

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.01.2017 Patentblatt 2017/01

(51) Int Cl.: *F04D 19/04* ^(2006.01) *F04D 29/053* ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15174845.6**

(22) Anmeldetag: **01.07.2015**

(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**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
MA

(72) Erfinder:

- **Stoll, Tobias**
35644 Hohenahr (DE)
- **Schweighöfer, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula**
Wertherstrasse 16
35578 Wetzlar (DE)

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum GmbH**
35614 Aßlar (DE)

(54) **SPLITFLOW-VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Splitflow-Vakuumpumpe (1) mit wenigstens zwei radialen Einlässen (23-26), wobei die Vakuumpumpe (1) Statorscheiben (20) und auf einer Welle (13) angeordnete Rotorscheiben (14-19) aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, bei der in der Welle (13) in radialer Richtung wenigstens zwei Nuten (39,40)

und/oder Bohrungen (83) angeordnet sind, die in axialer Richtung der Welle länger ausgebildet sind als in Umfangsrichtung der Welle oder dass die Welle in axialer Richtung wenigstens eine Einschnürung (102) aufweist und/oder dass auf der Welle wenigstens eine Hülse (59) angeordnet ist.

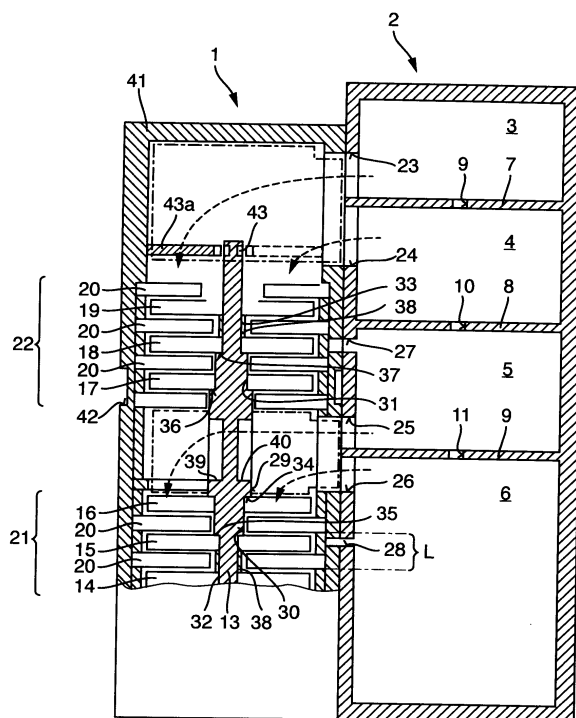


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe in der Bauart einer Splitflow-Pumpe.

[0002] So genannte Splitflow-Vakuumpumpen werden in der Praxis eingesetzt, um mehrere Kammern, beispielsweise eines Massenspektrometersystems gleichzeitig zu evakuieren. Durch die Splitflow-Vakuumpumpen ist es möglich, auf ein Pumpensystem bestehend aus mehreren Einzelpumpen zu verzichten und die Evakuierung von mehreren Kammern mit einer einzigen Pumpe durchzuführen.

[0003] Splitflow-Vakuumpumpen weisen den Vorteil auf, dass sie lediglich einen geringen Platzbedarf für das Vakuumsystem aufweisen. Die Splitflow-Vakuumpumpen werden nicht nur in Analysegeräten, sondern zum Beispiel auch in Lecksuchern eingesetzt, deren Analyseprinzip ebenfalls auf der Massenspektrometrie beruht.

[0004] Aus dem Stand der Technik (DE 43 31 589 A1) ist eine Turbomolekularpumpe bekannt, welche mehrere Sauganschlüsse aufweist, die jeweils mit einer der Vakuumkammern einer Vorrichtung, beispielsweise eines Massenspektrometers verbunden wird. Die Sauganschlüsse führen Gas an verschiedene axial beabstandete Stellen des Rotors. Entlang der Rotorachse sind mehrere so genannte Rotor-Stator-Pakete angeordnet, die jeweils Gas komprimieren. Ein hochvakuumseitiges Statorpaket erzeugt ein Druckverhältnis zwischen seinem Einlass und seinem Auslass. Der Einlass ist mit einer ersten Vakuumkammer verbunden. Der Auslass ist mit dem Einlass des nächsten Rotor-Stator-Paketes verbunden. Zusätzlich ist dieser Bereich zwischen zwei Rotor-Stator-Paketen mit einer zweiten Vakuumkammer verbunden. Aufgrund des von dem ersten Rotor-Stator-Paket erzeugten Druckverhältnisses und des schlechten Leitwertes zwischen den Vakuumkammern ist der Druck in den beiden Vakuumkammern unterschiedlich. Durch eine entsprechende Anzahl von Rotor-Stator-Paketen können mehrere Vakuumkammern auf verschiedene Drücke evakuiert werden, wobei jedem Sauganschluss ein Rotor-Stator-Paket zugeordnet wird. Es zeigt sich, dass im Vergleich zum Durchmesser sehr lange Rotoren schwer zu handhaben sind, da die Rotoren mit Drehzahlen im Bereich von einigen 10.000 Umdrehungen pro Minute betrieben werden.

[0005] Eine weitere Variante, um eine Anordnung mit mehreren Vakuumpumpen zu evakuieren, besteht darin, jede Vakuumpumpe mit einem eigenen Flansch zu versehen. An diesen wird dann eine für den Druckbereich geeignete Vakuumpumpe angeschlossen. Dieser Weg ist aufgrund der hohen Kosten für die Vielzahl der Vakuumpumpen unbeliebt. Zudem besteht der Bedarf nach kompakten Geräten. Diese lassen sich mit einer Vielzahl von Vakuumpumpen jedoch nicht realisieren.

[0006] In einer Vielzahl von Anwendungen sind mehrere Vakuumkammern in Reihe angeordnet und durch Bohrungen mit geringem Leitwert miteinander verbunden. Von einem zum anderen Ende der Reihe nimmt der

innerhalb der Vakuumkammer herrschende Gasdruck ab. Die Bohrungen sind derart gestaltet, dass ein Teilchenstrahl durch sie und damit durch die Reihe der Vakuumkammern hindurch treten kann. Die Vakuumkammer mit dem niedrigsten Druck enthält oft ein Analysegerät, beispielsweise ein Massenspektrometer.

[0007] Aus der Praxis sind Splitflow-Vakuumpumpen bekannt, die drei oder vier radiale Einlässe aufweisen und die wenigstens vier Pumpstufen aufweisen. Pumpstufen sind in der Regel Turbomolekularpumpstufen. Diese werden häufig mit weiteren Pumpstufen, beispielsweise Holweckpumpstufen oder Gaedepumpstufen kombiniert.

[0008] Die Baulänge und Rotordrehzahl der aus der Praxis bekannten Splitflow-Vakuumpumpen ist unter anderem aufgrund der Eigenschwingungen der Rotoren begrenzt. Ein Rotor kann nicht dauerhaft im Bereich einer Eigenschwingungsfrequenz betrieben werden. Das limitierende Element kann zum einen das Motorende sein, bei dem kostenbedingt eine Versteifung durch größere Wellendurchmesser, das heißt, größere Antriebsmagnete und Motorstatoren, nicht Ziel führend ist. Zum anderen kann bei sehr großen Baulängen das modale Verhalten des Rotors und insbesondere der Rotorwelle kritisch sein.

[0009] Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, eine Splitflow-Vakuumpumpe anzugeben, bei der das Gewicht der Welle reduziert wird bei gleichbleibender Steifigkeit, um lange Splitflow-Vakuumpumpen mit langen Wellen ausbilden zu können. Darüber hinaus soll eine Splitflow-Vakuumpumpe angegeben werden, die eine Rotorwelle mit wenigstens einem Wellenende aufweist, welches kostengünstig die gewünschte Versteifung aufweist.

[0010] Dieses technische Problem wird durch eine Splitflow-Vakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 oder durch eine Splitflow-Vakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 6 oder oder durch eine Splitflow-Vakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 15 gelöst.

[0011] Die erfindungsgemäße Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, zeichnet sich dadurch aus, dass in der Welle in radialer Richtung wenigstens zwei Nuten und/oder Bohrungen angeordnet sind, die in axialer Richtung der Welle länger ausgebildet sind als in Umfangsrichtung der Welle oder dass die Welle in axialer Richtung wenigstens eine Einschnürung aufweist.

[0012] Bei längeren Splitflow-Vakuumpumpen mit mehreren Einlässen kann das modale Verhalten des Rotors und insbesondere der Rotorwelle kritisch sein. Daher muss versucht werden, die Masse und damit auch die Gewichtskraft der Welle zu reduzieren bei gleichbleibender Steifigkeit, besonders in radialer Richtung.

[0013] Dies wird durch die Erfindung erreicht, indem

die Welle Nuten und/oder Bohrungen aufweist. Bei den Nuten und/oder Bohrungen handelt es sich vorteilhaft um axiale Einstiche, beispielsweise Einfräsungen in der Welle. Vorteilhaft sind die Nuten und/oder Bohrungen in Bereichen vorgesehen, in denen keine Rotorscheiben angeordnet sind.

[0014] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die wenigstens zwei Nuten und/oder Bohrungen radialsymmetrisch in der Welle angeordnet. Dies ist vorgesehen, damit die Welle rotationsymmetrisch bleibt und keine Unwuchten aufweist.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens zwei Nuten und/oder Bohrungen wenigstens einen Ring bildend in der Welle angeordnet sind. Das bedeutet, dass in einem Bereich, in dem keine Rotorscheiben oder Scheibenpakete angeordnet sind, die Nuten und/oder Bohrungen angeordnet sind, und zwar über den Umfang der Welle gleichmäßig verteilt.

[0016] Sind mehrere Bereiche in der Welle vorhanden, in der keine Rotorscheiben oder Scheibenpakete angeordnet sind, können diese Bereiche jeweils mit den Nuten und/oder Bohrungen versehen sein.

[0017] Vorteilhaft ist vorgesehen, dass die Nuten und/oder Bohrungen einen rechteckförmigen und/oder einen sich konisch verjüngenden und/oder einen sich konisch erweiternden und/oder einen stufenförmig abgesetzten Querschnitt aufweisen. Bei der Ausbildung der Nuten und/oder Bohrungen sind die verschiedensten Querschnitte denkbar. Die Ausgestaltung der Form der Querschnitte ist von der jeweiligen Anwendung abhängig.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Bohrungen als Durchgangsbohrungen ausgebildet sind. Neben den Nuten, die nicht bis zur Mittelachse der Welle angeordnet sind, können damit auch Bohrungen in der Welle angeordnet sein, die als Durchgangsbohrungen ausgebildet sind, das heißt, dass verschiedene Bohrungen in der Oberfläche der Welle im Bereich eines Kernes der Welle zusammengeführt sind.

[0019] Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht eine Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen vor, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, welche dadurch gekennzeichnet ist, dass auf der Welle wenigstens eine Hülse angeordnet ist.

[0020] Durch die Anordnung einer Hülse auf der Welle lassen sich die Eigenschwingungsfrequenzen des Rotor verändern, so dass der Rotor nicht im Bereich einer Eigenschwingungsfrequenz betrieben werden muss. Es lassen sich hierdurch auch die Auflagerkräfte reduzieren.

[0021] Darüber hinaus ist es möglich, große biegesteife Außendurchmesser zu fertigen, ohne das Ausgangsmaterial der Rotorwelle zu vergrößern, wodurch wiederum eine Kosteneinsparung möglich ist.

[0022] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Hülse an wenigstens einem Ende einen Ring aufweist. Durch den Ring lässt sich die Hülse beispielsweise an einem sich verjüngenden Wellenende anordnen. Grundsätzlich besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Hülse passgenau auf der Welle anzuordnen, beispielsweise auf einem konstanten Außendurchmesser der Welle.

[0023] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist auf der Welle zumindest im Bereich der Nuten und/oder Bohrungen und/oder der wenigstens einen Einschnürung eine Hülse angeordnet. Durch die Anordnung der Hülse im Bereich der Nuten und/oder Bohrungen und/oder der wenigstens einen Einschnürung wird die Stabilität der Rotorwelle erhöht. Insbesondere eine Einschnürung führt zu einem Steifigkeitsverlust der Welle, der durch die Hülse ausgeglichen werden kann.

[0024] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass an wenigstens einem Wellenende im Bereich einer Verjüngung wenigstens eine Hülse angeordnet ist.

[0025] Die Wellenenden verjüngen sich üblicherweise, um in Lagern, beispielsweise Kugellagern oder Magnetlagern angeordnet zu werden.

[0026] Die Hülse trägt zur Vergrößerung der Steifigkeit der Welle bei.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens eine Hülse auf einer Seite auf der Welle und auf einer gegenüberliegenden Seite auf wenigstens einem Tragring gelagert ist. Weist die Welle beispielsweise einen stufenförmigen Längsschnitt auf, das heißt, sie verjüngt sich stufenförmig, kann die Hülse im Bereich zweier benachbarter Stufen angeordnet werden. Auf der Stufe mit dem größeren Durchmesser kann die Hülse unmittelbar auf der Welle aufliegen. Auf der Stufe mit dem kleineren Durchmesser liegt die Hülse auf dem wenigstens einen Tragring auf.

[0028] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass zwischen einem die Hülse tragenden Bereich der Welle und dem wenigstens einen Tragring wenigstens ein Magnetring eines Magnetlagers angeordnet ist. Hierdurch ist es möglich, die Welle am Wellenende zu versteifen und dennoch Magnetringe vorzusehen, die auf dem kleineren Durchmesser der Welle angeordnet und damit kostengünstiger sind.

