden Stegen 61, 62, welche die Nut 63 bilden, und rotorseitig den entsprechend verlängerten Rotorabschnitt 57. Den Einlaß in die Gaedepumpenstufen bilden eine oder mehrere Öffnungen 64 (vgl. auch Fig. 10) im oberen Steg 61. Diese liegen unmittelbar neben einem oder mehreren feststehenden, in die Nut 63 hineinragenden Vorsprüngen 65, die mit dem Rotor 57 den Sperrspalt 66 bilden. Die Auslaßöffnung(en) 67 befinden sich im unteren Steg 62 und münden in den Vorvakuumraum der Pumpe 1. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 10 ist die Nut 63 in zwei Abschnitte aufgeteilt. Es sind zwei parallel zueinander angeordnete Gaedepumpenstufen vorgesehen. Sie weisen jeweils die Einlaßöffnung 64 sowie die Auslaßöffnungen 67 auf und erstrecken sich jeweils über etwa 180°. Der Pfeil 68 kennzeichnet die Drehrichtung des Rotors 57.

Bei den Ausführungen nach den Figuren 11 und 12 ist die Nut 63 nicht mehr ringförmig gestaltet. Durch entsprechende Wahl der Nut-Tiefe (oder auch Nut-Breite) haben die sich zwischen Einlaß 64 und Auslaß 67

erstreckenden Abschnitte der Nut 63 einen abnehmenden (Fig. 11) bzw. ständig wechselnden (Fig. 12) Querschnitt. Dadurch wird der gewünschte Druckaufbau erzielt. Bei der Ausführung nach Fig. 12 sind mehrere Kammern 69 vorhanden, in denen nacheinander ein relativ langsamer Druckaufbau und eine relativ schnelle Expansion stattfinden. Der Druck nimmt von Kammer zu Kammer zu.

Die Figuren 13 bis 18 zeigen Ausführungsformen für Siegbahnstufen, die mit Gaedestufen kombiniert sind. Die Außendurchmesser der rotierenden Ringscheiben 17 sind dazu derart gewählt, daß zwischen ihrer Peripherie und dem sie umgebenden Stator 4 jeweils ein äußerer Ringraum 71, 72 vorhanden ist. Weiterhin ist der Innendurchmesser der Statorringscheiben 16 derart gewählt, daß jeweils ein innerer Ringraum 73, 74 vorhanden ist. Aus Figur 13, welche eine Draufsicht auf eine Statorringscheibe mit zwei spiralförmigen Nuten 19 zeigt, ist ersichtlich, daß sich in den Ringräumen 71, 72 feststehende Vorsprünge 75, 76 bzw. 77, 78 befinden, die gemeinsam mit dem Außenumfang der Rotorringscheiben 16 bzw. dem rotierenden Zentralteil (z.B. Rotor 8 oder Welle 10) Sperrspalte 79, 80 bilden.

Während des Betriebs dreht sich der Rotor in Richtung des Pfeiles 81 (Fig. 13). Diese Drehung bewirkt ein Mitreißen der Gasmoleküle in den beiden Abschnitten des Ringraumes 71 in Richtung der Pfeile 82, 83 (Gaedepumpeffekt).

Infolge des Vorhandenseins der Vorsprünge 75, 76 werden die Gase in die spiralförmigen Nuten nach innen gefördert (Siegbahnpumpeffekt) und gelangen dort in die Abschnitte des Ringraumes 73. Dort werden sie in Richtung der Pfeile 84, 85 mitgerissen und gelangen auf der Unterseite der in Figur 13 in Draufsicht dargestellten Statorringscheibe 16 in die Nuten 19, welche derart ausgebildet sind, daß sie die Gase wieder nach außen fördern.

Beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 16 bis 18 sind die pumpaktiven Oberflächen dadurch vergrößert worden, daß die Höhe der äußeren Ringräume 71, 72 größer gewählt worden ist als die Dicke der rotierenden Scheiben 17 und daß die Scheiben 17 mit ihren äußeren Rändern in die Ringräume 71, 72 hineinragen. Die Vorsprünge 75, 76 müssen bei dieser Lösung U-förmig gestaltet sein (fig. 18). Auch innerhalb der inneren Ringräume kann die pumpwirksame Oberfläche vergrößert werden, wenn der rotierende Zentralteil mit Vorsprüngen ausgerüstet ist. Ein Beispiel für einen ringförmig gestalteten Vorsprung 86 ist in Figur 17 gestrichelt eingezeichnet.

Die beschriebenen und in den Figuren 13 bis 18 dargestellten Lösungen für kombinierte Gaede-/Siegbahnstufen können anstelle der in den Pumpen nach den Figuren 1, 4 und 7 wirksamen Siegbahnstufen vorhanden sein. Besonders geeignet sind die kombinierten Stufen jedoch für in der Nähe der Vorvakuumseite befindliche Pumpenabschnitte. Die Anzahl der in den jeweiligen Ringräumen 71 bis 74 vorhandener Sperr-

spalte ist beliebig. Sie ist der Anzahl und der Ausbildung der auf den Statorringscheiben befindlichen Nuten 19 anzupassen.

Patentansprüche

1. Reibungsvakuumpumpe mit einem Rotor (8, 10) und einem Stator (4) sowie mit einer Gaedepumpenstufe, die von einem Statorabschnitt (60) und einem Rotorabschnitt (15, 57) gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Statorabschnitt in Höhe der Gaedepumpenstufe mit einer Nut (63, 71, 72) ausgerüstet ist, die von radial einwärts gerichteten Stegen (61, 62) oder von Statorringscheiben (16) seitlich begrenzt ist, dass in die Nut (63, 71, 72) mindestens ein feststehender Vorsprung (65, 75, 76) hineinragt, der mit dem Rotorabschnitt (17, 57) einen Sperrspalt (66, 79) bildet, und dass sich Einlass (19, 64) und Auslass (67) der Gaedepumpenstufe in der Nähe des Vorsprungs (65, 75, 76) befinden, und zwar derart, dass sich der Einlass - in Drehrichtung des Rotorabschnittes (17, 57) gesehen - hinter dem Vorsprung (65, 75, 76) und der Auslass (67) vor dem Vorsprung (65, 75, 76) befindet.
2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei parallel zueinander angeordnete, sich radial erstreckende Stege (61, 62) des Statorabschnittes (60) gemeinsam mit einem zylindrischen Rotorabschnitt (57) eine oder mehrere Gaedepumpenstufen bilden, indem die von den Stegen (61, 62) gebildete Nut (63) mit ein oder mehreren Einlass- bzw. Auslassöffnungen (64, 67) und einem oder mehreren Vorsprüngen (65) zur Bildung eines oder mehrere Sperrspalte (66) ausgerüstet sind.
3. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Rotorringscheibe (17) zusammen mit Statorringscheiben (16) einen äußeren Ringraum (Nut 71, 72) bildet, der insgesamt oder abschnittsweise als Gaedepumpenstufe mit einem oder mehreren Vorsprüngen (75, 76) ausgebildet ist.
4. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe des äußeren Ringraumes (71, 72) größer ist als die Dicke der Rotorringscheiben (17) und dass die Scheibe (17) mit ihrem äußeren Rand in den Ringraum (71, 72) hineinragt.
5. Pumpe nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Statorringscheibe (16) mit dem Rotor (8) einen inneren Ringraum (73, 74) bildet, der insgesamt oder abschnittsweise als Gaedepumpenstufe ausgebildet ist.

6. Pumpe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (8) im Bereich des inneren Ringraumes (73, 74) mit Mitteln (86) zur Vergrößerung der pumpaktiven Oberfläche ausgerüstet ist.

5

7. Pumpe nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaedepumpenstufe mit einer Siegbahnstufe kombiniert ist.

10

8. Pumpe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorringscheibe (16) mit der oder den spiralförmigen Nuten (19, 19') ausgerüstet ist und dass die in den äußeren Ringraum (71, 72) bzw. in den inneren Ringraum (73, 74) mündende(n) Nut(en) (19, 19') den Einlass bzw. Auslass einer oder mehrerer Gaedepumpenstufen bildet (bilden).

