

(11)

EP 3 608 545 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) **F04D 29/54** (2006.01)
F04D 29/16 (2006.01) **F04D 29/52** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19201021.3**

(22) Anmeldetag: **09.10.2014**

(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

(30) Priorität: 15.10.2013 DE 102013220879

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
14188325.6 / 2 863 063

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

(72) Erfinder: **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

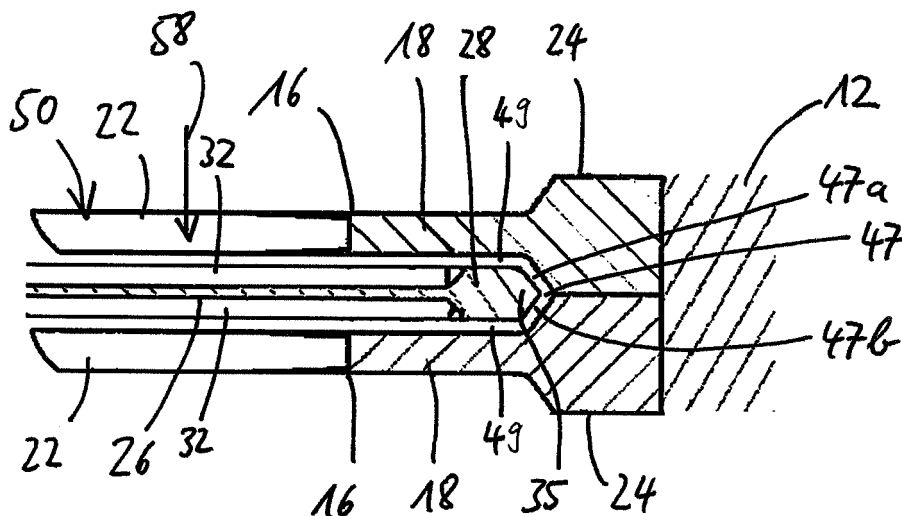
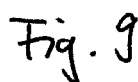
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 02.10.2019 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und mit einem relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinander-

derfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, wobei zumindest eine Rotorscheibe und/oder zumindest eine Rotorscheibe einen zwischen der Rotorscheibe und dem Stator ausgebildeten radialen Dichtspalt begrenzt und wobei der Dichtspalt zumindest abschnittsweise schräg zu der Rotationsachse verläuft.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe.

[0002] Vakuumpumpen wie z.B. Turbomolekularpumpen werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik eingesetzt, um ein für einen jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Turbomolekularpumpen umfassen einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen.

[0003] Konstruktionsbedingt weist eine solche Vakuumpumpe dynamische Dichtbereiche auf, zum Beispiel Dichtspalte zwischen den radialen äußeren Enden der Rotorscheiben und dem Stator bzw. zwischen den radialen inneren Enden der Statorscheiben und dem Rotor, welche infolge ihrer nur unzureichenden Dichtheit eine unerwünschte Rückströmung des Gases entgegen der Förderrichtung ermöglichen, welche die Saugleistung und die Kompression der Vakuumpumpe herabsetzt. Eine Verringerung der Spaltweiten bestehender Dichtspalte zur Reduzierung der Rückströmung ist nur bedingt möglich, da bei zu geringen Spaltweiten die Gefahr einer Kollision zwischen dem Rotor und dem Stator bei dem Betrieb der Vakuumpumpe besteht und der Aufwand für die Herstellung der Vakuumpumpe infolge der höheren Anforderungen an die Toleranzen der Bauteile steigt.

[0004] Aus DE 20 2010 011 796 U1 ist eine Turbomolekularpumpe bekannt, bei der zwischen mindestens einem Statorelement und mindestens einem benachbarten Rotorelement zur Verringerung der Gasrückströmung ein Blendenelement vorgesehen ist, welches einstückig mit dem Statorelement ausgebildet ist und zwischen dem Statorelement und dem in Förderrichtung auf das Statorelement folgenden Rotorelement angeordnet ist. Dadurch soll eine Rückströmung durch den zwischen der radialen Außenseite des stromaufwärtigen Rotorelements und dem Stator ausgebildeten radialen Dichtspalt reduziert werden. Das Gas soll dabei durch das Blendenelement in radialer Richtung nach innen umgelenkt werden, so dass es nicht durch den radial außen gelegenen Dichtspalt zwischen dem stromaufwärtigen Rotorelement und dem Stator gelangen kann.

[0005] Dennoch findet eine Rückströmung durch diesen Dichtspalt statt, da das zurückströmende Gas auf dem Weg durch die Statorscheibe hindurch in radialer Richtung nach außen strömen und dadurch in den Bereich des radialen Dichtspalts der stromaufwärtigen Rotorscheibe gelangen kann. Außerdem erhöhen die Blendenelemente die axiale Bauhöhe der Vakuumpumpe und müssen als zusätzliche Elemente vorgesehen und an den Statorelementen angebracht werden, wodurch

der Aufwand für die Bereitstellung der Vakuumpumpe erhöht wird.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vakuumpumpe anzugeben, welche eine verbesserte Pump-Performance, insbesondere ein hohes Saugvermögen und eine hohe Kompression, aufweist und mit geringem Aufwand bereitgestellt werden kann.

[0007] Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Vakuumpumpe, die insbesondere eine Turbomolekularpumpe ist, umfasst einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen. Zumindest eine Rotorscheibe begrenzt einen zwischen der Rotorscheibe und dem Stator ausgebildeten radialen Dichtspalt. Es ist zumindest ein statorseitiger Dichtabschnitt vorgesehen, der den Dichtspalt in axialer Richtung entgegen der Förderrichtung betrachtet zumindest teilweise abdeckt und bezogen auf die Förderrichtung vor und/oder neben der pumpaktiven Struktur der in Förderrichtung auf die Rotorscheibe folgenden Statorscheibe angeordnet ist.

[0009] Der Dichtabschnitt deckt den Dichtspalt in axialer Richtung ab und stellt dadurch ein Hindernis für eine durch den Dichtspalt gehende axiale Rückströmung des Gases dar. Da der Dichtabschnitt bezogen auf die Förderrichtung vor und/oder neben der pumpaktiven Struktur der stromabwärtigen Statorscheibe angeordnet ist, verhindert der Dichtabschnitt, dass im Bereich der pumpaktiven Struktur der Statorscheibe vorhandenes zurückströmendes Gas auf seinem Rückweg durch die Statorscheibe in radialer Richtung zu dem Dichtspalt der stromaufwärtigen Rotorscheibe hin strömt und folglich nach dem Durchgang durch die Statorscheibe in den Dichtspalt gelangen und durch den Dichtspalt weiter zurückströmen kann. Stattdessen kann das Gas allenfalls in einem von dem Dichtspalt entfernten Bereich durch die Statorscheibe zurückströmen und wird daher nach einem etwaigen Rückströmen durch die Statorscheibe von der pumpaktiven Struktur der stromaufwärtigen Rotorscheibe erfasst, welche das Gas wieder in Förderrichtung umlenkt. Der Dichtabschnitt reduziert somit die Rückströmung und erhöht die Pump-performance.

[0010] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren beschrieben.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform deckt der Dichtabschnitt den Dichtspalt über dessen gesamte radiale Spaltweite hinweg ab. Dadurch wird eine besonders wirksame Abdichtung erreicht, welche ein hohes Saugvermögen und eine hohe Kompression der Vakuumpumpe gewährleistet. Die Rotorscheibe kann den

Dichtabschnitt in radialer Richtung hintergreifen, insbesondere um ein Abdecken des Dichtspalts durch den Dichtabschnitt über die gesamte Spaltweite des Dichtspalts hinweg zu gewährleisten.

[0012] Der Dichtabschnitt ist vorzugsweise ringförmig ausgebildet. Der Dichtabschnitt kann den Dichtspalt über zumindest annähernd den gesamten Umfang der Rotorscheibe hinweg abdecken.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Statorscheibe einen Ring, insbesondere einen Außenring, auf, der die pumpaktive Struktur der Statorscheibe trägt, wobei der Dichtabschnitt durch den Ring der Statorscheibe gebildet ist. Indem ein die pumpaktive Struktur tragender Ring der Statorscheibe als Dichtabschnitt ausgebildet wird, wird ein zusätzlicher Aufwand für die Bereitstellung des Dichtabschnitts und ein zusätzlicher Bauraumbedarf für den Dichtabschnitt weitestgehend vermieden. Zur Bildung des Dichtabschnitts kann beispielsweise einfach eine Statorscheibe mit einem Außenring eingesetzt werden, welcher eine relativ große radiale Breite aufweist und den radialen Dichtspalt der vorhergehenden Rotorscheibe abdeckt.