[0029] Eine andere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die wenigstens eine Hülse auf einem Bereich der Welle mit Vollmaterial angeordnet ist. Durch diese Ausführungsform ist es möglich, die Eigenschwingungsfrequenz des Rotors derart zu verändern, dass der Rotor nicht im Bereich der Eigenschwingungsfrequenz betrieben wird.

[0030] Eine geänderte vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die wenigstens eine Hülse in einem Bereich ohne Rotorwelle zwischen Wellenelementen angeordnet ist. In diesem Fall ist die Welle als geteilte Welle ausgebildet und die Hülse verbindet die

Wellenelemente. Hierdurch wird das Gewicht der Rotorwelle deutlich reduziert, was sich vorteilhaft auf das modale Verhalten der Welle auswirkt.

[0031] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass in der Hülse wenigstens eine Bohrung angeordnet ist. Die Bohrung ist vorteilhaft im Bereich der Nuten und/oder Bohrungen und/oder Einschnürungen angeordnet. Im Bereich einer Vakuumpumpe sollen bei der Evakuierung keine gasgefüllten Hohlräume vorhanden sein, da diese gasgefüllten Hohlräume während des Evakuierungsvorganges entgasen und hierdurch der eigentlich erzielbare Enddruck der Pumpe nicht erreicht.

[0032] Die wenigstens eine Hülse besteht vorteilhaft aus Metall. Als Metall kann Aluminium, Titan oder Edelstahl gewählt sein. Die wenigstens eine Hülse kann auch aus einem Verbundwerkstoff mit Kohlefaser, beispielsweise kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff bestehen. Es besteht auch die Möglichkeit, eine Kombination der Materialien aus Metall und dem Verbundwerkstoff mit Kohlefasern zu verwenden.

[0033] Vorteilhaft ist die axiale Ausdehnung der Hülse größer als ihr Außendurchmesser. Gemäß dieser Ausführungsform trägt die Hülse optimal zur Verbesserung der Steifigkeit der Welle bei.

[0034] Am Motorende des Rotors kann die wenigstens eine Hülse derart ausgeführt sein, dass sie vor und hinter dem Motormagneten auf der Rotorwelle befestigt ist. Hierdurch es möglich, die Magnetringe mit einem kleinen Durchmesser zu gestalten und damit kostengünstig auszuführen. Richtung Hochvakuum kann die wenigstens eine Hülse auf der Rotorwelle aufgebracht sein und in Richtung Lagerende, beispielsweise durch einen Ring mit der Welle verbunden werden.

[0035] Soll der Rotor zwischen zwei Scheibenpaketen versteift werden, kann hier ebenfalls eine erfindungsgemäße Hülse vorgesehen sein. Diese Hülse kann auf der Vollwelle angeordnet werden. Die Verbindung zwischen der Vollwelle und der Hülse kann beispielsweise durch Schrumpfen, Pressen und/oder Kleben oder andere Befestigungsarten vorgenommen werden.

[0036] Weiterhin ist es möglich, die Hülse in einem Bereich der Welle mit wenigstens einer Einschnürung oder wenigstens einer Eindrehung und/oder Nuten und/oder Bohrungen anzuordnen. Durch die reduzierte Masse, die auf dem kleinen Durchmesser des Rotors wenig zur Steifigkeit beiträgt, lässt sich die Eigenfrequenz des Rotors durch die Hülse erhöhen. Positiv ist dabei auch, dass die Auflagerkräfte auf diese Art und Weise reduziert werden und zum Beispiel beim Einsatz eines Permanentmagnetlagers möglicherweise Ringmagnetpaare zur Kosten senkung eingespart werden können.

[0037] Sind in Montagerichtung vor der wenigstens einen Hülse Rotorscheiben aufgebracht, kann der Passungsitz der Rotorscheiben auf einem kleineren Außendurchmesser vorgesehen sein als dem Außendurchmesser der Hülse. Dies ist vorteilhaft, falls ansonsten der Bund der Rotorscheibe, um den die Rotorscheufeln an-

geordnet sind, bei einem zu großen Passungsdurchmesser zu schwach würde, wodurch die Rotorscheibe im Betrieb nicht mehr sicher auf dem Rotor festsitzen würde.

[0038] Darüber hinaus ist es möglich, große biegesteife Außendurchmesser zu fertigen, ohne das Ausgangsmaterial der Rotorwelle vergrößern zu müssen, wodurch eine Kosteneinsparung möglich ist.

[0039] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist auf der Hülse zusätzlich auf der äußeren Mantelfläche eine Pumpstruktur aufgebracht. Pumpstrukturen können beispielsweise eine Turbostruktur, eine Kreuzkanalstruktur, eine Gewindestruktur oder eine Holweckstruktur oder eine Kombination dieser Strukturen sein.

[0040] Ist wenigstens ein Ring an der Hülse angeordnet, so kann der wenigstens eine Ring einseitig oder beidseitig vorzugsweise am Ende der Hülse angeordnet sein. Der Ring kann fest an der Hülse angeordnet sein. Es besteht auch die Möglichkeit, den wenigstens einen Ring einteilig mit der Hülse auszubilden. Der Ring ist als Innenring an der Hülse ausgebildet.

[0041] Die Hülse dient dazu, die Stabilität zu erhöhen. Insbesondere im Bereich einer Einschnürung, das heißt eines Bereiches, in dem die Welle einen geringeren Durchmesser aufweist als der Durchmesser, auf dem Rotorscheiben und/oder Rotorpakete angeordnet sind, kann zur Erhöhung der Stabilität eine Hülse vorgesehen sein. In der Hülse können Bohrungen vorgesehen sein, um von der Hülse abgedeckte Hohlräume in der Welle entgasen zu können.

[0042] Die Hülse besteht vorteilhaft aus einem Material, welches einen Quotienten aus Elastizitätsmodul und Dichte aufweist, der größer ist als der Quotient aus Elastizitätsmodul und Dichte der Welle.

[0043] Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht eine Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen vor, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Welle eine entlang einer Längsachse angeordnete Innenbohrung aufweist.

[0044] Durch diese Maßnahme wird das Gewicht der Welle deutlich reduziert. Dennoch bleibt die Steifigkeit, insbesondere in radialer Richtung erhalten. Durch diese Maßnahme wird das modale Verhalten des Rotor deutlich verbessert.

[0045] Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Wellenende, in dem die Innenbohrung angeordnet ist, im Querschnitt topfförmig ohne inneren Lagerzapfen ausgebildet ist. Durch das Weglassen des inneren Lagerzapfens ist es möglich, die Innenbohrung in dem genannten Wellenende anzuordnen.

[0046] Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens drei radialen Einlässen und mit wenigstens vier Pumpstufen, wobei wenigstens eine Pumpstufe als Turbomolekular-

pumpstufe ausgebildet ist, wobei die wenigstens drei Einlässe als Haupteinlässe ausgebildet sind, die in axialer Richtung zwischen den Pumpstufen angeordnet sind, sieht vor, dass zusätzlich wenigstens ein radialer Nebeneinlass vorgesehen ist, der im Bereich wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe angeordnet ist.

[0047] Durch diese vorteilhafte Ausbildung der Vakuumpumpe ist es möglich, zusätzlich zu den Haupteinlässen wenigstens einen Nebeneinlass vorzusehen. Die Haupteinlässe sind zwischen den Pumpstufen angeordnet, wie aus dem Stand der Technik bekannt. Gemäß der vorteilhaften Ausführungsform wird wenigstens ein weiterer Einlass vorgesehen, der im Bereich wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe angeordnet ist. Das bedeutet, dass eine so genannte Anzapfung, das heißt, der Einlass nicht zwischen den Turbomolekularpumpstufen ist, sondern dass die Anzapfung radial in ein Scheibenpaket der wenigstens einen Turbomolekularpumpstufe führt.

[0048] Hierdurch erreicht man deutlich mehr Anzapfungen, das heißt Einlässe mit einer einzigen Pumpe auf einer bestimmten axialen Baulänge. Durch die Erfindung ist es möglich, auf einer kurzen axialen Länge möglichst viele Kammern eines Mehrkammersystems zu evakuieren.

[0049] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist der wenigstens eine Nebeneinlass eine Mittelachse auf und die Mittelachse ist zwischen einer ersten und einer letzten Scheibe der wenigstens einen Turbomolekularpumpstufe angeordnet.

[0050] Das bedeutet, dass der Nebeneinlass tatsächlich zwischen die Scheiben des Scheibenpaketes der wenigstens einen Turbomolekularpumpstufe führt. Hierdurch werden zusätzlich zu den zum Stand der Technik gehörenden Einlässen, die zwischen den Pumpstufen angeordnet sind, zusätzliche Einlässe geschaffen, so dass eine größere Anzahl von Vakuumkammern evakuiert werden kann.

[0051] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der wenigstens eine Nebeneinlass zwischen zwei Statorscheiben und/oder zwischen zwei Rotorscheiben und/oder zwischen einer Statorscheibe und einer Rotorscheibe wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe angeordnet ist.

[0052] Das bedeutet, dass der Nebeneinlass zwischen den Scheiben eines Statorpaketes angeordnet ist, während ein Haupteinlass zwischen den Statorpaketen angeordnet ist.

[0053] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der wenigstens eine Nebeneinlass zwischen zwei benachbarten Statorscheiben und/oder zwischen benachbarten Rotorscheiben und/oder zwischen einer Statorscheibe und einer benachbarten Rotorscheibe wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe angeordnet. Das bedeutet, dass die Nebeneinlässe bezüglich ihres Durchmessers relativ klein gewählt werden und zwischen den Scheiben angeordnet

sind.

[0054] Vorteilhaft ist vorgesehen, dass ein Saugvermögen des wenigstens einen Nebeneinlasses geringer ist als das Saugvermögen eines Haupteinlasses.

5 **[0055]** Die Nebeneinlässe dienen dazu, die Anzahl der Anzapfungen eines zu evakuierenden Mehrkammersystems zu erhöhen.

[0056] Zwischen den einzelnen Pumpstufen, das heißt zwischen den einzelnen Scheibenpaketen oder anderen Pumpstufen, beispielsweise Gaede- oder Holweckpumpstufen, ist relativ viel Platz, so dass die Haupteinlässe einen relativ großen Querschnitt aufweisen können. Die Nebeneinlässe führen zwischen Scheiben der Turbomolekularpumpstufen und weisen aus diesem

10 Grunde lediglich einen relativ geringen Querschnitt auf. **[0057]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass bei n Scheiben n - 1 Nebeneinlässe vorgesehen sind.

[0058] Das bedeutet, dass die Anzahl der Nebeneinlässe geringer ist als die Anzahl der Scheiben. Wird ein Scheibenpaket der Turbomolekularpumpstufe aus zwei Scheiben gebildet, kann zwischen diesen beiden Scheiben ein Nebeneinlass vorgesehen sein.

[0059] Es ist jedoch auch möglich, mehrere radiale Nebeneinlässe im Bereich einer Turbomolekularpumpstufe vorzusehen. Gleichmaßen ist es auch möglich, bei mehreren Turbomolekularpumpstufen in jeder dieser Turbomolekularpumpstufen einen oder mehrere Nebeneinlässe vorzusehen. Verschiedene Turbomolekularpumpstufen können mit und ohne Nebeneinlässe ausgebildet sein.

[0060] Vorteilhaft ist vorgesehen, dass zusätzlich zu der wenigstens einen Turbomolekularpumpstufe wenigstens eine Holweckpumpstufe und/oder eine Siegbahnpumpstufe und/oder eine Gaedepumpstufe und/oder eine Seitenkanalpumpstufe und/oder eine Gewindepumpstufe vorgesehen ist.

[0061] Splitflow-Vakuumpumpen bestehen üblicherweise aus einer oder mehreren Turbomolekularpumpstufen und wenigstens einer weiteren der genannten Pumpstufen.

[0062] Durch die Kombination verschiedener Pumpstufen können die Druckverhältnisse in den zu evakuierenden Kammern entsprechend eingestellt werden.

45 **[0063]** Beispielsweise ist es möglich, zwischen den Pumpstufen, beispielsweise zwischen zwei Turbomolekularpumpstufen einen Haupteinlass vorzusehen und beispielsweise zusätzlich eine Holweckpumpstufe anzuordnen. Gemäß der Erfindung wird zusätzlich im Bereich der wenigstens einen Turbomolekularpumpstufe wenigstens ein weiterer Nebeneinlass angeordnet.

[0064] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Turbomolekularpumpstufe aus einer oder mehreren Rotorscheiben und/oder aus einer oder mehreren Statorscheiben gebildet ist.

[0065] Eine Pumpstufe besteht üblicherweise aus wenigstens einer Statorscheibe und wenigstens einer Ro-

torscheibe. Häufig sind mehrere Statorscheiben und mehrere Rotorscheiben, die abwechselnd ineinander greifen, vorgesehen. Gemäß der Erfindung ist vorteilhaft vorgesehen, dass bei n Scheiben $n - 1$ Nebeneinlässe vorgesehen sind. Sind beispielsweise eine Statorscheibe und eine Rotorscheibe vorgesehen, die eine Turbomolekularpumpstufe bilden, ist der Einlass zwischen diesen Scheiben angeordnet.

[0066] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass eine Statorscheibe und eine benachbarte Rotorscheibe einer Turbomolekularpumpstufe eine axiale Länge L festlegen, und dass ein Abstand zwischen zwei Turbomolekularpumpstufen mindestens so groß ist wie diese Länge L .

