

(19)



(11)

EP 3 096 020 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.11.2016 Patentblatt 2016/47

(51) Int Cl.:
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/32^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: 15167995.8

(22) Anmeldetag: 18.05.2015

(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

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

(72) Erfinder: **Gilbrich, Sönke**
35753 Greifenstein (DE)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) VAKUUMPUMPE

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit einem Rotor, der drehbar in der Vakuumpumpe gelagert ist und einen Teil aufweist, an dem mehrere Rotorscheufeln angeordnet sind, und einem Stator, der axial versetzt zu dem die Rotorscheufeln aufweisenden Teil des Rotors in einem

Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet ist und wenigstens eine Statorschaufel aufweist. Zwischen dem die Rotorscheufeln aufweisenden Teil und dem Stator ist ein Distanzelement angeordnet, das dazu ausgebildet ist, bei einem Verbiegen des Stators die wenigstens eine Statorschaufel auf Abstand zu dem Rotor zu halten.

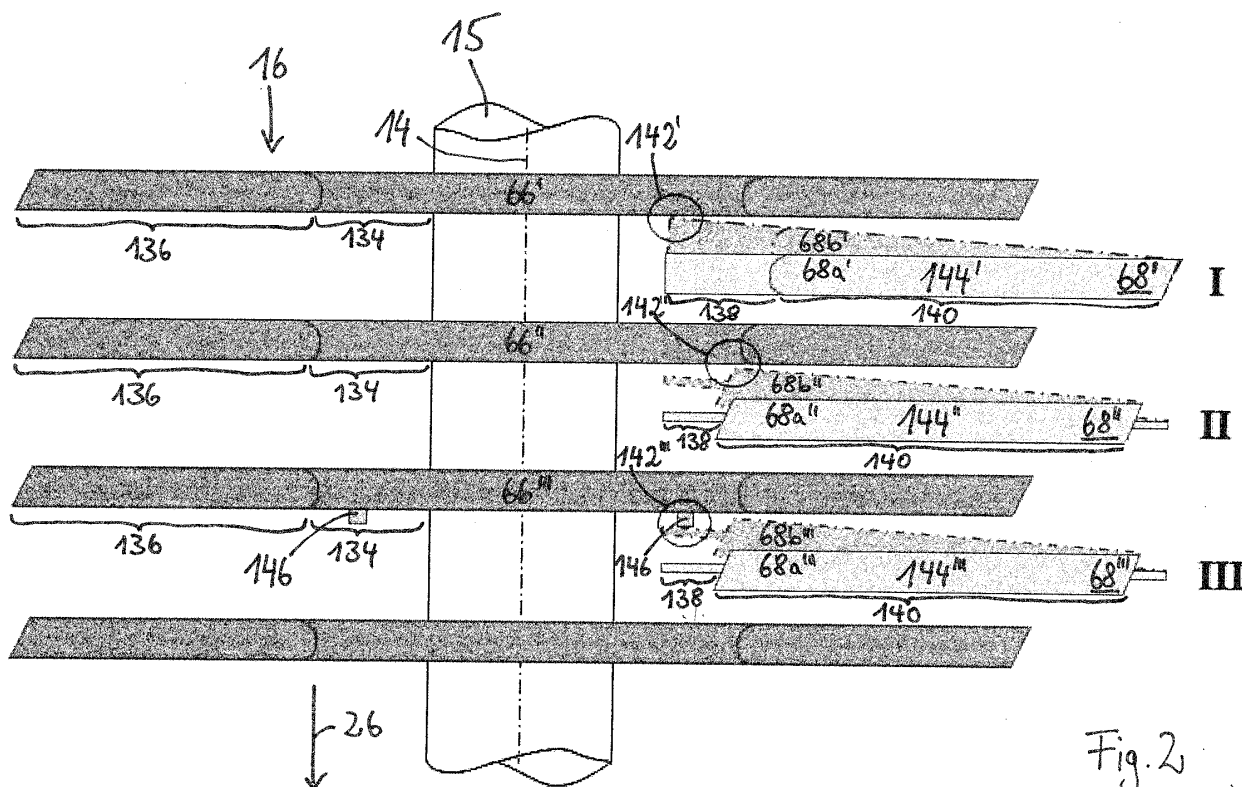


Fig. 2

EP 3 096 020 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit einem Rotor, der drehbar in der Vakuumpumpe gelagert ist und einen Teil aufweist, an dem mehrere Rotorscheaufeln angeordnet sind, und einem Stator, der axial versetzt zu dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil des Rotors in einem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet ist und wenigstens eine Statorschaufel aufweist.

[0002] Vakuumpumpen in der Form von Turbomolekularpumpen sind grundsätzlich bekannt und werden z. B. in der Halbleiterindustrie und in der physikalischen Forschung eingesetzt, um ein dort benötigtes Hochvakuum zu erzeugen. Die Turbomolekularpumpe zeichnet sich durch einen auch als Schaufelrotor bezeichneten Rotor aus, dessen Aufbau an den Rotor einer Turbine erinnert. Der Rotor wirkt mit einem auch als Schaufelstator bezeichneten Stator zusammen und rotiert üblicherweise mit einer derart hohen Geschwindigkeit, dass die Tangentialgeschwindigkeit der einzelnen Rotorscheaufeln in ähnlicher Größenordnung zu der mittleren thermischen Geschwindigkeit von zu fördernden Teilchen liegt. Bei einer senkrechten Pumprichtung von oben nach unten kollidiert die Mehrzahl der Teilchen mit einer Unterseite einer winklig angestellten Rotorscheufel. Durch eine Vorzugsrichtung der Unterseite der Rotorscheufel in Pumprichtung entsteht eine Pumpwirkung. Der Abschnitt der Turbomolekularpumpe, der den Schaufelrotor und den Schaufelstator umfasst, wird im Allgemeinen als turbomolekulare Pumpstufe oder Turbostufe bezeichnet.