[0014] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass der Dichtabschnitt durch einen Distanzring gebildet ist, der zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgende Statorscheiben in einem axialen Abstand zueinander hält. Derartige Distanzringe sind ohnehin günstig, um einen vorgegebenen axialen Abstand zwischen den Statorscheiben aufrecht zu erhalten, und können in einfacher Weise so abgewandelt werden, dass sie einen Dichtabschnitt zum Abdecken des radialen Dichtspalts der stromaufwärtigen Rotorscheibe bilden. Der radiale Dichtspalt kann dabei durch einen Abschnitt des Distanzrings begrenzt sein und der Dichtabschnitt kann durch einen Abschnitt des Distanzrings gebildet sein, der gegenüber dem Abschnitt des Distanzrings, der den Dichtspalt begrenzt, in radialer Richtung hervorsteht und insbesondere eine Schulter des Distanzrings bildet.

[0015] Die Ausbildung des Dichtabschnitts durch einen Distanzring ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die in Förderrichtung auf die Rotorscheibe folgende Statorscheibe keinen im Bereich des Dichtspalts angeordneten Ring, das heißt zum Beispiel keinen Außenring, aufweist. Eine derartige Statorscheibe kann zum Beispiel aus einem Vollkörper durch Materialentfernung herausgearbeitet sein, während eine Statorscheibe mit einem Außenring z.B. als geblechte Statorscheibe ausgebildet sein kann, d.h. als Statorscheibe, welche durch Verformung eines durch ein Blech gebildeten Grundkörpers hergestellt ist.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform begrenzt der Dichtabschnitt des Distanzrings eine Nut, die sich in radialer Richtung in den Distanzring hinein erstreckt. Die Rotorscheibe kann dabei, vorzugsweise in radialer Richtung, in die Nut eingreifen. Der radiale Dichtspalt kann dabei durch die Rotorscheibe und durch den Nutgrund begrenzt sein. Die Seitenwände der Nut decken den Dichtspalt vorzugsweise jeweils in axialer

Richtung ab. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Dichtspalt bezogen auf die axiale Richtung nicht nur einseitig, sondern beidseitig, das heißt sowohl in stromabwärtiger Richtung als auch in stromaufwärtiger Richtung, durch jeweils eine Seitenwand der Nut abgedeckt ist. Die Seitenwände der Nut können mit der Rotorscheibe jeweils einen von zwei sich beidseitig an den radialen Dichtspalt anschließenden axialen Dichtspalten begrenzen. Dadurch wird eine besonders wirksame Abdichtung des radialen Dichtspalts erreicht.

[0017] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Distanzring derart in radialer Richtung geteilt, dass der Distanzring und die Rotorscheibe in axialer Richtung zusammensetzbar sind. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Distanzring, wie vorstehend beschrieben, eine radiale Nut aufweist, in die die Rotorscheibe radial eingreift. In diesem Fall kann der Distanzring im Bereich der Nut in radialer Richtung geteilt sein, um ein axiales Zusammensetzen zu ermöglichen. Durch die Möglichkeit des axialen Zusammensetzens wird der für die Herstellung der Vakuumpumpe erforderliche Aufwand erheblich reduziert.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Rotorscheibe zumindest einen radialen Fortsatz auf, der vorzugsweise von der pumpaktiven Struktur der Rotorscheibe in radialer Richtung absteht, wobei der radiale Dichtspalt zumindest abschnittsweise durch den Fortsatz begrenzt ist. Ein solcher Fortsatz kann angepasst sein, um eine besonders gute Abdichtung des Dichtspalts zu gewährleisten, so dass eine Rückströmung besonders zuverlässig vermieden wird. Der Fortsatz ist bevorzugt durchgehend gasdicht ausgebildet, um eine möglichst gute Abdichtung zu gewährleisten. Bevorzugt ist es, wenn die Rotorscheibe mit dem Fortsatz in eine wie vorstehend beschriebene radiale Nut eines Distanzrings eingreift. Beispielsweise kann der Fortsatz ringförmig ausgebildet sein und/oder sich über zumindest annähernd den gesamten Umfang der Rotorscheibe erstrecken. Die pumpaktive Struktur kann mehrere pumpaktive Elemente, insbesondere Schaufeln, aufweisen, wobei ein sich insbesondere über den gesamten Umfang der Rotorscheibe erstreckender radialer Fortsatz von mehreren pumpaktiven Elementen getragen sein kann und/oder mehrere voneinander getrennte radiale Fortsätze der beschriebenen Art vorgesehen sein können, die von verschiedenen pumpaktiven Elementen abstehen. Der radiale Fortsatz kann aber auch als radiale Verlängerung der Schaufeln im Bereich der Nut ausgeführt sein.

[0019] Bevorzugt erstreckt sich der Fortsatz nur über einen Teil der axialen Erstreckung der pumpaktiven Struktur der Rotorscheibe. Dadurch kann der zusätzliche Materialaufwand und das zusätzliche durch den Fortsatz gebildete Gewicht der Rotorscheibe gering gehalten werden und dennoch eine gezielte und äußerst wirksame Abdichtung des Dichtspalts erreicht werden. Wenn der Dichtabschnitt, wie vorstehend beschrieben, durch einen Distanzring mit einer Nut gebildet ist, in die der Fortsatz

eingreift, erstreckt sich vorzugsweise auch die Nut nur über einen Teil der axialen Erstreckung der pumpaktiven Elemente der Rotorscheibe. Dadurch kann erreicht werden, dass die Nutwände den Fortsatz auf allen Seiten eng umschließen, so dass der radiale Dichtspalt bevorzugt nur über axiale Spalte zugänglich ist, wodurch die Rückströmung weiter reduziert wird.

[0020] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

[0021] Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen. Zumindest eine Statorscheibe und/oder zumindest eine Rotorscheibe begrenzt einen zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildeten radialen Dichtspalt. Der Dichtspalt verläuft zumindest abschnittsweise schräg zu der Rotationsachse.

[0022] Dadurch, dass der Dichtspalt zumindest abschnittsweise und insbesondere über seine gesamte Länge schräg zu der Rotationsachse verläuft, wird die Länge des Dichtspalts erhöht und dessen Dichtheit verbessert. Wie nachstehend im Einzelnen erläutert, lässt sich ein solcher schräger Dichtspalt außerdem besonders einfach realisieren, zum Beispiel indem der Dichtspalt zumindest abschnittsweise von einem Fußabschnitt oder Bundabschnitt der Rotorscheibe begrenzt ist, welcher schräg zu der Rotationsachse verläuft. Der schräge Dichtspalt bzw. ein oder jeder schräge Abschnitt des Dichtspalts kann eine gerade oder gekrümmte Form aufweisen oder sich stufenförmig in einer zu der Rotationsachse schrägen Richtung erstrecken.

[0023] Den Dichtspalt begrenzende Oberflächen liegen einander in radialer Richtung gegenüber und sind vorzugsweise zumindest näherungsweise parallel zueinander. Der Spalt weist vorzugsweise eine zumindest näherungsweise konstante Spaltweite auf.

[0024] Nachfolgend sind vorteilhafte Ausführungsformen der Vakuumpumpe gemäß Anspruch 8 beschrieben. Diese Vakuumpumpe kann gleichzeitig als Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 ausgebildet sein. Die hierin in Bezug auf die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 beschriebenen Vorteile und vorteilhaften Ausführungsformen sind dementsprechend auch Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen der Vakuumpumpe gemäß Anspruch 8.

[0025] Die Vakuumpumpe ist bevorzugt eine Turbomolekularpumpe. Die Vakuumpumpe kann auch eine Seitenkanalpumpe sein.