[0067] Hierdurch ist festgelegt, dass mindestens eine Statorscheibe und/oder eine Rotorscheibe mindestens eine Turbomolekularpumpstufe bilden. Ist der Abstand zwischen benachbarten Statorscheiben und/oder benachbarten Rotorscheiben so groß, dass die Länge L überschritten wird, beginnt gemäß der Erfindung eine neue Turbomolekularpumpstufe. Ein Einlass in diesem Bereich zwischen den Turbomolekularpumpstufen wird als Haupteinlass angesehen. Ein Einlass im Bereich der Turbomolekularpumpstufe selbst wird als Nebeneinlass angesehen.

[0068] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Turbomolekularpumpstufe aus wenigstens einer Rotorscheibe gebildet ist.

[0069] Die erfindungsgemäße Ausführungsform bezüglich der Einlässe ist grundsätzlich auch bei einer Turbomolekularpumpe anwendbar.

[0070] Vorteilhaft besteht eine Pumpstufe aus wenigstens einer Rotorscheibe und wenigstens einer Statorscheibe. In diesem Fall ist der Nebeneinlass zwischen der Rotorscheibe und der Statorscheibe angeordnet.

[0071] Eine andere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens zwei Scheibenpakete angeordnet sind, wobei die Welle wenigstens zwei unterschiedliche Außendurchmesser aufweist und die Scheibenpakete an die Außendurchmesser angepasste Innendurchmesser aufweisen, sieht vor, dass die Welle zusätzlich zu einem Bereich mit einem größten Durchmesser in axialer Richtung beidseitig jeweils wenigstens zwei Bereiche mit kleineren Durchmessern aufweist.

[0072] Die erfindungsgemäße Ausführungsform ermöglicht eine große Anzahl von einzelnen Scheibenpaketen auf der Welle. Gemäß dieser Ausführungsform ist es möglich, vier oder mehr Scheibenpakete auf dem Rotor anzuordnen.

[0073] Dadurch, dass die Welle zusätzlich zu einem Bereich mit einem größten Durchmesser in axialer Richtung beidseitig jeweils wenigstens zwei Bereiche mit kleineren Durchmessern aufweist, kann in diesen Bereichen jeweils wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet wer-

den. Hierdurch ist es möglich, den Bereich mit dem größten Durchmesser als Anschlag zu verwenden und in axialer Richtung auf dem daran sich anschließenden Bereich mit einem etwas kleineren Durchmesser beidseitig des Bereiches mit dem größten Durchmesser jeweils wenigstens ein Scheibenpaket anzuordnen. Auf den sich daran anschließenden Bereichen mit wiederum einem etwas kleineren Durchmesser kann jeweils wenigstens ein weiteres Scheibenpaket angeordnet werden. Die Bereiche mit den größeren Durchmessern dienen jeweils als Anschlag für die Scheibenpakete, die auf den Bereichen mit den etwas kleineren Durchmessern montiert sind. In dem beschriebenen Fall werden auf die Welle von links und von rechts jeweils zwei Pakete aufgeschoben, so dass vier Pakete mit nur zwei Durchmessern angeordnet werden, was den Vorteil aufweist, dass sehr viele Gleichteile in Bezug auf die Rotorscheiben und die Scheibenpakete verwendbar sind.

[0074] Bei dem Aufbau einer Splitflow-Vakuumpumpe ist es erforderlich, eine sehr hohe Genauigkeit bei der Montage einzuhalten. Da die Statorscheibenpakete mit Abstand zueinander angeordnet sind und damit auch die Rotorscheibenpakete mit Abstand zueinander angeordnet sind, ist es sinnvoll, auf der Welle mit Anschlägen zu arbeiten. Je mehr Anschläge vorhanden sind, um so weniger Toleranzen sind bei den Scheiben erforderlich und die Spalte zwischen den Stator- und Rotorscheiben können kleiner ausgebildet sein.

[0075] Fehlen die Anschläge, müssen die Rotorscheiben entsprechend genau gefertigt sein, was einen hohen Fertigungsaufwand bedeutet oder der Abstand zwischen Rotor- und Statorscheiben muss entsprechend groß gewählt werden, damit die Fertigungstoleranz nicht zu einer Kollision zwischen Stator- und Rotorscheibe führen.

[0076] Das wenigstens eine Scheibenpaket wird vorteilhaft gegen einen Anschlag montiert, wenn der Anschlag nicht von einer Hülse gebildet wird.

[0077] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Bereiche mit den kleineren Durchmessern auf beiden Seiten des Bereiches mit dem größten Durchmesser jeweils paarweise den gleichen Durchmesser aufweisen. Hierdurch ist es möglich, auf den ersten kleineren Durchmessern auf beiden Seiten des Bereiches mit dem größten Durchmesser gleiche Scheibenpakete, das heißt Scheibenpakete mit dem gleichen Durchmesser zu montieren. Das gleiche gilt für die sich an diese Bereiche anschließenden Bereiche mit nochmals verringertem Durchmesser. Hierdurch besteht die Möglichkeit, vier Scheibenpakete zu montieren, die von der Fertigung her jedoch nur zwei Durchmesser aufweisen müssen. Hierdurch können viele Gleichteile vormontiert werden, was die Fertigungskosten erheblich senkt.

[0078] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass Übergänge zwischen den Bereichen mit unterschiedlichen Durchmessern als Anschlag für die Scheibenpakete ausgebildet sind. Durch diese Anschläge ist gewährleistet, dass

die Scheibenpakete der Rotorscheiben exakt zwischen den Statorscheiben positioniert sind und dass Fertigungstoleranzen der einzelnen Scheibenpakete sich nicht über die gesamte Länge der Welle aufaddieren.

[0079] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Welle einen pyramidenförmigen symmetrischen Aufbau vorsieht. In diesem Fall können beide Seiten der Welle jeweils mit gleichen Scheibenpaketen bestückt werden. Grundsätzlich ist es möglich, die Welle gestuft auszuführen. Es ist auch möglich, die Welle sich wenigstens teilweise konisch verjüngend auszubilden.

[0080] Die verschiedenen Geometrien, das heißt, die abgestufte und konische Geometrie der Welle können auch miteinander kombiniert werden.

[0081] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Splitflow-Vakuumpumpe mit einem Gehäuse, einer in dem Gehäuse drehbar angeordneten Welle, auf der Rotorscheiben angeordnet sind und an dem Gehäuse angeordneten Statorscheiben, sieht vor, dass das Gehäuse wenigstens zwei Gehäusebereiche aufweist, die thermisch entkoppelt ausgebildet sind oder zwischen denen eine reduzierte thermische Kopplung ausgebildet ist. Bei Vakuumpumpen ist es häufig erwünscht, eine Seite der Pumpe aufzuheizen, um ein besseres Evakuieren des Rezipienten zu erreichen. Die gegenüberliegende Seite der Pumpe, welche in den meisten Fällen die Seite ist, in der die Lager angeordnet sind, soll nach Möglichkeit nicht aufgeheizt werden, beziehungsweise diese Seite wird nach Möglichkeit sogar gekühlt, um eine störungsfreie Lagerung der Welle zu erreichen.

[0082] Das bedeutet, dass der eine Teil der Vakuumpumpe sehr hohen Temperaturen ausgesetzt wird, während der gegenüberliegende Teil der Vakuumpumpe relativ niedrige Temperaturen aufweisen muss.

[0083] Aus diesem Grunde ist es vorgesehen, zwischen den wenigstens beiden Gehäusebereichen eine thermische Restriktion zu erreichen.

[0084] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die wenigstens zwei Gehäusebereiche durch einen Gehäuseabschnitt mit einer gegenüber der Wandstärke der zwei Gehäusebereiche verringerten Wandstärke verbunden sind.

[0085] Das bedeutet, dass ein Wandbereich zwischen den beiden Gehäusebereichen einen dünneren Querschnitt aufweist als das restliche Gehäuse. Das Gehäuse weist beispielsweise hierzu eine Einschnürung auf.

[0086] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass im Bereich des Gehäuseabschnittes eine Armierung aus einem Material mit geringerer Wärmeleitfähigkeit als der Wärmeleitfähigkeit des Gehäuses angeordnet ist. Insbesondere in einem Bereich mit einer Einschnürung kann eine derartige Armierung vorteilhaft angeordnet werden.

[0087] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die wenigstens zwei Gehäusebereiche aus zwei getrennten Gehäusebauteilen gebil-

det sind und dass zwischen den Gehäusebauteilen wenigstens eine thermische Dichtung angeordnet ist. Die Dichtung weist vorteilhaft eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit als das Gehäuse auf. Vorteilhaft kann die Dichtung aus Glas und/oder Keramik und/oder Kunststoff gebildet sein. Durch diese Dichtung ist gewährleistet, dass keine Wärmeübertragung von dem erwärmten Teil des Gehäuses auf den gekühlten Teil des Gehäuses stattfindet.

[0088] Vorteilhaft ist vorgesehen, dass in dem Gehäuse wenigstens eine Bohrung und/oder wenigstens eine Nut angeordnet ist, in denen Heizelemente und/oder Spulen zum Heizen des Gehäuses und/oder Kühlelemente angeordnet sind. Durch diese Vorrichtungen ist es möglich, die Bereiche des Gehäuses zu heizen, die eine entsprechend hohe Temperatur aufweisen sollen, und die Bereiche des Gehäuses, die gekühlt werden sollen, zu kühlen.

[0089] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Vakuumsystem mit wenigstens einer Vakuumpumpe und wenigstens einem Rezipienten vorgesehen, bei dem zwischen der Vakuumpumpe und dem Rezipienten eine lösbare Verbindung vorgesehen ist, wobei zur Abdichtung der Verbindung zur Atmosphärenseite hin wenigstens eine Elastomerdichtung und in Richtung Vakuumseite wenigstens eine Spaltdichtung vorgesehen sind, bei dem vorgesehen ist, dass zwischen der Elastomerdichtung und der Spaltdichtung wenigstens ein Absaugkanal und/oder wenigstens eine Absaugöffnung vorgesehen sind/ist.

[0090] Diese Ausführungsform weist den Vorteil auf, dass an den Dichtstellen auf der Atmosphärenseite eine Elastomerdichtung zum Einsatz kommt. Diese ist vorteilhaft als O-Ring ausgebildet. Zwischen der Elastomerdichtung und dem beispielsweise Ultrahochvakuumanschluss kommt als zweites Dichtelement wenigstens eine Spaltdichtung zum Einsatz. Die Flächen des Rezipienten (Kammer) und eine Fläche des Pumpengehäuses werden aufeinander gedrückt.

[0091] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe kann in der Rotorwelle Nuten und/oder Bohrungen und/oder Einschnürungen aufweisen. An wenigstens einem Ende der Rotorwelle kann wenigstens eine Hülse angeordnet sein. Es besteht auch die Möglichkeit, wenigstens eine Hülse vor oder zwischen den Rotorscheibenpaketen und/oder den Rotorscheiben anzuordnen. Die wenigstens eine Hülse kann im Bereich von Vollmaterial der Rotorwelle angeordnet sein. Die wenigstens eine Hülse kann wenigstens eine Einschnürung und/oder die Nuten und/oder die Bohrungen abdeckend ausgebildet sein. Die Hülse kann auch in einem rotorwellenfreien Bereich angeordnet sein. In diesem Fall ist die Rotorwelle als geteilte Welle ausgebildet und die wenigstens eine Hülse stützt und überdeckt den rotorwellenfreien Bereich. Die Welle kann auch als Welle mit einer Innenbohrung entlang der Längsachse der Welle ausgebildet sein. Diese Ausführungsformen können einzeln oder in beliebigen Kombinationen bei einer Splitflow-Vakuumpumpe einge-

setzt werden.

[0092] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe nur beispielhaft dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Anordnung mit einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe;
- Fig. 2 einen Rotor mit Hülse am Wellenende im Längsschnitt;
- Fig. 3 eine Einzelheit der Fig. 2;
- Fig. 4 einen Rotor mit Hülse zwischen Scheibenpaketen im Längsschnitt;
- Fig. 5 einen Rotor mit Hülse zwischen Scheibenpaketen gemäß einem geänderten Ausführungsbeispiel im Längsschnitt;
- Fig. 6 einen Rotor mit Einschnürung im Längsschnitt;
- Fig. 7 einen Rotor mit Hülse zwischen Scheibenpaketen und geteilter Rotorwelle im Längsschnitt;
- Fig. 8 einen Querschnitt durch eine Rotorwelle;
- Fig. 9 einen Längsschnitt durch ein geändertes Ausführungsbeispiel einer Welle.
- Fig. 10 ein Wellenende eines Rotors mit Innenbohrung im Längsschnitt;
- Fig. 11 eine schematische Darstellung eines Rotors mit Scheibenpaketen mit Haupt- und Nebeneinlässen;
- Fig. 12 eine Splitflow-Vakuumpumpe im Längsschnitt;
- Fig. 13 eine Prinzipskizze eines Rotors mit auf dem Rotor angeordneten Rotorscheiben;
- Fig. 14 einen Längsschnitt durch eine Welle mit aufgedruckten Rotorscheiben;
- Fig. 15 eine Prinzipskizze eines Rotors einer Splitflow-Vakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 16 ein geändertes Ausführungsbeispiel;
- Fig. 17 eine Vakuumpumpe in perspektivischer Ansicht mit Vakuumananschluss;

Fig. 18 eine Hülse mit pumpaktiven Strukturen im Querschnitt;

Fig. 19 ein geändertes Ausführungsbeispiel einer Hülse mit pumpaktiven Strukturen im Querschnitt.