15

9. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (63) oder ein sich von einem Einlass (64) zu einem Auslass (67) erstreckender Abschnitt der Nut (63) einen kontinuierlich abnehmenden Querschnitt hat.

20

10. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (63) oder ein sich vom Einlass (64) zum Auslass (67) erstreckender Abschnitt der Nut (63) einen ständig wechselnden Querschnitt hat.

25

30

11. Pumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt der Nut (63) oder eines Abschnittes der Nut (63) derart gestaltet ist, dass nacheinander mehrfach ein relativ langsamer Druckaufbau und eine relativ schnelle Expansion stattfinden.

35

40

45

50

55

FIG.1

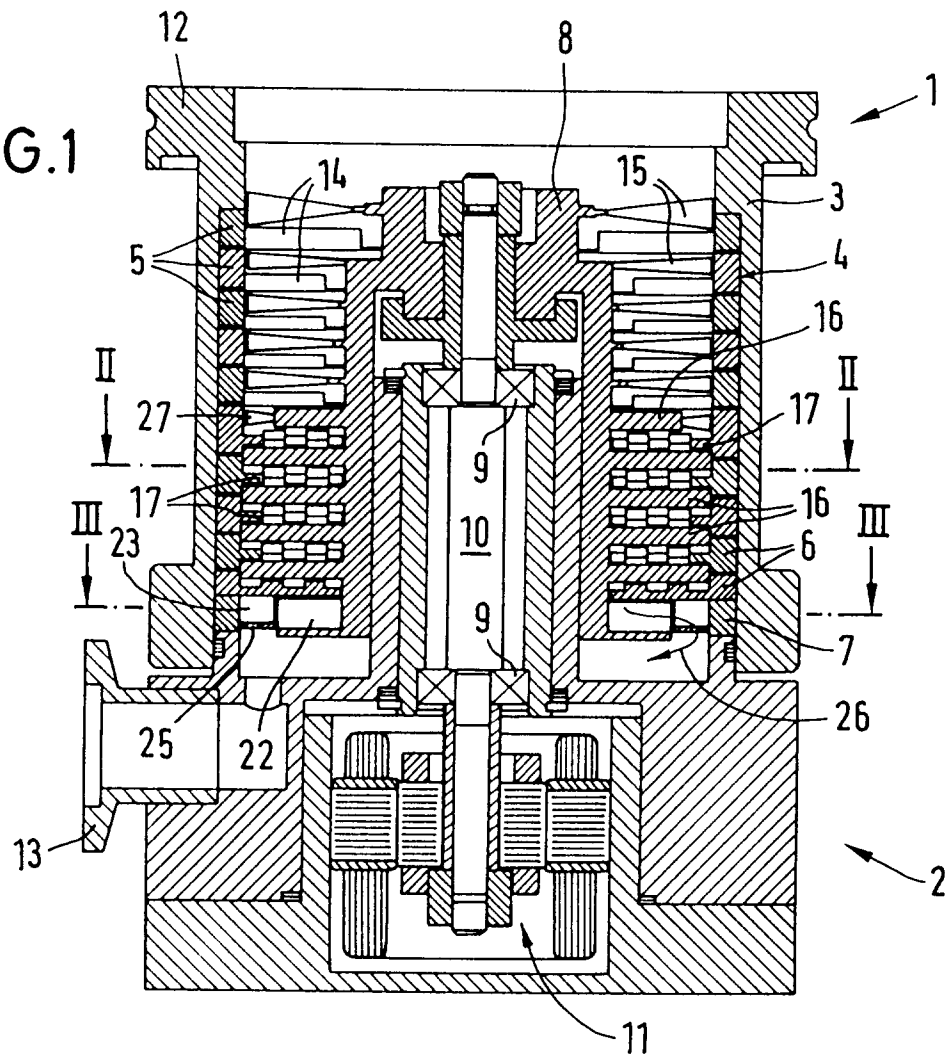


FIG.2