[0026] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist eine den Dichtspalt begrenzende Statorscheibe und/oder eine den Dichtspalt begrenzende Rotorscheibe einen Ring, insbesondere einen Innenring, auf, der die

pumpaktive Struktur der jeweiligen Scheibe trägt, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Ring der Statorscheibe begrenzt ist und/oder durch den Ring der Rotorscheibe begrenzt ist. Dadurch kann ohne zusätzliche Elemente ein Dichtspalt mit vorteilhaften Eigenschaften geschaffen werden. Der Ring der Rotorscheibe ist vorzugsweise auf der Rotorwelle angeordnet, um die Rotorscheibe mit der Rotorwelle zu verbinden.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform weist ein den Dichtspalt begrenzender Ring der Rotorscheibe, insbesondere ein Innenring, einen in axialer Richtung vorstehenden Bundabschnitt auf, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Bundabschnitt begrenzt ist. Der Bundabschnitt ist vorzugsweise mit der Rotorwelle verbunden und kann somit im Rahmen der Erfindung gleichzeitig zur Anbindung der Rotorscheibe an der Rotorwelle und zur Schaffung des zu der Rotationsachse schrägen Dichtspalts dienen.

[0028] Der Bundabschnitt kann entweder mit der Welle einstückig ausgebildet oder als separates Teil ausgeführt und mit der Welle verbunden sein.

[0029] Der Bundabschnitt kann eine sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle hin verbreiternde Form aufweisen, wodurch eine mechanisch besonders gute Verbindung der Rotorscheibe mit der Rotorwelle geschaffen werden kann. Eine im Bereich der Verbreiterung vorhandene Oberfläche des Bundabschnitts kann dabei zur Begrenzung zumindest eines zu der Rotationsachse schrägen Abschnitts des Dichtspalts dienen. Der schräge Abschnitt des Dichtspalts kann dabei in axialer Richtung von der Rotorscheibe zu der Statorscheibe gesehen in radialer Richtung zu der Rotorwelle hin verlaufen. Dadurch, dass der Zwischenraum zwischen dem sich verbreiternden Bundabschnitt und dem Stator als schräger Dichtspalt bzw. Dichtspaltabschnitt ausgebildet ist, wird in diesem Bereich eine gute Dichtwirkung erzielt und es wird das Problem vermieden, dass die sich verbreiternde Form des Bundabschnitts einen ausgedehnten Zwischenraum zwischen dem Rotor und dem Stator bedingt, der eine übermäßige Rückströmung zulässt.

[0030] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist ein den Dichtspalt begrenzender Ring, insbesondere der Statorscheibe, einen in radialer Richtung abstehenden Fortsatz auf, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Fortsatz begrenzt ist. Vorzugsweise begrenzt ein Fortsatz der Statorscheibe den schrägen Abschnitt des Dichtspalts gemeinsam mit einem wie vorstehend beschriebenen Bundabschnitt der Rotorscheibe. Wie vorstehend beschrieben, wird durch die Ausgestaltung des Zwischenraums zwischen dem Bundabschnitt und dem Stator als Dichtspalt bzw. Dichtspaltabschnitt eine hohe Rückströmung im Bereich des sich verbreiternden Bundabschnitts verhindert. Die Statorscheibe mit dem Ring und dem Fortsatz ist bevorzugt einteilig durch einen einzigen Körper gebildet.

[0031] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist der Dichtspalt zumindest zwei Abschnitte auf, die schräg zu der Rotationsachse und in einem Winkel zueinander verlaufen, wobei vorzugsweise beide Abschnitte jeweils durch eine Statorscheibe einerseits und jeweils eine von zwei zu der Statorscheibe benachbarten Rotorscheiben andererseits begrenzt sind. Die beiden Abschnitte können einen V-förmigen Dichtspalt bilden. Beide Abschnitte können durch einen wie vorstehend beschriebenen radial abstehenden Fortsatz der Statorscheibe einerseits und einen Bundabschnitt der jeweiligen Rotorscheibe andererseits begrenzt sein. Die beiden Abschnitte des Dichtspalts können in axialer Richtung von der jeweiligen Rotorscheibe zu der Statorscheibe hin gesehen in radialer Richtung nach innen verlaufen bzw. der Scheitel der V-Form des Dichtspalts kann zu der Rotorwelle hin weisen.

[0032] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 13.

[0033] Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen. Die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben und Rotorscheiben sind zur Bereitstellung einer in einer Förderrichtung orientierten Pumpwirkung für ein in einem Schöpfbereich vorhandenes Gas ausgebildet. Es ist ein zu dem Schöpfbereich benachbarter Dichtbereich vorhanden, der zumindest teilweise durch eine Statorscheibe und eine zu der Statorscheibe benachbarte Rotorscheibe begrenzt ist. Einander gegenüberliegende und den Dichtbereich begrenzende Oberflächen des Rotors und des Stators bilden dabei wenigstens eine Pumpstufe zur Bereitstellung einer Pumpwirkung für das in dem Dichtbereich vorhandene Gas, die einer Rückströmung des Gases durch den Dichtbereich entgegenwirkt.

[0034] Unter dem Schöpfbereich wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung generell der Bereich verstanden, in dem die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben und Rotorscheiben eine in einer Förderrichtung orientierte Pumpwirkung für das dort vorhandene Gas bereitstellen. Unter einem Dichtbereich wird ein Bereich verstanden, der an den Schöpfbereich angrenzt und durch den prinzipiell eine entgegen der Förderrichtung gerichtete Rückströmung des Gases erfolgen kann.

[0035] Dadurch, dass einander gegenüberliegende und den Dichtbereich begrenzende Oberflächen des Rotors und des Stators wenigstens eine Pumpstufe zur Bereitstellung einer Pumpwirkung für das in dem Dichtbereich vorhandene Gas bilden, die einer Rückströmung des Gases durch den Dichtbereich entgegenwirkt, wird die Rückströmung reduziert und die Pumpleistung der Vakuumpumpe verbessert.

[0036] In einer möglichen Weiterbildung ist vorgesehen, dass zumindest eine der die Pumpstufe bildenden Oberflächen schräg zur Rotationsachse verläuft.

[0037] Nachfolgend sind vorteilhafte Ausführungsformen der Vakuumpumpe gemäß Anspruch 13 beschrieben. Diese Vakuumpumpe kann gleichzeitig als Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 und/oder als Vakuumpumpe gemäß Anspruch 8 ausgebildet sein. Die hierin in Bezug auf die Vakuumpumpen gemäß Anspruch 1 und Anspruch 8 beschriebenen Vorteile und vorteilhaften Ausführungsformen sind dementsprechend auch Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen der Vakuumpumpe gemäß Anspruch 13.

[0038] Die Vakuumpumpe ist bevorzugt eine Turbomolekularpumpe. Die Vakuumpumpe kann auch eine Seitenkanalpumpe sein.

[0039] Die die Pumpstufe bildenden Oberflächen sind vorzugsweise durch die Statorscheibe und die benachbarte Rotorscheibe gebildet. Die Pumpstufe lässt sich somit einfach durch entsprechende Anpassung der Oberflächen der Statorscheibe und der Rotorscheibe realisieren.

[0040] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Statorscheibe einen Ring, insbesondere einen Innenring, auf, der die pumpaktive Struktur der Statorscheibe trägt, und die Rotorscheibe weist einen Ring, insbesondere einen Innenring, auf, der die pumpaktive Struktur der Rotorscheibe trägt, wobei die die Pumpstufe bildenden Oberflächen durch die Ringe der Statorscheibe und der Rotorscheibe gebildet sind. Diese Oberflächen eignen sich besonders, um eine Pumpstufe zu realisieren, die die Rückströmung verringert.

[0041] Die die Pumpstufe bildenden Oberflächen liegen einander vorzugsweise in axialer Richtung gegenüber. Die Oberflächen können einen axialen Dichtspalt begrenzen, welcher Teil des Dichtbereichs ist.

[0042] Der Dichtbereich kann einen radialen Dichtspalt zwischen dem Rotor und dem Stator sowie zwei beidseitig an den radialen Dichtspalt angrenzende axiale Dichtspalte umfassen. Die axialen Dichtspalte sind vorzugsweise durch dieselbe Stator- oder Rotorscheibe und jeweils eine von zwei zu der Stator- bzw. Rotorscheibe benachbarten Rotor- bzw. Statorscheiben begrenzt oder durch Ringe der Stator- und Rotorscheiben, welche die pumpaktiven Strukturen der Stator- und Rotorscheiben tragen. Vorzugsweise sind zwei Pumpstufen vorgesehen, die jeweils durch die Oberflächen gebildet sind, die einen der axialen Dichtspalte begrenzen, und die einer Rückströmung entgegenwirken.