[0093] Fig. 1 zeigt eine Vakuumpumpe 1, die als so genannte Splitflow-Vakuumpumpe ausgebildet ist. Die Vakuumpumpe 1 ist an einer Mehrkammervakuumanlage 2 angeschlossen. Die Mehrkammervakuumanlage 2 weist vier Kammern 3, 4, 5, 6 auf, die von der Vakuumpumpe 1 evakuiert werden sollen. Der Gasdruck in den Kammern 3, 4, 5, 6 ist in dieser Reihenfolge steigend. Die Kammern 3, 4, 5, 6 sind durch Trennwände 7, 8, 9 voneinander getrennt, wobei Bohrungen 9, 10, 11 eine Verbindung herstellen. Diese Bohrungen 9, 10, 11 sind beispielsweise so angeordnet und dimensioniert, dass ein Teilchenstrahl durch sämtliche Kammern 3, 4, 5, 6 hindurch treten kann. Insbesondere trennt die erste Trennwand 7 die erste Kammer 3 und die zweite Kammer 4 voneinander, während die zweite Trennwand 8 die zweite Kammer 4 von der dritten Kammer 5 trennt und die dritte Trennwand 9 die dritte Kammer 5 von der vierten Kammer 6 trennt. Die gestrichelten Pfeile in der Fig. 1 veranschaulichen den Gasfluss.

[0094] Die Vakuumpumpe 1 weist eine Welle 13 auf, welche Rotorscheiben 14 bis 19 trägt. Die Rotorscheiben 14 bis 19 stehen in Eingriff mit Statorscheiben 20. Die Rotorscheiben 14, 15, 16 bilden ein erstes Scheibenpaket 21 und die Rotorscheiben 17 bis 19 bilden ein zweites Scheibenpaket 22. Das Scheibenpaket 22 bildet mit den Statorscheiben 20 ein hochvakuumseitiges Rotor-Statorpaket. Das Scheibenpaket 21 bildet mit den Statorscheiben 20 ein zwischenvakuumseitiges Rotor-Statorpaket. Die Schaufeln in beiden Paketen sind dabei, wie im Stand der Technik bekannt, sowohl stator- als auch rotorseitig an Tragringen befestigt oder mit diesem einstückig ausgebildet. Vor dem hochvakuumseitigen Rotor-Statorpaket befindet sich ein erster Gaseinlass 23, vor dem vorvakuumseitigen Rotor-Statorpaket befindet sich ein zweiter Gaseinlass 24.

[0095] Von der Mehrkammervakuumanlage führt ein erster Haupteinlass 23 in die Vakuumpumpe 1. Von der zweiten Kammer 4 führt ein zweiter Haupteinlass 24 in die Vakuumpumpe 1. Von der Vakuumkammer 5 führt ein weiterer Haupteinlass 25 in die Vakuumpumpe 1 und von der Vakuumkammer 6 führt ein weiterer Haupteinlass 26 in die Vakuumpumpe 1.

[0096] Die Haupteinlässe 23, 24, 25, 26 sind zwischen den Turbomolekularpumpstufen 21, 22 angeordnet.

[0097] Im Bereich der Turbomolekularpumpstufe 22 ist ein erster Nebeneinlass angeordnet, der von der Vakuumkammer 5 in die Vakuumpumpe 1 führt. Von der Vakuumkammer 6 führt darüber hinaus ein weiterer Nebeneinlass 28 im Bereich der Turbomolekularpumpstufe 21 in die Vakuumpumpe 1.

[0098] Damit wird die Anzahl der Einlässe durch die

Nebeneinlässe 27, 28 erhöht. Die Nebeneinlässe 27, 28 sind im Bereich der Turbomolekularpumpstufen 21, 22 angeordnet.

[0099] Die Rotorwelle 13 weist Bereiche mit unterschiedlichen Durchmessern auf.

[0100] Ein erster Bereich 29 ist ein Bereich mit dem größten Durchmesser. Beidseitig der Welle 13 schließen sich zwei Bereiche 30, 31 mit kleineren Durchmessern an. Hieran schließen sich wiederum Bereiche 32, 33 mit noch kleinerem Durchmesser der Welle 13 an. Im Bereich 29 des größten Durchmessers der Welle 13 sind keine Rotorscheiben angeordnet. Im Bereich 30 ist die Rotorscheibe 16 angeordnet, die durch einen Anschlag 34, der durch den stufenförmigen Absatz zwischen dem Bereich 29 und dem Bereich 30 gebildet, lokal eindeutig festgelegt.

[0101] Gleiches gilt für die Rotorscheibe 15, die durch einen Anschlag 35 zwischen den Bereichen 30, 32 festgelegt wird.

[0102] Gleiches gilt für die Rotorscheibe 17, die durch einen Anschlag 36 auf der Welle 13 festgelegt ist und die Rotorscheibe 18, die durch einen Anschlag 37 an der Welle 13 festgelegt ist. Zwischen den Rotorscheiben 14, 15 und den Rotorscheiben 18, 19 ist jeweils eine Abstandshülse 38 angeordnet. Durch die Anschläge 34 bis 37 werden die Rotorscheiben 14 bis 19 auf der Welle 13 exakt platziert, so dass zwischen den Rotorscheiben 14 bis 19 und den Statorscheiben 20 schmale Spalte ausgebildet werden können.

[0103] Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die Rotorscheiben 14 bis 19 exakt auf der Welle platziert werden, wodurch sehr geringe Spalte ausgebildet werden können. Hierdurch erhöht sich die Pumpleistung der Vakuumpumpe 1. Durch die Verwendung vieler Gleichteile ist die Pumpe preiswert in der Herstellung. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden auf den beiden Seiten des Bereiches 29 der Welle 13 mit dem größten Durchmesser jeweils zwei Rotorscheibenpakete mit jeweils gleichem Innendurchmesser angeordnet.

[0104] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist eine Ausführungsform, bei der im Bereich des größten Durchmessers 29 Nuten 39, 40 angeordnet sind, die die Masse der Welle verringern. Da die Splitflow-Vakuumpumpen eine sehr lange Baulänge aufweisen, ist das modale Verhalten des Rotors und insbesondere der Rotorwelle kritisch. Aus diesem Grunde wird gemäß der Erfindung die Masse und damit auch die Gewichtskraft der Welle reduziert bei gleichbleibender Steifigkeit.

[0105] Die Vakuumpumpe 1 weist ein Gehäuse 41 auf. Um thermische Übergänge zwischen der Hochvakuumseite und Vorvakuumseite im Gehäuse 41 zu reduzieren, weist das Gehäuse 41 eine Einschnürung 42 auf. Durch diese Einschnürung wird die Wärmeleitfähigkeit reduziert. Es ist möglich, im Bereich der Einschnürung 42 zusätzlich eine nicht dargestellte Armierung vorzusehen. Das Gehäuse kann im Bereich der Einschnürung 42 auch geteilt ausgebildet sein und zwischen beiden Teilen des Gehäuses kann eine thermische Dichtung angeordnet

sein.

[0106] Die Welle 13 ist mittels eines Magnetlagers 43 auf der einen Seite gelagert. In einer lediglich schematisch dargestellten Halterung 43a sind Gegenlager 43b angeordnet. Auf der anderen Seite ist das Lager nicht dargestellt. Es kann sich bei der Lagerung auf der nicht dargestellten Seite beispielsweise um ein Öl geschmiertes Kugellager handeln.

[0107] In Fig. 1 sind lediglich Turbomolekularpumpstufen 21, 22 dargestellt.

[0108] Es besteht auch die Möglichkeit, zusätzlich zu den Turbomolekularpumpstufen eine Holweckpumpstufe und/oder eine Siegbahn-Pumpstufe und/oder eine Gadedepumpstufe und/oder eine Seitenkanal-Pumpstufe und/oder eine Gewinde-Pumpstufe vorzusehen.

[0109] Die Rotorscheibe 15 und die Statorscheibe 20 weisen in axialer Richtung gesehen eine axiale Länge L auf. Der Abstand zwischen den Turbomolekularpumpstufen 21, 22 ist größer als die Länge L.

[0110] Fig. 2 und in Fig. 3 zeigen eine Rotorwelle 13, auf der Rotorscheibenpakete 21, 22, 44 angeordnet sind. Die Rotorwelle 13 ist gestuft ausgebildet, so dass die Rotorscheibenpakete 21, 22, 44 jeweils an einer Stufe anliegen und damit exakt positioniert sind.

[0111] An einem Ende 104 der Rotorwelle 13 ist eine Hülse 59 angeordnet, die sich mit einem Ende 105 auf der Welle 13 abstützt und mit ihrem anderen Ende 106 auf einem Tragring 103. Der Tragring 103 stützt sich wiederum auf der Rotorwelle 13 ab.

[0112] Die Hülse ist damit vor und hinter einem Motormagneten 101 auf der Rotorwelle 13 gelagert. Durch die Hülse 59 wird die Steifigkeit des Rotors, insbesondere an dem sich stark verjüngendem Ende 104 deutlich erhöht. Gleichzeitig können die Motormagneten 101, das heißt die Magnetringe mit dem üblichen, relativ kleinen Durchmesser hergestellt werden, was sich kostengünstig auswirkt. Würde die Welle 13 durch eine Wellenende 104 mit größerem Durchmesser hinsichtlich der Steifigkeit verbessert, müssten die Motormagnete ebenfalls größer gebaut werden, was sich nachteilig auf die Kosten auswirken würde.

[0113] Fig. 4 zeigt ein geändertes Ausführungsbeispiel. Gemäß Fig. 4 wird die Rotorwelle 13 durch eine Hülse 59 zwischen den Scheibenpaketen 21, 22 versteift. Die Hülse 59 ist auf der Vollwelle 13 angeordnet. Sie kann durch Schrumpfen, Pressen oder Kleben an der Welle 13 befestigt sein. Die Hülse 59 füllt den Abstand zwischen den Scheibenpaketen 21, 22 vollständig oder fast vollständig aus. Füllt sie die Distanz zwischen den Scheibenpaketen 21, 22 vollständig aus, übernimmt sie gleichzeitig die Funktion einer Distanzhülse wie die Hülse 38 in Fig. 1.

[0114] Fig. 5 zeigt ein geändertes Ausführungsbeispiel, bei dem die Hülse 59 auf der Rotorwelle 13 zwischen den Scheibenpaketen 21, 22 angeordnet ist. Die Hülse 59 ist mit Abstand zu dem Scheibenpaket 21 angeordnet. Die Hülse 59 ist auf der Welle 13 aus Vollmaterial befestigt und versteift die Rotorwelle 13.

[0115] Fig. 6 zeigt die Rotorwelle 13, die eine Einschnürung 102 aufweist. Im Bereich der Einschnürung 102 ist die Hülse 59 angeordnet. Die Hülse 59 weist Bohrungen 83 auf, durch die die Einschnürung 102 entgast werden kann. Wird durch die Vakuumpumpe ein Rezipient evakuiert, müssen gleichzeitig Hohlräume im Bereich der Vakuumpumpe, wie beispielsweise die Einschnürung 102, mitevakuiert werden, da ansonsten während des Evakuierungsvorganges die Hohlräume 102 entgasen und damit der Enddruck der Vakuumpumpe nicht erzielt werden kann.

[0116] Fig. 7 zeigt die Rotorwelle 13, die als geteilte Rotorwelle mit Wellenelementen 107, 108 gebildet ist. Die Wellenelemente 107, 108 werden durch die Hülse 59 miteinander verbunden. Durch diese Ausführungsform werden die Eigenschwingungsfrequenzen des Rotors derart verändert, dass ein dauerhafter und zuverlässiger Betrieb möglich ist.

[0117] Die Hülse 59 weist wiederum Bohrungen 83 auf, durch die ein Hohlraum 109 zwischen den Wellenelementen 107, 108 evakuiert werden kann.

[0118] In den Fig. 2 bis 7 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0119] Fig. 8 zeigt verschiedene Möglichkeiten, wie die Nuten 39, 40 ausgebildet sein können.

[0120] In Fig. 8 sind in der Welle 13 verschiedene Ausführungsformen von Nuten dargestellt. Die Nuten können mit gleichen Querschnitten rotationssymmetrisch in der Welle 13 angeordnet sein. Die in Fig. 8 dargestellten Ausführungsformen sind lediglich beispielhaft. In der Praxis wird jeweils eine Ausführungsform gewählt und rotationssymmetrisch in der Welle angeordnet.

[0121] In Fig. 8 ist eine Nut 53 gezeigt, die einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist. Eine Nut 54 ist gemäß einer zweiten Ausführungsform in Richtung Mittelachse M sich konisch verjüngend ausgebildet.

[0122] Bohrungen 55 sind derart ausgebildet, dass sie in der Welle 13 Durchgangsbohrungen bilden. Die Bohrungen 55 laufen in einem Punkt 56 zusammen. Eine Nut 57 weist einen stufenförmig abgesetzten Querschnitt auf. Eine Nut 58 ist in Richtung der Mittelachse sich konisch erweiternd ausgebildet. Diese Ausführungsform weist den Vorteil auf, dass die Welle 13 eine hohe Steifigkeit behält. Das Material am Außenradius der Welle 13 trägt stärker zur modalen Steifigkeit bei als das Material am Innenradius. Aus diesem Grunde ist die Nut 58 eine besonders vorteilhafte Ausführungsform.

[0123] Zusätzlich zu den Nuten kann eine Hülse 59 vorgesehen sein. Die Hülse 59 sollte aus einem steifen Material gebildet sein, jedoch eine geringe Masse aufweisen.

[0124] Die Hülse 59 weist vorteilhaft im Bereich der Nuten Bohrungen 83 auf. Diese Bohrungen dienen dazu, dass die Nuten 53, 54, 57, 58 und/oder Bohrungen 55 evakuiert werden können, damit diese während der Evakuierung des Rezipienten nicht entgasen.

[0125] Fig. 9 zeigt die Welle 13 mit Nuten 39, 40. Die Nuten 39, 40 sind in axialer Richtung gesehen in einer

Höhe angeordnet, das heißt, sie bilden einen Ring in der Welle 13. Darüber hinaus sind in einem weiteren Bereich, in dem keine Rotorscheiben 14, 15 angeordnet sind, weitere Nuten 63, 64 vorgesehen, die ebenfalls in axialer Richtung korrespondierend zueinander angeordnet sind und einen zweiten Ring aus Nuten bilden. Darüber hinaus sind zwei Hülsen 59, die die Nuten 39, 40, 63, 64 abdecken. Die Hülsen 59 weisen Bohrungen 83 auf, um die Nuten 39, 40, 63, 64 evakuieren zu können.

[0126] Fig. 10 zeigt ein Wellenende 110 der Rotorwelle 13. Die Welle 13 wird von einem Magnetlager 111 getragen. Die Magnetringe 112 des Magnetlagers 111 sind an der Welle 13 angeordnet. Magnetringe 113 des Magnetlagers 111 sind an einem Gehäuse 114 angeordnet.

[0127] Zusätzlich ist ein Kugellager 114 vorgesehen, welches als Notlager ausgebildet ist. Das Kugellager 114 wird durch eine Feder 115 vorgespannt. In der Welle 13 ist eine Innenbohrung 116 angeordnet. Hierdurch wird das Gewicht der Welle deutlich reduziert, so dass das modale Verhalten des Rotors verändert wird.

[0128] Fig. 11 zeigt die Welle 13 mit Rotorscheibenpaketen 44, 45, 46, die mit nicht dargestellten Statorscheiben-Paketen Turbomolekularpumpstufen 44, 45, 46 bilden. Der Gasstrom ist durch einen Pfeil 47 dargestellt.

[0129] Pfeile 48 stellen den Gasstrom dar, der von zwei Haupteinlässen 24, 25 den Turbomolekularpumpstufen 45, 46 zugeführt wird. Die Pfeile 49 kennzeichnen den Gasstrom, der von zwei Nebeneinlässen 27, 28 im Bereich der Turbomolekularpumpstufen 44, 45 dem Pumpsystem zugeführt wird.

[0130] Die Nebeneinlässe 27, 28 sind im Bereich der Turbomolekularpumpstufen 44, 45 angeordnet, während die Haupteinlässe 24, 25 ihre Zuführung zwischen den Turbomolekularpumpstufen 44, 45 und 46 haben.

[0131] Fig. 12 zeigt Vakuumpumpe 1 mit der noch einmal verdeutlicht wird, die Turbomolekularpumpstufen 44, 45, 46, 49 aufweist. Die Turbomolekularpumpstufen 44, 45, 46, 49 bestehen aus Rotorscheiben und Statorscheiben, die ineinandergreifend angeordnet sind. Darüber hinaus sind Haupteinlässe 23, 24, 25, 26 vorgesehen, die vor der Pumpstufe 44 oder zwischen den Pumpstufen 44, 45, 46, 49 angeordnet sind.

[0132] Die Welle 13 ist mittels eines Magnetlagers 43 und eines Kugellagers 50 gelagert. Bei dem Kugellager 50 handelt es sich um ein Öl geschmiertes Kugellager. Die Welle 13 wird von einem Motor 51 angetrieben.

[0133] Im Bereich der Turbomolekularpumpstufe 44 ist ein Nebeneinlass 27 vorgesehen. Im Bereich der Turbomolekularpumpstufe 45 ist ein Nebeneinlass 28 vorgesehen und im Bereich der Turbomolekularpumpstufe 46 ist ein Nebeneinlass 52 vorgesehen.

[0134] Durch diese Ausführungsform wird die Anzahl der Einlässe von den vier Haupteinlässen 23, 24, 25, 26 auf insgesamt sieben Einlässe, nämlich zuzüglich der drei Nebeneinlässe 27, 28, 52 erhöht.

[0135] Fig. 13 zeigt einen Teilschnitt durch die Welle 13. Die Welle 13 weist die in Fig. 1 dargestellten Bereiche

29 mit dem größten Durchmesser, die daran sich anschließenden Bereiche 30, 31 mit geringerem Durchmesser und die sich wiederum daran anschließenden Bereiche 32, 33 mit nochmals vermindertem Durchmesser auf. In den Bereichen 30, 31 sind die Rotorscheiben 16, 17 angeordnet. In den Bereichen 32, 33 sind die Rotorscheiben 15, 18, 19 angeordnet. Die Rotorscheiben 15, 18, 19 weisen sämtlich denselben Innendurchmesser auf. Auch die Rotorscheiben 16, 17 weisen denselben Innendurchmesser auf. Hierdurch ist es möglich, durch eine große Anzahl von Gleichteilen eine preiswerte Pumpe aufzubauen.

[0136] Der Durchmesserunterschied zwischen den Bereichen 29, 30 bildet den Anschlag 34. Zwischen den Bereichen 29, 31 ist der Anschlag 36 vorgesehen. Zwischen den Bereichen 30, 32 ist der Anschlag 35 angeordnet und zwischen den Bereichen 31, 33 ist der Anschlag 37 vorgesehen.

[0137] Die Montagerichtung der Scheiben 15, 16 ist durch den Pfeil A gekennzeichnet. Die Montagerichtung der Rotorscheiben 17, 18, 19 ist durch den Pfeil B gekennzeichnet. Mit M ist eine Mittelachse der Welle 13 gekennzeichnet. Die Welle 13 und die Rotorscheiben 15, 16, 17, 18, 19 sind rotationssymmetrisch um die Mittelachse M aufgebaut.

[0138] Fig. 14 zeigt die Welle 13 mit Turbomolekularpumpstufen 21, 22. Die Welle 13 weist Nuten 39, 40 auf in einem Bereich, in dem keine Rotorscheiben 14, 15, 16, 17, 18, 19 angeordnet sind.

[0139] Durch die Ausbildung von einer Nut, die eine größere Ausdehnung in axialer Richtung als in Umfangsrichtung der Welle 13 hat, wird die Masse der Welle reduziert, so dass sich das modale Verhalten des Rotors deutlich verbessert.

[0140] Fig. 15 zeigt eine Welle 13 mit zwei Turbomolekularpumpstufen 21, 22, die in einem Gehäuse 41 einer Splitflow-Pumpe angeordnet sind. Das Gehäuse 41 weist einen Einlass 24 auf.

[0141] Diese zum Stand der Technik gehörende Ausführungsform zeigt, dass ein Kundengehäuse 60 einen Einlass 61 aufweist, der in radialer Richtung versetzt zu dem Einlass 24 ausgebildet ist. Die axiale Länge der Pumpe und der Kundenkammer 60 passen nicht zusammen.

[0142] Gemäß Fig. 16 ist eine Lösung dargestellt, wie trotzdem ein möglichst hoher Leitwert erzielt werden kann. Das Gehäuse 41 weist hierzu im Bereich des Einlasses 24 einen Steg 62 auf. Durch die Ausbildung des Steges, an dem die Statorscheiben (nicht dargestellt) befestigt werden können, erhält man im Bereich des Einlasses 24 einen größeren Querschnitt und damit einen höheren Leitwert.

[0143] Fig. 17 zeigt eine Vakuumpumpe 1 mit Vakuumanschlüssen 72, 73, 75. Der Vakuumanschluss 72 weist eine Elastomerdichtung 76 sowie eine Spaltdichtung 77 auf. Zwischen der Elastomerdichtung 76 und der Spaltdichtung 77 ist ein Absaugkanal 78 angeordnet, in dem Zwischenabsaugungen 79 angeordnet sind. In dem

Vakuumanschluss 75 ist eine Absaugöffnung 80 angeordnet. Die Zwischenabsaugungen 79 führen in eine Durchführungsbohrung 81, die zur Zwischenstufe 73 geführt ist. Für eine Dichtungsanordnung des Vakuumanschlusses 75 ist ein Verbindungskanal 82 vorgesehen, so dass der Vakuumanschluss 75 über die Absaugöffnung 80 ebenfalls über die Durchführungsbohrung 82 evakuiert wird.

[0144] Fig. 18 zeigt die Hülse 59, die einen Träger 117 aufweist, welcher als im wesentlichen zylindermantelförmiger Basisabschnitt ausgebildet ist. An der radialen Außenseite des Trägers 14 ist eine Strukturierung mit mehreren Strukturelementen 118 vorgesehen, die im vorliegenden illustrativen Ausführungsbeispiel als in Richtung der Längsachse der Hülse 59 langgestreckte gerade Stege ausgebildet sind. Die Strukturelemente 118 können als Holweck- oder Kreuzkanalpumpstufe ausgebildet sein. Die Strukturelemente 118 können auch andere Pumpstufenstrukturen aufweisen.

[0145] Fig. 19 zeigt die Welle 13, auf der die Hülse 59 angeordnet ist. Die Hülse 59 trägt eine Turbomolekularpumpstruktur, die aus Scheiben 119, 120 besteht. An der Hülse 59 angrenzend ist die Rotorscheibe 14 vorgesehen.

[0146] In die Turbomolekularpumpstruktur der Hülse 59, gebildet durch die Scheiben 119, 120, greifen Statorscheiben 121, 122, 123.

[0147] Die Scheiben 14, 119 bis 120 sind lediglich schematisch dargestellt.

Bezugszahlen

[0148]

1	Vakuumpumpe
2	Mehrkammervakuumpumpanlage
3	Kammer
4	Kammer
5	Kammer
6	Kammer
7	Trennwände
8	Trennwände
9	Trennwände
10	Bohrungen
11	Bohrungen
12	Bohrungen
13	Welle
14	Rotorscheiben
15	Rotorscheiben
16	Rotorscheiben
17	Rotorscheiben
18	Rotorscheiben
19	Rotorscheiben
20	Statorscheiben
21	Turbomolekularpumpstufe mit Scheibenpaket
22	Turbomolekularpumpstufe mit Scheibenpaket
23	Haupteinlass
24	Haupteinlass

25 Haupteinlass
 26 Haupteinlass
 27 Nebeneinlass
 28 Nebeneinlass
 29 Bereich der Welle 13 mit größtem Durchmesser
 30 Bereich der Welle 13 mit geringerem Durchmesser
 31 Bereich der Welle 13 mit geringerem Durchmesser
 32 Bereich der Welle 13 mit kleinstem Durchmesser
 33 Bereich der Welle 13 mit kleinstem Durchmesser
 34 Anschlag
 35 Anschlag
 36 Anschlag
 37 Anschlag
 38 Hülse
 39 Nut
 40 Nut
 41 Gehäuse
 42 Einschnürung
 43 Magnetlager
 43a Halterung
 43b Gegenlager
 44 Turbomolekularpumpstufe mit Rotorscheibenpaketen
 45 Turbomolekularpumpstufe mit Rotorscheibenpaketen
 46 Turbomolekularpumpstufe mit Rotorscheibenpaketen
 47 Pfeil Gasstrom
 48 Pfeil Gasstrom
 49 Turbomolekularpumpstufe
 50 Kugellager
 51 Motor
 52 Nebeneinlass
 53 Nut
 54 Nut
 55 Bohrungen
 56 Schnittpunkt
 57 Nut
 58 Nut
 59 Hülse
 60 Gehäuse
 61 Einlass
 62 Steg
 72 Vakuumanschlüsse
 73 Vakuumanschlüsse
 75 Vakuumanschlüsse
 76 Elastomerdichtung
 77 Spaltdichtung
 78 Absaugkanal
 79 Zwischenabsaugungen
 80 Absaugöffnung
 81 Durchführungsbohrung
 82 Verbindung
 83 Bohrungen
 101 Motormagnet
 102 Einschnürung Welle

103 Ring
 104 Ende Rotorwelle 13
 105 Ende Hülse 59
 106 Ende Hülse 59
 107 Wellenelement
 108 Wellenelement
 109 Hohlraum
 110 Wellenende
 111 Magnetlager
 112 Magnetringe
 113 Magnetringe
 114 Kugellager
 115 Feder
 116 Innenbohrung
 117 Träger
 118 Strukturelemente
 119 Rotorscheibe
 120 Rotorscheibe
 121 Statorscheibe
 122 Statorscheibe
 123 Statorscheibe
 A Pfeil
 B Pfeil
 L axiale Länge
 M Mittelachse

Patentansprüche

- 30 1. Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotorscheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Welle (13) in radialer Richtung wenigstens zwei Nuten (39, 40, 53, 54, 57, 58) und/oder Bohrungen (55, 56) angeordnet sind, die in axialer Richtung der Welle länger ausgebildet sind als in Umfangsrichtung der Welle (13) oder dass die Welle (13) in axialer Richtung wenigstens eine Einschnürung aufweist.
- 35 2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Nuten (39, 40, 53, 54, 57, 58) und/oder Bohrungen (55, 56) radial-symmetrisch in der Welle (13) angeordnet sind.
- 40 3. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Nuten (39, 40, 53, 54, 57, 58) und/oder Bohrungen (55, 56) wenigstens einen Ring bildend in der Welle (13) angeordnet sind.
- 45 4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuten (39, 40, 53, 54, 57, 58) und/oder Bohrungen (55, 56) einen rechteckförmigen und/oder einen sich konisch verjüngenden und/oder sich konisch erwei-
- 50
- 55

- ternden und/oder einen stufenförmig abgesetzten Querschnitt aufweisen.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrungen (55, 56) als Durchgangsbohrungen ausgebildet sind. 5
 6. Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen, wobei die Vakuumpumpe Statorscheiben und auf einer Welle angeordnete Rotor-scheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Welle (13) wenigstens eine Hülse (59) angeordnet ist. 10
 7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hülse (59) an wenigstens einem Ende (106) einen Ring (103) aufweist. 15
 8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Welle (13) zumindest im Bereich der Nuten (39, 40, 53, 54, 57, 58, 63, 64) und/oder Bohrungen und/oder der wenigstens einen Einschnürung eine Hülse (59) angeordnet ist. 20
 9. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einem Wellenende (104) im Bereich einer Verjüngung wenigstens eine Hülse (59) angeordnet ist. 25
 10. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Hülse (59) auf einer Seite (105) auf der Welle (13) und auf einer gegenüberliegenden Seite (106) auf wenigstens einem Tragring (103) gelagert ist. 30
 11. Vakuumpumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einem die Hülse (59) tragenden Bereich der Welle (13) und dem wenigstens einen Tragring (103) wenigstens ein Magnet-ring (101) eines Magnetlagers angeordnet ist. 35
 12. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Hülse (59) auf einem Bereich der Welle (13) mit Vollmaterial angeordnet ist. 40
 13. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Hülse (59) in einem Bereich ohne Rotorwelle zwischen zwei Wellenelementen (107, 108) angeordnet ist. 45
 14. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Hülse (59) wenigstens eine Bohrung (83) angeordnet ist. 50
 15. Splitflow-Vakuumpumpe mit wenigstens zwei radialen Einlässen, wobei die Vakuumpumpe Stator-scheiben und auf einer Welle angeordnete Rotor-scheiben aufweist, wobei auf der Welle wenigstens ein Scheibenpaket angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle (13) eine entlang einer Längsachse angeordnete Innenbohrung (116) aufweist. 55
 16. Vakuumpumpe nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Wellenende (110), in dem die Innenbohrung (116) angeordnet ist, im Querschnitt topfförmig ohne inneren Lagerzapfen ausgebildet ist.