[0043] Bevorzugt ist die Pumpstufe eine Siegbahnpumpstufe. Eine solche Pumpstufe ist einfach realisierbar und wirkt einer Rückströmung wirksam entgegen. Beispielsweise kann eine der die Pumpstufe bildenden Oberflächen glatt ausgebildet sein und die gegenüberliegende Oberfläche kann zumindest eine schrauben- bzw. schneckenlinienförmige Nut aufweisen, in der das gepumpte Gas geführt wird. Es können auch mehrere und insbesondere zwei Siegbahnpumpstufen vorgese-

hen sein, die vorzugsweise, wie vorstehend beschrieben, jeweils einem axialen Dichtspalt des Dichtbereichs zugeordnet sind.

[0044] Nachfolgend werden Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen aller in der vorliegenden Beschreibung beschriebenen Vakuumpumpen beschrieben.

[0045] Bei allen Pumpen der vorliegenden Beschreibung sind die Rotorscheiben und die Statorscheiben vorzugsweise in axialer Richtung abwechselnd angeordnet.

[0046] Der Rotor kann einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. Bei einem mehrteiligen Rotor können die Rotorwelle einerseits und die mit der Rotorwelle verbundenen Rotorscheiben andererseits als getrennte Teile ausgebildet sein. Der Stator kann ebenfalls mehrteilig ausgebildet sein. Insbesondere kann der Stator ein Gehäuse, mehrere mit dem Gehäuse verbundene und als von dem Gehäuse getrennte Teile ausgebildete Rotorscheiben und vorzugsweise mehrere mit dem Gehäuse verbundene und als von dem Gehäuse und den Rotorscheiben getrennte Teile ausgebildete Distanzringe aufweisen.

[0047] Die Statorscheiben, Rotorscheiben und/oder Distanzringe können jeweils eine im Wesentlichen kreisringförmige Grundform aufweisen und/oder einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. Eine mehrteilige Stator- bzw. Rotorscheibe oder ein mehrteiliger Distanzring kann insbesondere mehrere und insbesondere zwei teilkreisförmige Teile umfassen, die zusammen die jeweilige Scheibe bzw. den Distanzring bilden.

[0048] Die Vakuumpumpe kann als Turbomolekularpumpe ausgebildet sein. Die Statorscheiben und Rotorscheiben können dementsprechend als turbomolekulare Stator- und Rotorscheiben mit einer turbomolekularen pumpaktiven Struktur ausgebildet sein. Die pumpaktiven Strukturen der Rotorscheiben und der Statorscheiben weisen bevorzugt mehrere als Schaufeln ausgebildete pumpaktive Elemente auf, die vorzugsweise von einem Außenring und/oder von einem Innenring der jeweiligen Scheibe getragen sind. Die Schaufeln können gegenüber der axialen Richtung eine Schrägstellung aufweisen, welche dazu dient, die mit den Schaufeln in Kontakt tretenden Gasmoleküle in Förderrichtung abzulenken, wobei die Schrägstellung der Schaufeln der Statorscheiben und der Rotorscheiben vorzugsweise spiegelbildlich zueinander ist.

[0049] Bei einer Seitenkanalpumpe weisen die Rotorscheiben als pumpaktive Struktur vorzugsweise im Bereich ihrer radialen Außenseite Rotorschaukeln auf, welche in einem durch die Statorscheiben gebildeten Seitenkanal umlaufen, welcher gegenüber den Rotorschaukeln verbreitert ist. Die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben sind dabei durch den Seitenkanal begrenzende Abschnitte der Statorscheiben gebildet. Ein Seitenkanal kann durch zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgende Statorscheiben begrenzt sein, zwischen denen eine Rotorscheibe mit Rotorschaukeln angeordnet ist.

[0050] Unter einem Spalt bzw. Dichtspalt wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung ein Zwischenraum

verstanden, der in einer vorgegebenen Richtung schmal ausgebildet ist und in den anderen Richtungen eine größere Ausdehnung besitzt. Ein Spalt bzw. Dichtspalt kann im Rahmen der Erfindung prinzipiell eine zumindest näherungsweise konstante Spaltweite aufweisen.

[0051] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

10 Fig. 1 eine Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung,

15 Fig. 2 den Bereich A der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,

Fig. 3 eine Statorscheibe der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe in Draufsicht in einem unfertigen Herstellungszustand,

20 Fig. 4 einen Ausschnitt der in Fig. 3 gezeigten Statorscheibe,

25 Fig. 5 die in Fig. 3 und 4 gezeigte Statorscheibe im fertigen Zustand in perspektivischer Darstellung,

Fig. 6 den Bereich B der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,

30 Fig. 7 den Bereich C der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,

35 Fig. 8 einen Ausschnitt einer Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung, und

40 Fig. 9 den Bereich D der in Fig. 7 gezeigten Vakuumpumpe.

[0052] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen von einem Einlassflansch 68 umgebenen Pumpeneinlass 70 sowie mehrere Pumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 70 anstehenden Gases zu einem in Fig. 1 nicht dargestellten Pumpenauslass. Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit einem statischen Gehäuse 72 und einen in dem Gehäuse 72 angeordneten Rotor mit einer um eine Rotationsachse 14 drehbar gelagerten Rotorwelle 12.

50 **[0053]** Die Vakuumpumpe ist als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren mit der Rotorwelle 12 verbundenen turbomolekularen Rotorscheiben 16 und mehreren in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben 16 angeordneten und in dem Gehäuse 72 festgelegten turbomolekularen Statorscheiben 26, die durch Distanzringe 36 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten

ten sind. Die Rotorscheiben 16 und Statorscheiben 26 stellen in dem Schöpfbereich 50 eine in Richtung des Pfeils 58 gerichtete axiale Pumpwirkung bereit.

[0054] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem drei in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der rotorseitige Teil der Holweck-Pumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 12 verbundene Rotornabe 74 und zwei an der Rotornabe 74 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 76, 78, die koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 80, 82 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind jeweils durch die einander unter Ausbildung eines engen radialen Holweck-Spalts gegenüberliegenden radialen Mantelflächen jeweils einer Holweck-Rotorhülse 76, 78 und einer Holweck-Statorhülse 80, 82 gebildet. Dabei ist jeweils eine der pumpaktiven Oberflächen glatt ausgebildet - vorliegend diejenige der Holweck-Rotorhülse 76 bzw. 78 - und die gegenüberliegende pumpaktive Oberfläche der Holweck-Statorhülse 80, 82 weist eine Strukturierung mit schraubenlinienförmig um die Rotationsachse 14 herum in axialer Richtung verlaufenden Nuten auf, in denen durch die Rotation des Rotors das Gas vorangetrieben und dadurch gepumpt wird.

[0055] Die drehbare Lagerung der Rotorwelle 12 wird durch ein Wälzlager 84 im Bereich des Pumpenauslasses und ein Permanentmagnetlager 86 im Bereich des Pumpeneinlasses 70 bewirkt.

[0056] Das Permanentmagnetlager 86 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 88 und eine statorseitige Lagerhälfte 90, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinandergestapelten permanentmagnetischen Ringen 92, 94 umfassen, wobei sich die Magnetringe 92, 94 unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 96 gegenüberliegen.

[0057] Innerhalb des Magnetlagers 86 ist ein Not- bzw. Fanglager 98 vorgesehen, welches als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet ist und im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors gegenüber dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert.

[0058] Im Bereich des Wälzlagers 84 ist an der Rotorwelle 12 eine konische Spritzmutter 100 mit einem zu dem Wälzlager 84 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen, die mit zumindest einem Abstreifer eines mehrere mit einem Betriebsmittel, wie zum Beispiel einem Schmiermittel, getränkte saugfähige Scheiben 102 umfassenden Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt steht. Im Betrieb wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über

den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 100 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 100 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 100 zu dem Wälzlager 84 hin gefördert, wo es zum Beispiel eine schmierende Funktion erfüllt.

[0059] Die Vakuumpumpe umfasst einen Antriebsmotor 104 zum drehenden Antreiben des Rotors, dessen Läufer durch die Rotorwelle 12 gebildet ist. Eine Steuereinheit 106 steuert den Motor 104 an.

[0060] Die turbomolekularen Pumpstufen stellen in dem Schöpfbereich 50 eine Pumpwirkung in Richtung des Pfeils 58 bereit. Nachfolgend sind anhand der Fig. 2 bis 7 die in der Vakuumpumpe von Fig. 1 realisierten Maßnahmen zur Verhinderung einer Rückströmung des Gases entgegen der Förderrichtung beschrieben. Einander entsprechende Bestandteile sind prinzipiell in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0061] Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen A bezeichneten Bereich mit einer Rotorscheibe 16 und zwei benachbarten Statorscheiben 26 im Detail.