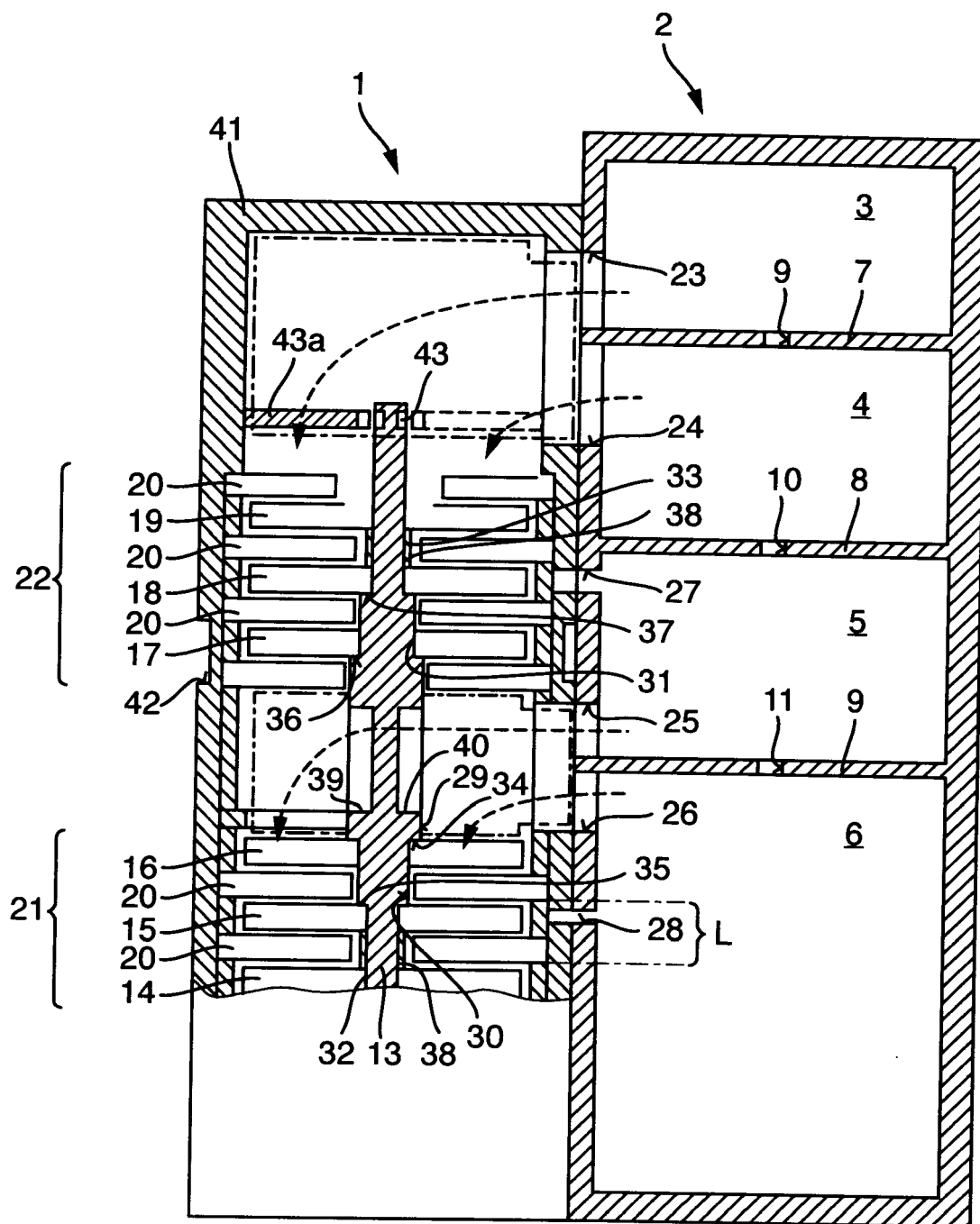


Fig. 1

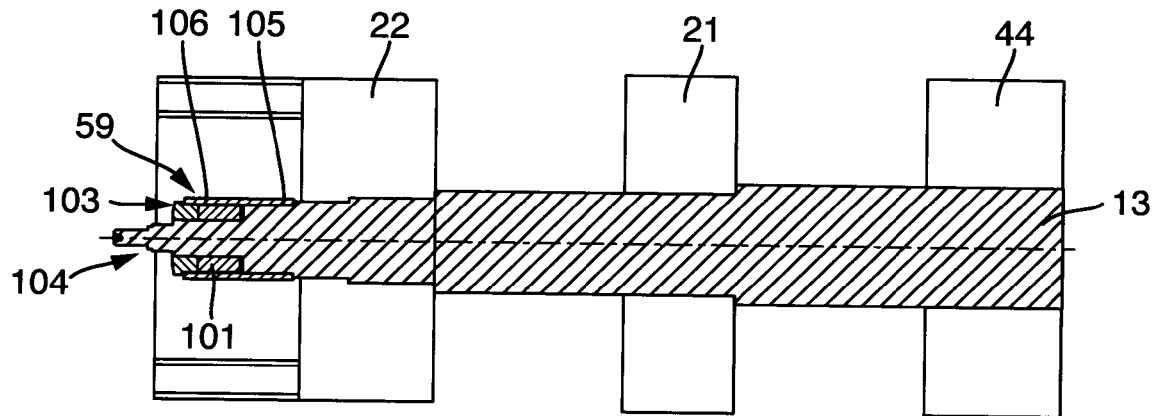


Fig. 2

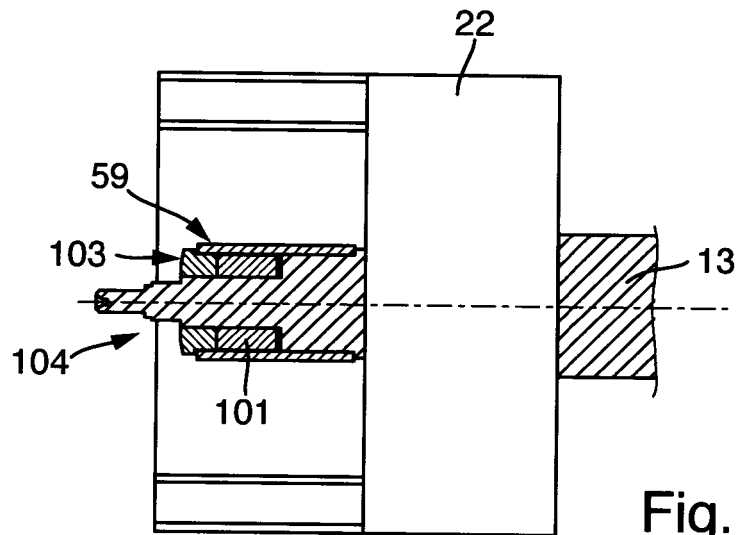


Fig. 3

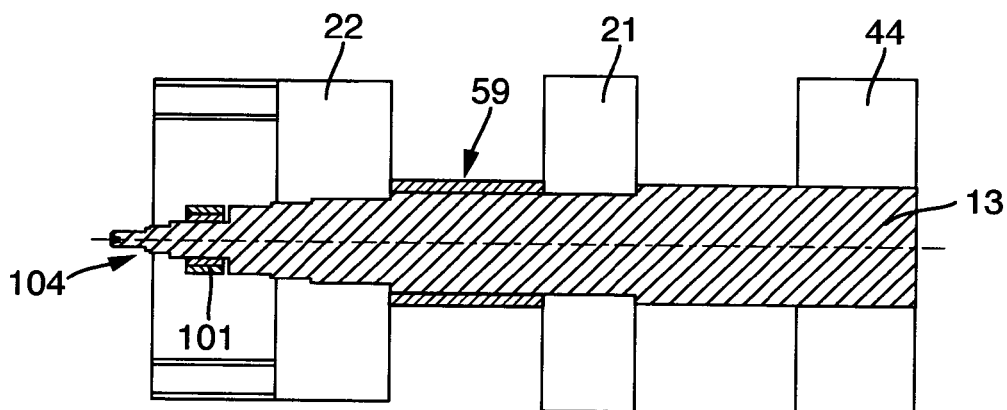


Fig. 4

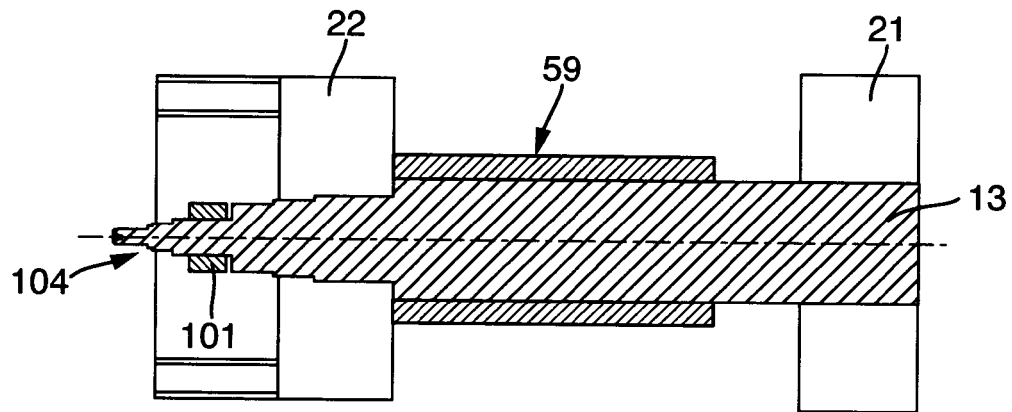


Fig. 5

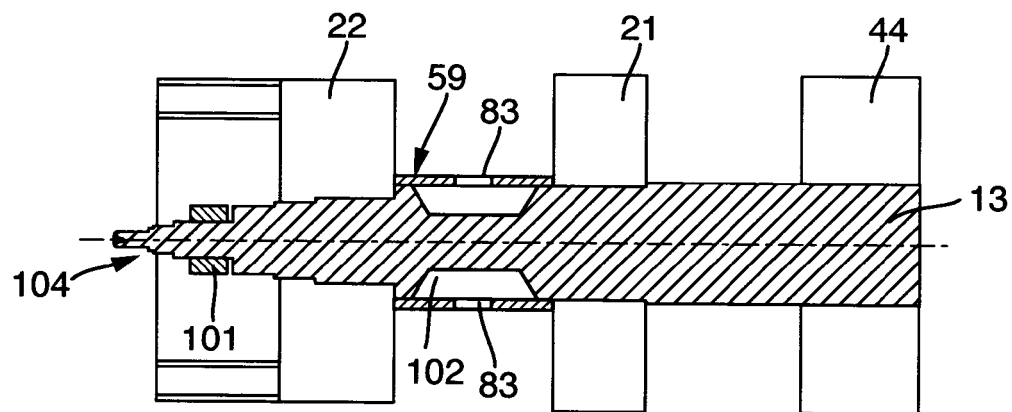


Fig. 6