[0062] Jede Rotorscheibe 16 weist mehrere Schaufeln 22 auf, die von einem in Fig. 2 nicht dargestellten Innenring der Rotorscheibe 16 getragen sind. Zwischen den äußeren radialen Enden der Schaufeln 22 und den in radialer Richtung gegenüberliegenden Distanzringen 36 ist jeweils ein radialer Dichtspalt 42 ausgebildet.

[0063] Die Statorscheibe 26 weist mehrere Schaufeln 32 auf, die von einem Außenring 30 und einem in Fig. 2 nicht dargestellten Innenring getragen sind. Der Außenring 30 der Statorscheibe 26 erstreckt sich in radialer Richtung so weit nach innen, dass er den Dichtspalt 42 der bezogen auf die Förderrichtung vorhergehenden Rotorscheibe 16 in axialer Richtung betrachtet abdeckt und damit eine Rückströmung durch den Dichtspalt 42 verhindert. Der den Dichtspalt 42 abdeckende Bereich des Außenrings 30 bildet somit einen Dichtabschnitt 34 für den Dichtspalt 42. Der Dichtabschnitt 34 ist bezogen auf die Förderrichtung neben der durch die Schaufeln 32 gebildeten pumpaktiven Struktur der Statorscheibe 26 angeordnet und verhindert somit, dass im Bereich der pumpaktiven Struktur vorhandenes Gas in radialer Richtung nach außen zu dem in Förderrichtung vorhergehenden Dichtspalt 42 hin strömt und durch den Dichtspalt 42 entgegen der Förderrichtung weiter zurückströmt.

[0064] Stattdessen wird das Gas durch den Dichtabschnitt 34 in radialer Richtung nach innen umgelenkt, so dass es nach einem etwaigen Rückströmen durch die Statorscheibe 26 auf die durch die Schaufeln 22 der stromaufwärtigen Rotorscheibe 16 gebildete pumpaktive Struktur trifft und durch diese wieder in Förderrichtung gepumpt wird.

[0065] Fig. 3 bis 5 zeigen die in Fig. 2 gezeigte Statorscheibe 26 im Detail. Die Statorscheibe 26 besteht im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus zwei halbkreisförmigen Teilen 26a, 26b.

[0066] Es handelt sich um eine geblechte, das heißt um eine aus einem blechförmigen Grundkörper durch

Verformung des Grundkörpers hergestellte bzw. herzustellende Statorscheibe 26. Zwischen dem Innenring 28 und dem Außenring 30 der Statorscheibe 26 sind durch Stanzen und Schlitzen des blechförmigen Grundkörpers die Schaufeln 32 der Statorscheibe 26 herausgebildet. Fig. 3 und 4 zeigen die Statorscheibe 26 insofern in einem unfertigen Zustand, als die Statorscheibe 26 noch in ihrem unverformten ebenen Zustand vorliegt und die Schaufeln 32 noch nicht durch Verbiegen des Grundkörpers in ihre geneigte Position gebracht sind.

[0067] Fig. 5 zeigt die fertige Statorscheibe 26 nach dem Verbringen der Schaufeln 32 in ihre geneigte Position.

[0068] Der Außenring 30 der Statorscheibe 26 mit dem Dichtabschnitt 34 bildet eine durchgehend geschlossene ringförmige Fläche, welche den Dichtspalt 42 der in Förderichtung vorhergehenden Rotorscheibe 16 über bevorzugt den gesamten Umfang der Rotorscheibe 16 hinweg abdeckt.

[0069] Fig. 6 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen B bezeichneten Bereich der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe im Detail. Die Rotorscheibe 16 weist einen an den äußeren radialen Enden ihrer Schaufeln 22 angeordneten und in radialer Richtung abstehenden Fortsatz 20 auf, der sich in eine radiale Nut 38 des in radialer Richtung zu der Rotorscheibe 16 benachbarten und aus den beiden Teilen 36a, 36b bestehenden Distanzrings 36 hinein erstreckt.

[0070] Durch den Fortsatz 20 und den Distanzring 36 wird ein radialer Dichtspalt 44 begrenzt, an den sich beidseitig jeweils ein durch den Fortsatz 20 und den Distanzring 36 begrenzter axialer Dichtspalt 45 anschließt. Der untere Teil 36b des Distanzrings 36 bildet einen Dichtabschnitt 40, der den radialen Dichtspalt 44 abdeckt und eine durch den Dichtspalt 42 gerichtete Rückströmung reduziert. Der Fortsatz 20 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als über den gesamten Umfang der Rotorscheibe 16 umlaufender und von den Schaufeln 22 der Rotorscheibe 16 getragener geschlossener Ring ausgebildet. Durch die radiale Zweiteilung des Distanzrings 36 in die beiden Teile 36a, 36b wird es ermöglicht, die Rotorscheibe 26 und den Distanzring 36 trotz der durch den Eingriff des Fortsatzes 20 in die Nut 38 gebildeten axialen Hinterschneidung in axialer Richtung zusammenzusetzen.

[0071] Fig. 7 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen C bezeichneten Bereich der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe im Detail. Die Schaufeln 22 der Rotorscheiben 16 und die Schaufeln 32 der zwischen den Rotorscheiben 16 angeordneten Statorscheibe 26 stellen eine Pumpwirkung für ein in dem Schöpfbereich 50 vorhandenes Gas in Richtung des Pfeils 58 bereit, während der Innenring 28 der Statorscheibe 26 mit den Innenringen 18 der Rotorscheiben 16 einen Dichtbereich begrenzt, welcher einen radialen Dichtspalt 46 und zwei axiale Dichtspalte 48 umfasst.

[0072] Diejenigen einander gegenüberliegenden Oberflächen der Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 und

des Innenrings 28 der Statorscheibe 26, die jeweils einen der axialen Dichtspalte 48 begrenzen, bilden dabei jeweils eine Siegbahnpumpstufe, die eine Pumpwirkung bereitstellt, die einer Rückströmung des Gases durch den Dichtbereich entgegenwirkt. Die Oberflächen des Innenrings 28 der Statorscheibe 26 weisen dazu jeweils eine Strukturierung mit einer spirallinienförmig in radialer Richtung verlaufenden Nut 52 auf, in der das vorangetriebene Gas geführt wird. Die gegenüberliegenden Oberflächen der Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 sind glatt ausgebildet. Durch einer Rückströmung durch den radialen Dichtspalt 46 und die axialen Dichtspalte 48 entgegengerichtete Pumpwirkung der Siegbahnpumpstufen wird verhindert, dass das Gas an den Schaufeln 32 der Statorscheibe 26 vorbei durch den Dichtbereich zurückströmt, so dass die Pumpleistung der Vakuumpumpe verbessert wird.

[0073] Fig. 8 zeigt einen Ausschnitt einer Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung. Fig. 9 zeigt den in Fig. 8 mit dem Bezugszeichen D bezeichneten Bereich im Detail. Die in Fig. 8 und 9 gezeigte Vakuumpumpe entspricht abgesehen von den nachstehend im Einzelnen beschriebenen Besonderheiten der in Fig. 1 beschriebenen Vakuumpumpe.

[0074] Die Rotorscheiben 16 der in Fig. 8 und 9 gezeigten Vakuumpumpe umfassen jeweils einen Innenring 18 mit einem sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle 12 hin verbreiternden Bundabschnitt 24, über den die Rotorscheiben 16 mit der Rotorwelle 12 verbunden sind. Die Statorscheibe 26 weist einen Innenring 28 auf, der einen in radialer Richtung vorstehenden Fortsatz 35 aufweist. Gemeinsam begrenzen der Innenring 28 der Statorscheibe 26 und die Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 zwei axiale Dichtspalte 49. Der Fortsatz 35 des Innenrings 28 der Statorscheibe 26 und die Bundabschnitte 24 begrenzen darüber hinaus einen die axialen Dichtspalte 49 verbindenden radialen Dichtspalt 47, der V-förmig ausgebildet ist und zwei zu der Rotationsachse 14 schräge Abschnitte 47a, 47b umfasst. Im Vergleich zu einer Ausgestaltung, welche keinen radialen Fortsatz 35 und keinen von dem Fortsatz 35 begrenzten schräg zu der Rotationsachse 14 verlaufenden radialen Dichtspalt 46 aufweist, sondern stattdessen einen ausgedehnten Zwischenraum zwischen den Bundabschnitten 24 und dem Innenring 28 aufweist, ist die Rückströmung bei der in Fig. 8 und 9 gezeigten Vakuumpumpe erheblich reduziert und die erreichbare Pumpleistung erhöht.