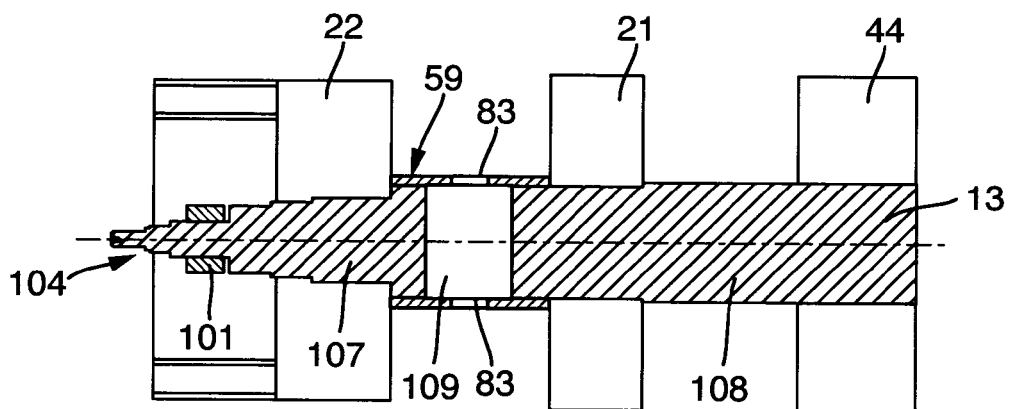


Fig. 7

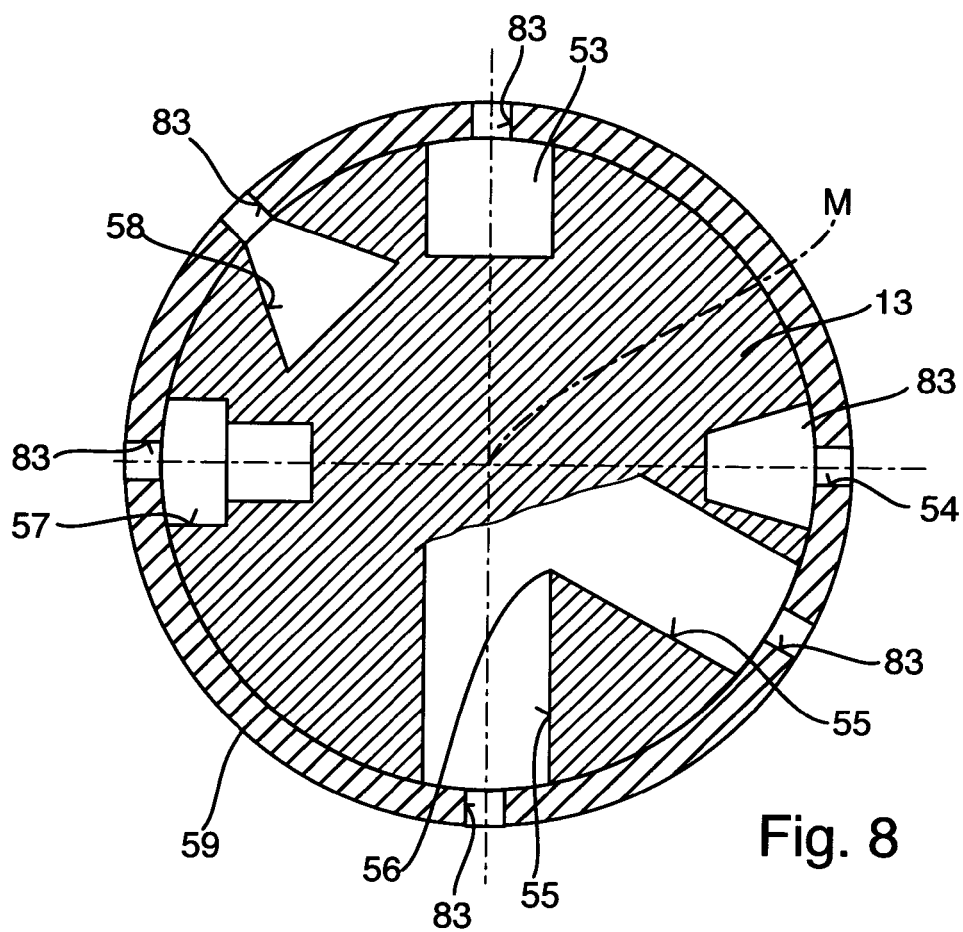


Fig. 8

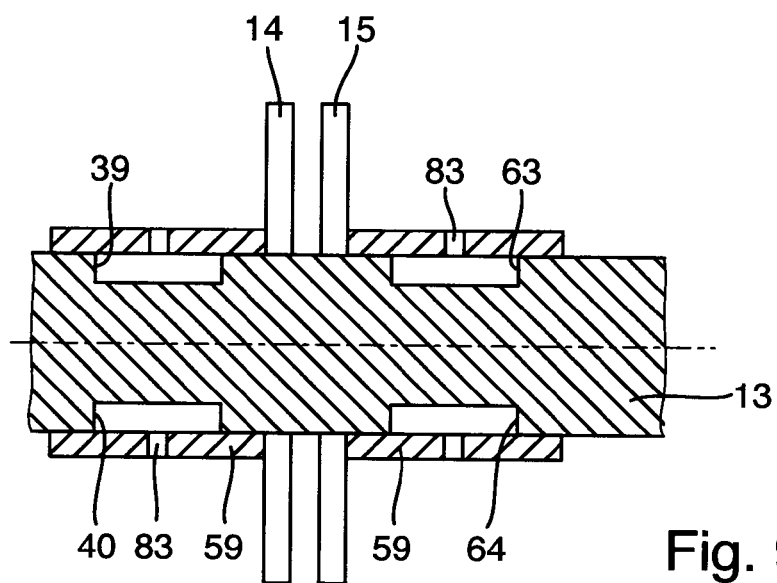


Fig. 9

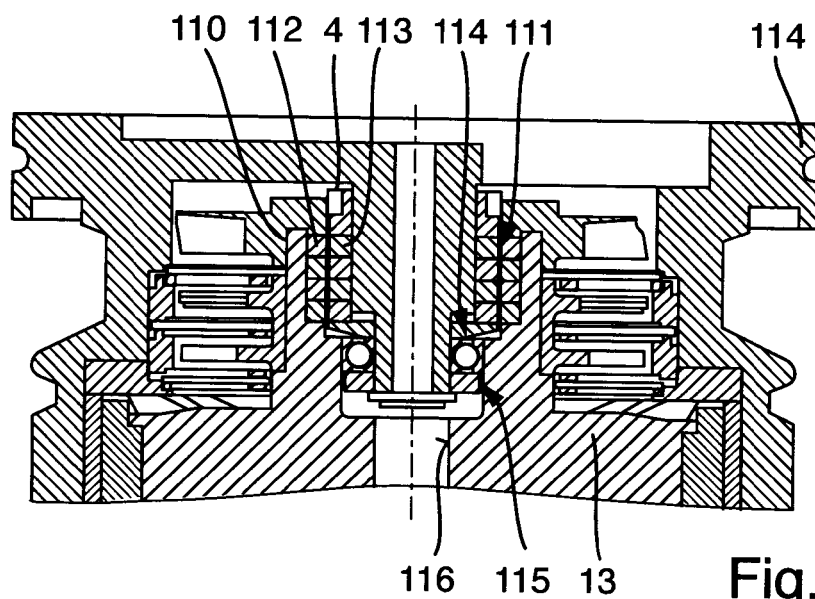


Fig. 10

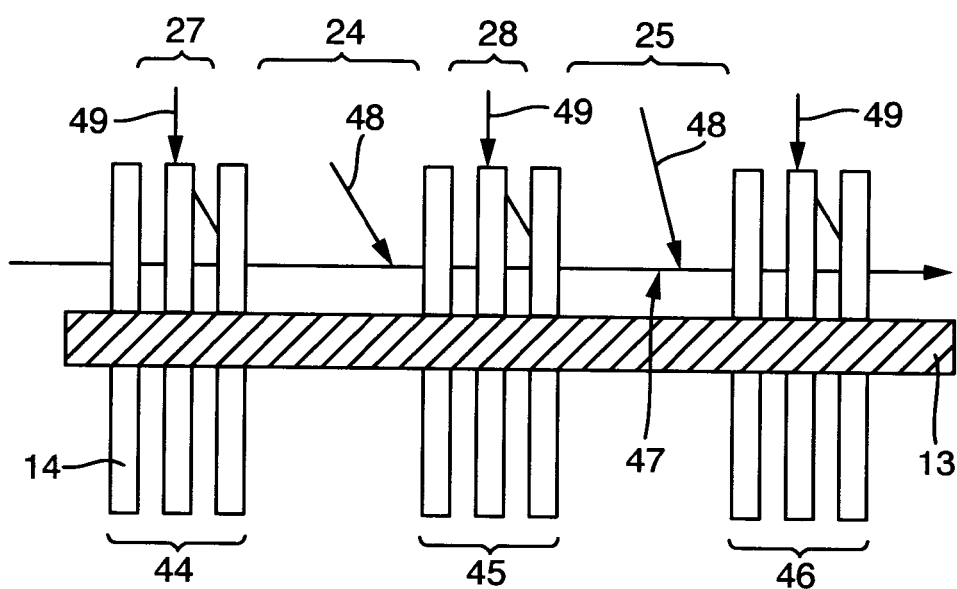
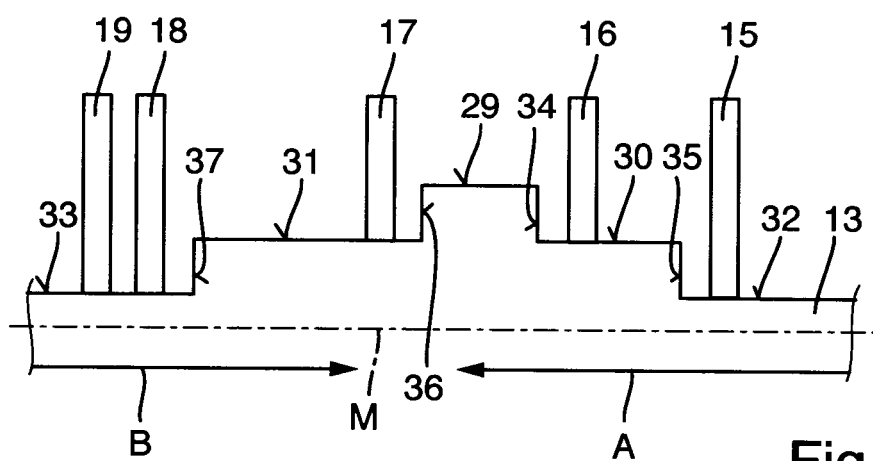
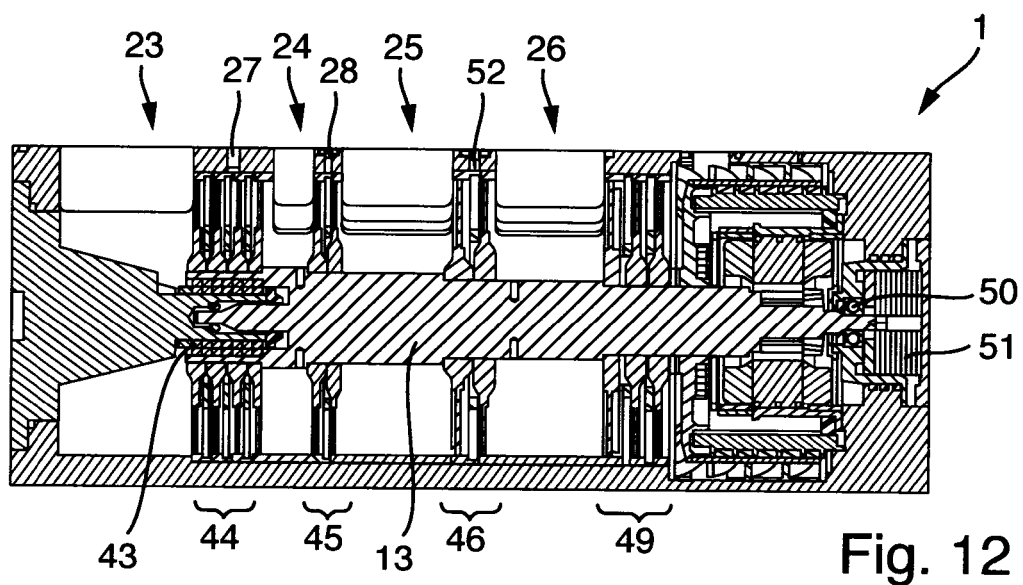