Bezugszeichenliste

[0075]

12	Rotorwelle
14	Rotationsachse
16	Rotorscheibe
18	Innenring

20	Fortsatz
22	Schaufel
24	Bundabschnitt
26	Statorscheibe
26a, 26b	Teil einer Statorscheibe
28	Innenring
30	Außenring
32	Schaufel
34	Dichtabschnitt
35	Fortsatz
36	Distanzring
36a, 36b	Teil eines Distanzrings
38	Nut
40	Dichtabschnitt
42, 44, 46, 47	radialer Dichtspalt
46a, 46b	Abschnitt Dichtspalt
45, 48, 49	axialer Dichtspalt
50	Schöpfungsbereich
52	Nut
58	Pfeil
68	Einlassflansch
70	Pumpeneinlass
72	Gehäuse
74	Rotornabe
76, 78	Holweck-Rotorhülse
80, 82	Holweck-Statorhülse
84	Wälzlager
86	Permanentmagnetlager
88	rotorseitige Lagerhälfte
90	statorseitige Lagerhälfte
92, 94	permanentmagnetischer Ring
96	radialer Lagerspalt
98	Fanglager
100	Spritzmutter
102	saugfähige Scheibe
104	Antriebsmotor
106	Steuereinheit

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe,

- mit einem Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse (14) aufeinanderfolgenden Statorscheiben (26), die jeweils eine pumpaktive Struktur (32) aufweisen, und
- mit einem relativ zu dem Stator um die Rotationsachse (14) drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle (12) und mehrere auf der Rotorwelle (12) angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben (26) angeordnete Rotorscheiben (16) umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur (22) aufweisen,

wobei zumindest eine Statorscheibe (26) und/oder

zumindest eine Rotorscheibe (16) einen zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildeten radialen Dichtspalt (47) begrenzt, und wobei der Dichtspalt (47) zumindest abschnittsweise schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** den Dichtspalt (47) begrenzende Oberflächen einander in radialer Richtung gegenüberliegen und zumindest näherungsweise parallel zueinander sind.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtspalt (47) eine zumindest näherungsweise konstante Spaltweite aufweist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine den Dichtspalt (47) begrenzende Statorscheibe (26) und/oder eine den Dichtspalt (47) begrenzende Rotorscheibe (16) einen Ring, insbesondere einen Innenring (18, 28), aufweist, der die pumpaktive Struktur (22, 32) der jeweiligen Scheibe (16, 26) trägt, wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Ring (28) der Statorscheibe (26) begrenzt ist und/oder durch den Ring (18) der Rotorscheibe (16) begrenzt ist.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ring (18) der Rotorscheibe (16) auf der Rotorwelle (12) angeordnet ist, um die Rotorscheibe (16) mit der Rotorwelle (12) zu verbinden.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein den Dichtspalt (47) begrenzender Ring, insbesondere ein Innenring (18), der Rotorscheibe (16) einen in axialer Richtung vorstehenden Bundabschnitt (24) aufweist, wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Bundabschnitt (24) begrenzt ist.
7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bundabschnitt (24) mit der Rotorwelle (12) verbunden ist.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bundabschnitt (24) eine sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle (12) hin verbreiternde Form aufweist.

9. Vakuumpumpe nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine im Bereich der Verbreiterung vorhandene Oberfläche des Bundabschnitts (24) zur Begrenzung zumindest eines zu der Rotationsachse schrägen Abschnitts des Dichtspalts (47) dient, wobei insbesondere der schräge Abschnitt des Dichtspalts (47) in axialer Richtung von der Rotorscheibe (16) zu der Statorscheibe (26) gesehen in radialer Richtung zu der Rotorwelle (12) hin verläuft. 5 10
10. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein den Dichtspalt (47) begrenzender Ring (28), insbesondere der Statorscheibe (26), einen in radialer Richtung abstehenden Fortsatz (35) aufweist, wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Fortsatz (35) begrenzt ist. 15 20
11. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Dichtspalt (47) zumindest zwei Abschnitte (47a, 47b) aufweist, die schräg zu der Rotationsachse (14) und in einem Winkel zueinander verlaufen. 25
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
 beide Abschnitte (47a, 47b) jeweils durch eine Statorscheibe (26) einerseits und eine von zwei zu der Statorscheibe (26) benachbarten Rotorscheiben (16) andererseits begrenzt sind. 30
13. Vakuumpumpe nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die beiden Abschnitte (47a, 47b) einen V-förmigen Dichtspalt (47) bilden. 35
14. Vakuumpumpe nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Scheitel der V-Form des Dichtspalts (47) zu der Rotorwelle (12) hin weist. 40
15. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die beiden Abschnitte (47a, 47b) des Dichtspalts (47) in axialer Richtung von der jeweiligen Rotorscheibe (16) zu der Statorscheibe (26) hin gesehen in radialer Richtung nach innen verlaufen. 45 50