Fig. 11



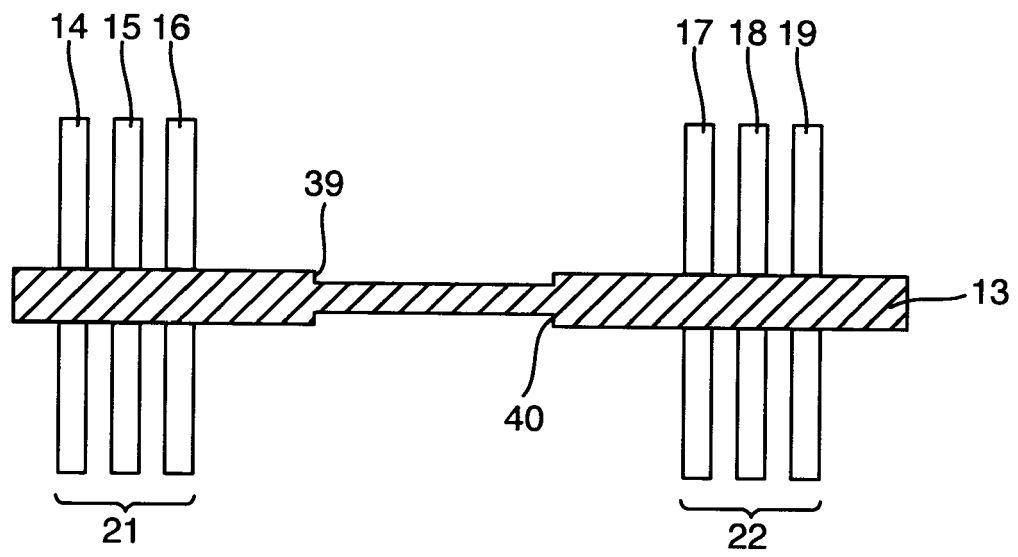


Fig. 14

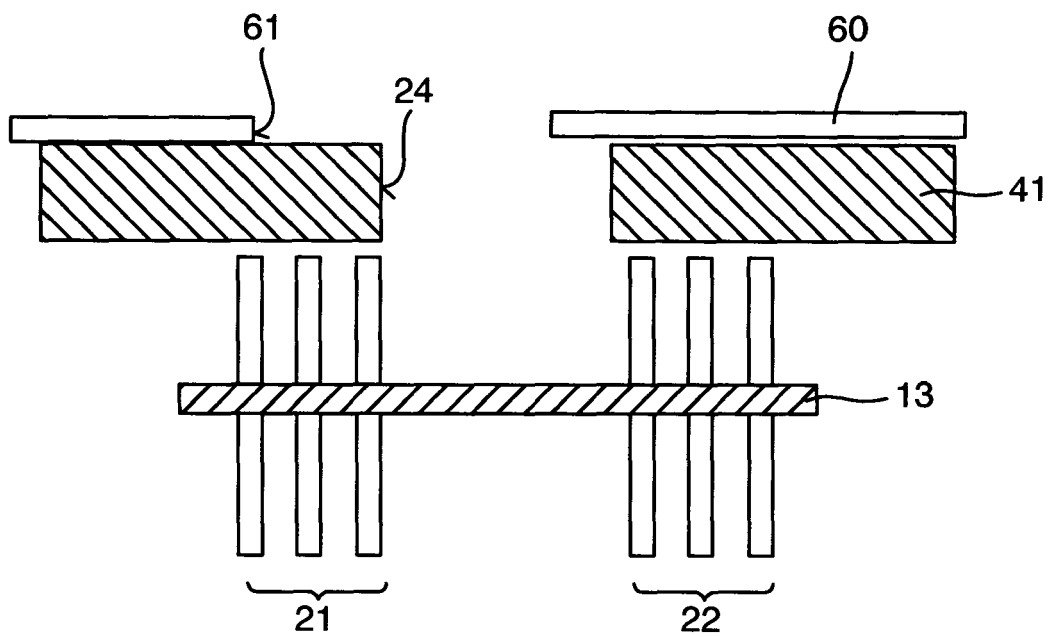


Fig. 15
(Stand der Technik)

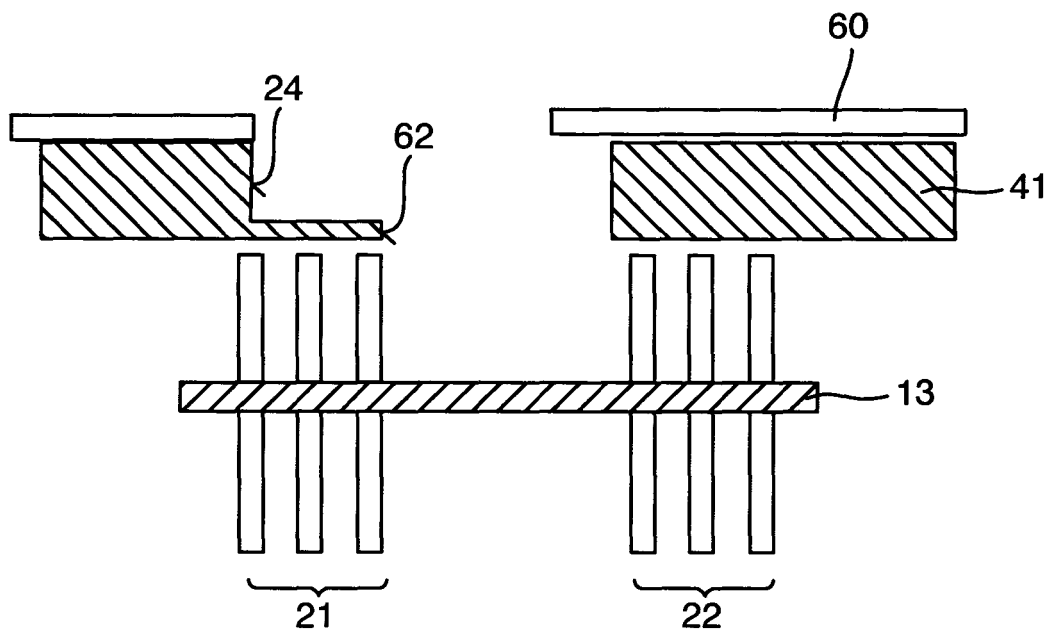


Fig. 16

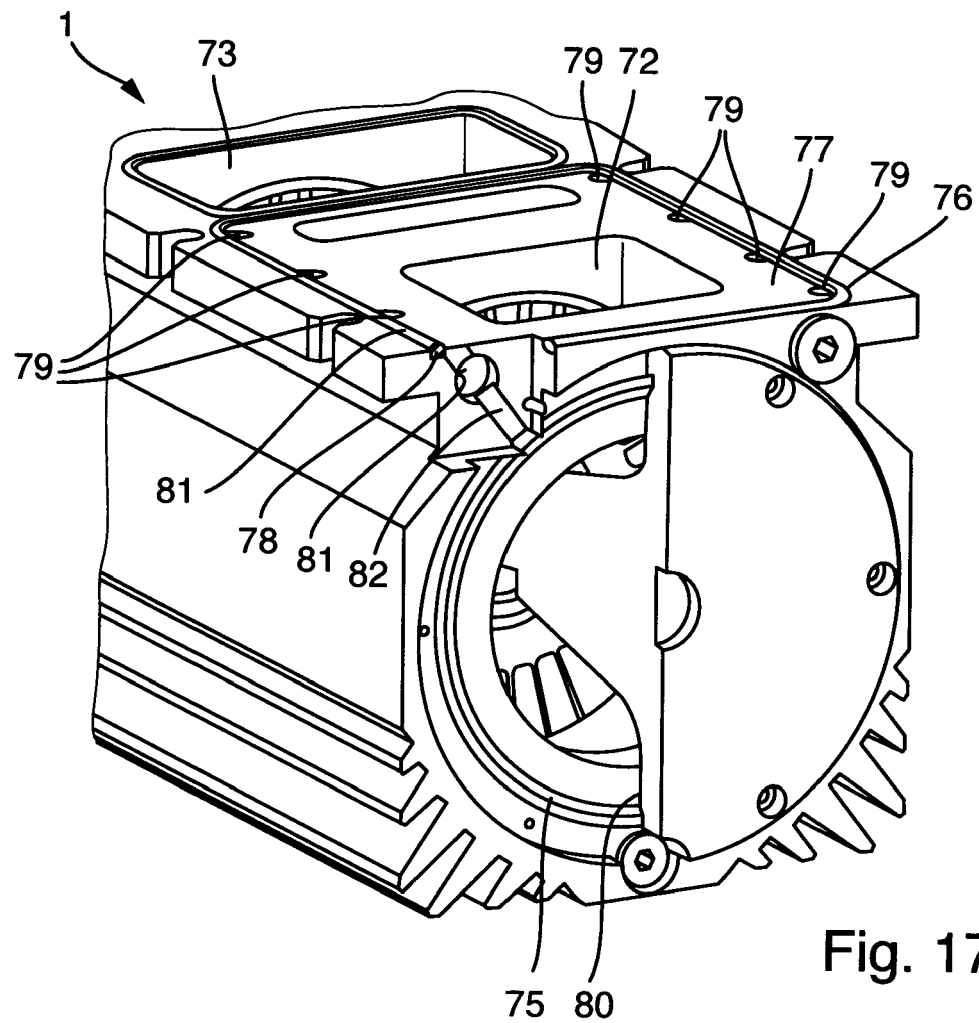


Fig. 17

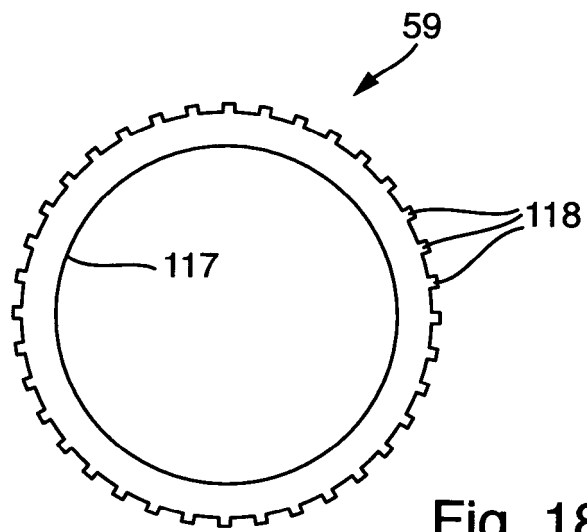


Fig. 18

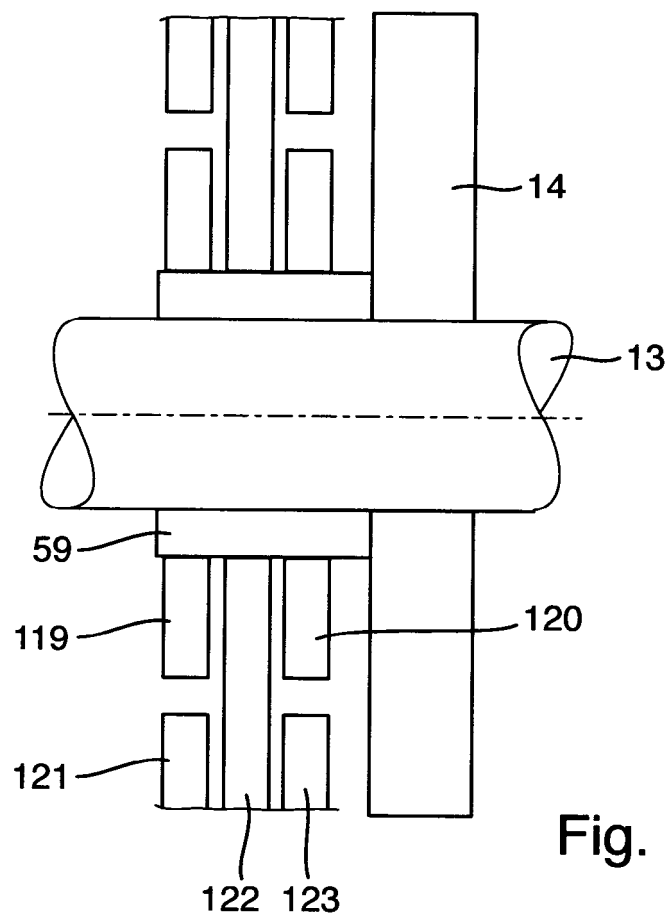


Fig. 19



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 17 4845

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 733 104 A (CONRAD ARMIN [DE] ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31)	1,6,8,9, 12,13, 15,16	INV. F04D19/04 F04D29/053
A	* Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 21 * * Spalte 6, Zeile 9 - Zeile 22 * * Anspruch 1; Abbildungen 6-7 *	2-5,7, 10,11,14	
X	DE 20 2013 010209 U1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 16. Februar 2015 (2015-02-16)	1-6,8, 13,15,16	
A	* Absatz [0001] * * Absätze [0005] - [0006] * * Absätze [0012] - [0017] * * Ansprüche 1-3; Abbildung 1 *	7,9-12, 14	
X	EP 1 302 667 A1 (BOC GROUP PLC [GB]) 16. April 2003 (2003-04-16)	1,6-14	
A	* Absatz [0001] * * Absätze [0017] - [0020] * * Abbildung 2 *	2-5,15, 16	
A	DE 100 43 235 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 14. März 2002 (2002-03-14) * Absätze [0001] - [0002] * * Absätze [0023] - [0028] * * Abbildung 1 *	6-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. März 2016	Prüfer Nicolai, Sébastien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☒ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 15 17 4845

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-5, 15, 16(vollständig); 8-14(teilweise)

Die unabhängigen Vorrichtungsansprüche 1 und 15 spezifizieren die Wellenkonstruktion einer Splitflow-Vakuumpumpe, wobei die Welle der Splitflow-Vakuumpumpe über den Umfang verteilte Ausnehmungen aufweist, beispielsweise in Form von radial verlaufenden Nuten und/oder Bohrungen oder axial verlaufenden Einschnürungen oder die Welle der Splitflow-Vakuumpumpe eine Innenbohrung aufweist. Der Materialabtrag dient der Reduktion des Gewichts bei gleichzeitiger Erhaltung der Rotor-Steifigkeit.

2. Ansprüche: 6, 7(vollständig); 8-14(teilweise)

Der unabhängige Vorrichtungsanspruch 6 beschäftigt sich mit einer Hülse für die Rotorwelle einer Splitflow-Vakuumpumpe. Die Hülse dient dem Zweck einer vorteilhaften Beeinflussung der Eigenschwingungsfrequenz, insbesondere aber auch zum Korrosionsschutz permanentmagnetischer Rotorkomponenten wie beispielsweise der Magnetlager-Rotorringe oder dem Motorrotor des Elektromotors.

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 17 4845

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-03-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5733104 A	31-03-1998	KEINE	
DE 202013010209 U1	16-02-2015	KEINE	
EP 1302667 A1	16-04-2003	AT 285523 T	15-01-2005
		DE 60202340 D1	27-01-2005
		DE 60202340 T2	15-12-2005
		EP 1302667 A1	16-04-2003
		JP 4340431 B2	07-10-2009
		JP 2003129990 A	08-05-2003
		US 2003086784 A1	08-05-2003
DE 10043235 A1	14-03-2002	DE 10043235 A1	14-03-2002
		EP 1313951 A1	28-05-2003
		JP 2004513277 A	30-04-2004
		US 2003180162 A1	25-09-2003
		WO 0218794 A1	07-03-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 4331589 A1 [0004]