55

Fig. 1

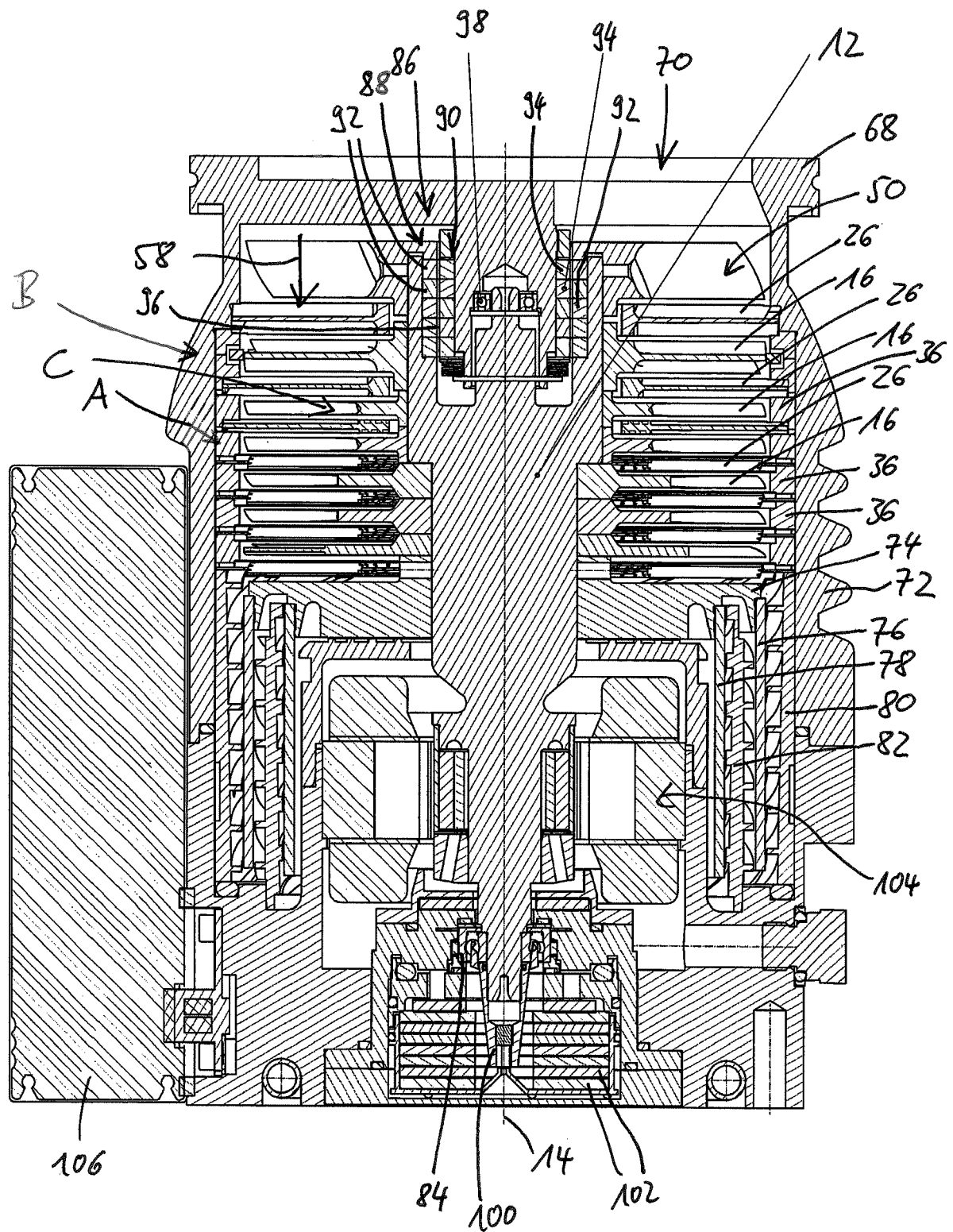


Fig. 2

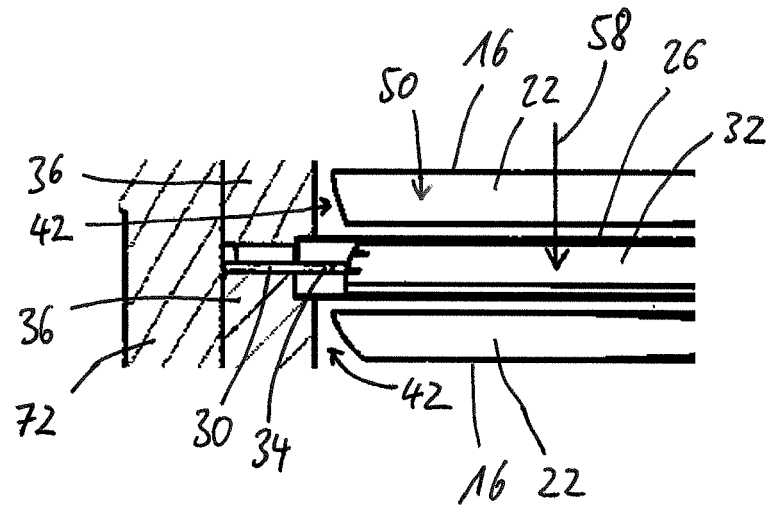


Fig. 3

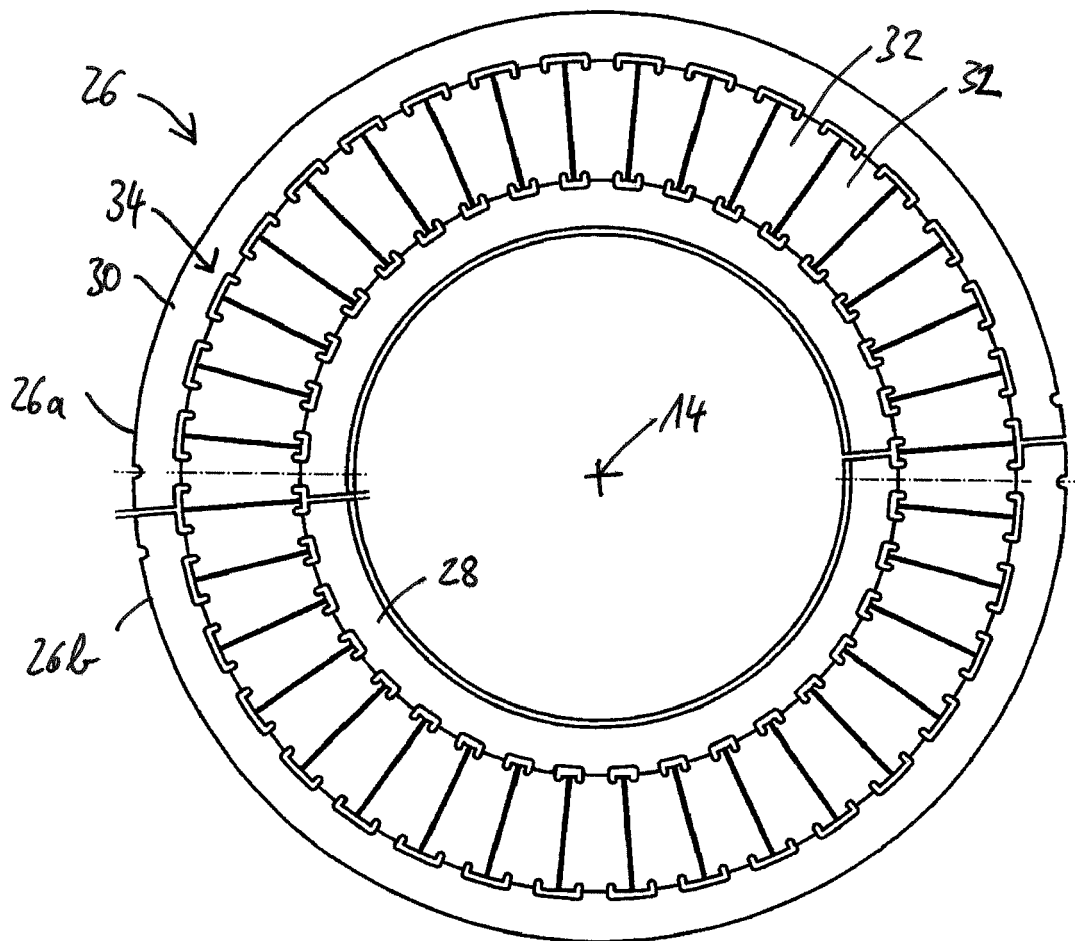


Fig. 4

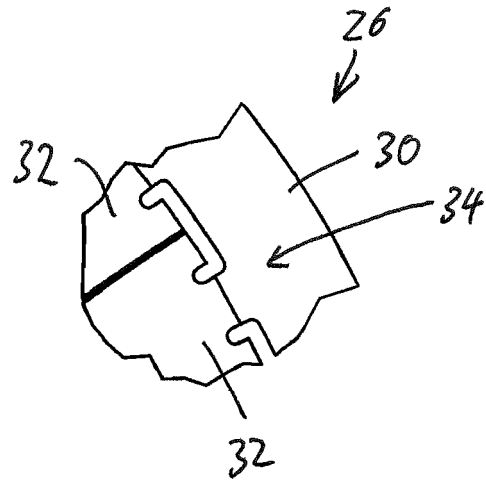


Fig. 5

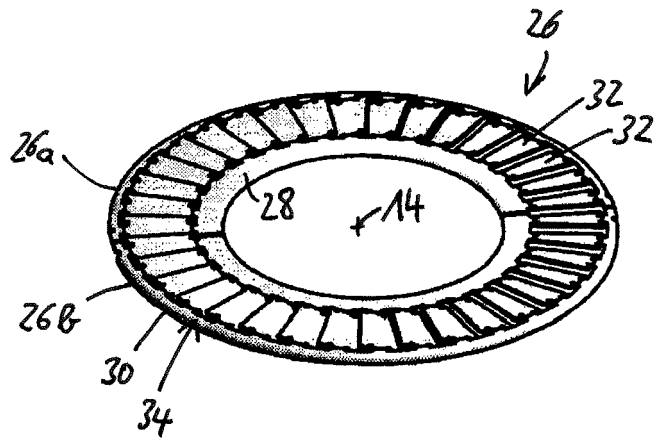


Fig. 6

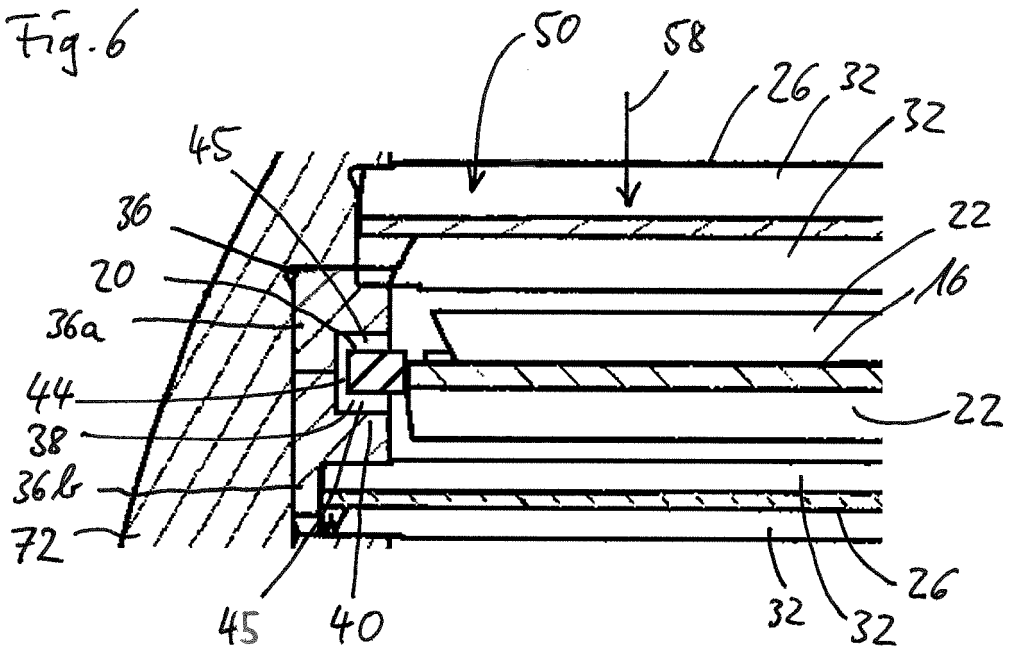


Fig. 7

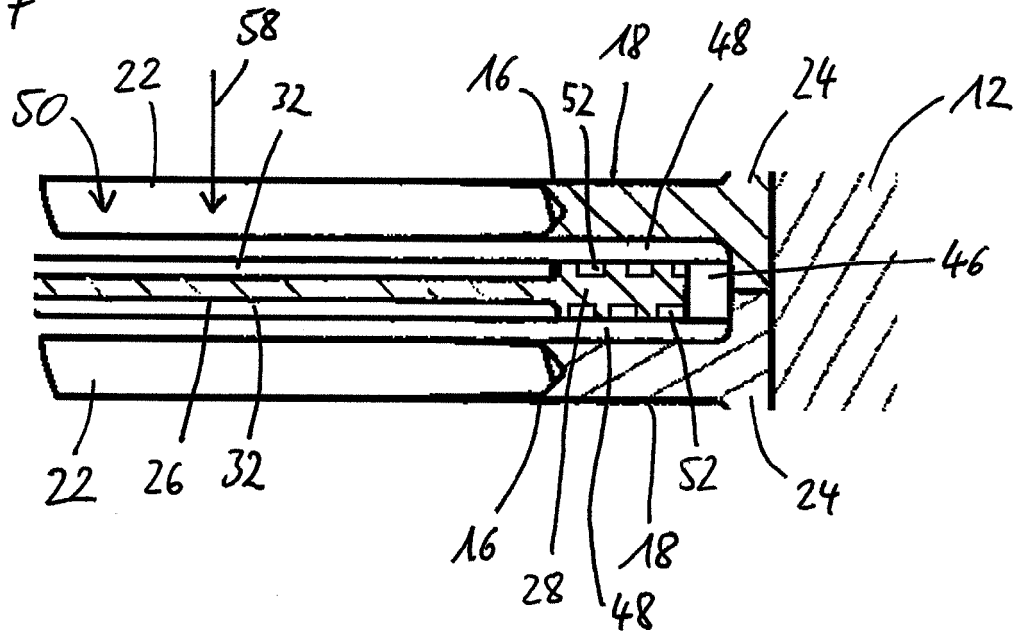


Fig. 8

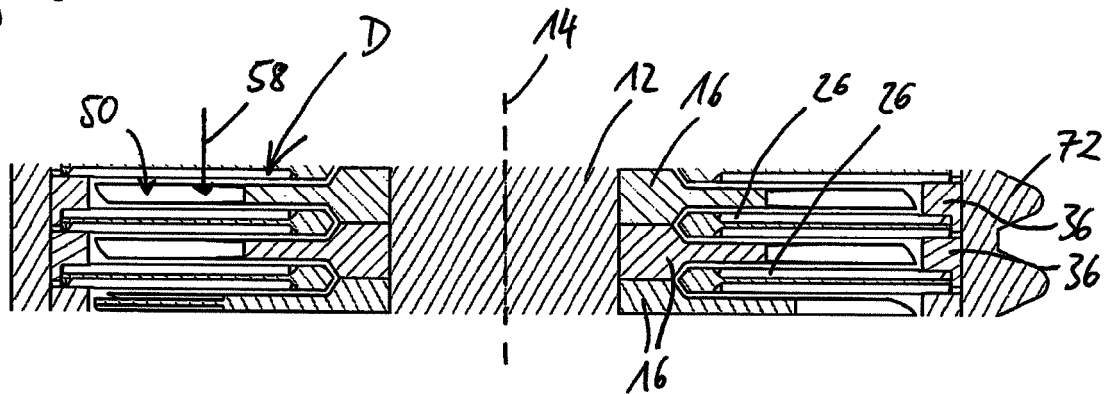
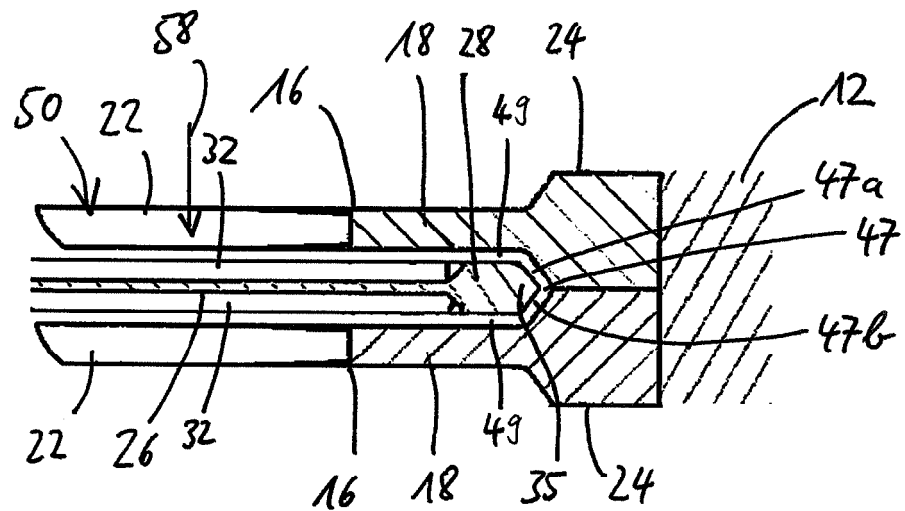


Fig. 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 20 1021

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	EP 1 288 502 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 5. März 2003 (2003-03-05) * Absatz [0016] - Absatz [0020] * * Abbildungen 1-5 *	1,4-15	INV. F04D19/04 F04D29/54 F04D29/16
X	JP H06 87691 U (UNKNOWN) 22. Dezember 1994 (1994-12-22) * Zusammenfassung * * Abbildung 3 *	1-5, 11-15	ADD. F04D29/52
X	JP S61 85599 A (ULVAC CORP) 1. Mai 1986 (1986-05-01) * Zusammenfassung * * Abbildung 7 *	1-5,11, 13	
X	EP 0 568 069 A2 (VARIAN ASSOCIATES [US]) 3. November 1993 (1993-11-03) * Spalte 8, Zeile 55 - Spalte 9, Zeile 50 * * Abbildungen 5-6 *	1,4,5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. Dezember 2019	Prüfer Lovergine, A
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)

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

EP 19 20 1021

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.

12-12-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 1288502	A2	05-03-2003	DE	10142567 A1	20-03-2003
				EP	1288502 A2	05-03-2003
				JP	4262457 B2	13-05-2009
				JP	2003083282 A	19-03-2003
				US	2003044270 A1	06-03-2003
20	JP H0687691	U	22-12-1994	KEINE		
	JP S6185599	A	01-05-1986	JP	H0263120 B2	27-12-1990
				JP	S6185599 A	01-05-1986
25	EP 0568069	A2	03-11-1993	DE	69310993 D1	03-07-1997
				DE	69310993 T2	27-11-1997
				EP	0568069 A2	03-11-1993
				EP	0770781 A1	02-05-1997
				EP	0775828 A1	28-05-1997
				EP	0775829 A1	28-05-1997
				JP	3584305 B2	04-11-2004
30				JP	H06173880 A	21-06-1994
				US	5358373 A	25-10-1994
				US	5374160 A	20-12-1994
				US	5482430 A	09-01-1996
				US	5490761 A	13-02-1996
35				US	5498125 A	12-03-1996
				US	5577881 A	26-11-1996
40						
45						
50						
55						

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 202010011796 U1 [0004]