[0003] Um ein von der Vakuumpumpe erzeugtes Vakuum wieder abzubauen, d.h. Gasteilchen in einen unter Vakuum gesetzten Raum einzulassen, wird durch einen sogenannten Flutvorgang ein Druckausgleich zwischen einem Vakuumdruck und einem höheren Druck, z.B. Atmosphärendruck, erzeugt. Jedoch kann beispielsweise durch unsachgemäße Bedienung ein zu rascher Druckausgleich und damit ein zu heftiger Flutvorgang erzeugt werden. Bei einem solchen zu heftigen Flutvorgang besteht die Gefahr, dass sich insbesondere ein aus Blech hergestellter Stator durch die Last des Flutvorgangs verbiegt und mit seinen Statorschaufeln gegen den rotierenden Rotor schlägt. Ferner kann sich auch der die Rotorscheaufeln aufweisende Teil des Rotors verbiegen, was dazu führen kann, dass die Rotorscheaufeln gegen den Stator schlagen. Durch den Kontakt zwischen Rotor und Stator können sich Partikel am Stator und/oder Rotor ablösen, wodurch zum einen der Stator und der Rotor beschädigt werden und zum anderen die Partikel weiteren Schaden in der Pumpe anrichten können.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumpumpe zu schaffen, an der im Fall eines heftigen Flutvorgangs ein geringerer Schaden entsteht.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und insbesondere dadurch, dass zwischen dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil und dem Stator ein Distanzele-

ment angeordnet ist, das dazu ausgebildet ist, bei einem Verbiegen des Stators, insbesondere infolge eines Flutvorgangs, die wenigstens eine Statorschaufel auf Abstand zu dem Rotor zu halten.

[0006] Der Erfindung liegt der allgemeine Gedanke zugrunde, vor allem bei Turbomolekularpumpen mit geböchten bzw. gestanzten Statorscheiben einen Kontakt zwischen den Statorschaufeln und dem sich drehenden Rotor zu verhindern und dadurch einen Schaden zu vermeiden, der durch ein Aneinanderschlagen der Rotorscheaufeln und dem Rotor erzeugt werden würde. Dies wird dadurch erreicht, dass die Statorschaufeln während eines Flutvorgangs axial, d.h. in Erstreckungsrichtung der Rotationsachse des Rotors, beabstandet zu dem Rotor gehalten werden, indem ein Distanzelement zwischen dem Stator und dem Rotor geschaltet ist.

[0007] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen.

[0008] Gemäß einer Ausführungsform ist das Distanzelement einstückig mit dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil ausgebildet. Dies erleichtert den Zusammenbau der Vakuumpumpe und sorgt für eine stabile Verbindung zwischen dem Rotor und dem Distanzelement.

[0009] Das Distanzelement kann in Form eines Rings ausgebildet sein.

[0010] Dieser Ring kann als ein um die Rotationsachse des Rotors umlaufender, geschlossener Ring ausgebildet sein. Hierdurch wird ermöglicht, dass ein verbogener Stator auf dem Distanzelement gleitet, ohne sich zu verhaken.

[0011] Um eine Unwucht am Rotor zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn der Ring konzentrisch um die Drehachse des Rotors angeordnet ist und insbesondere einen konstanten Querschnitt aufweist.

[0012] Der Querschnitt kann beispielsweise rechteckig, dreieckig, halbkreisförmig oder trapezförmig sein.

[0013] Das Distanzelement weist in Umfangsrichtung gesehen bevorzugt eine konstante Maximalhöhe auf. Mit anderen Worten kann die Höhe des Distanzelements in der Rotationsrichtung des Rotors gleich bleiben. Hierdurch wird vermieden, dass sich der an dem Distanzelement entlanggleitende Stator aufgrund variierender Höhen des Distanzelements in axialer Richtung bewegt und dadurch in Schwingung versetzt wird.

[0014] Vorteilhafterweise ist das Distanzelement in einem radial inneren Abschnitt des die Rotorscheaufeln aufweisenden Teils ausgebildet. Dabei sind die Rotorscheaufeln radial beabstandet von dem Distanzelement angeordnet und so positioniert, dass ein glatter radial innerer Abschnitt des Stators mit dem Distanzelement in Kontakt kommen kann. In der Regel ist ein solcher glatter radial innerer Abschnitt bei geböchten Statorscheiben als sogenannter Innenring vorgesehen, um die Statorschaufeln am inneren Umfang der Statorscheibe miteinander zu verbinden. Durch die oben genannte Positionierung des Distanzelements wird sichergestellt, dass bei einem

Kontakt zwischen Stator und Rotor nur eine glatte Fläche des Stators an dem Distanzelement entlang gleitet und hierdurch der Schaden an Rotor und Stator minimal gehalten wird.

[0015] Um eine Beschädigung des Stators noch weiter zu minimieren, kann eine Kontaktfläche des Distanzelements abgerundet sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Kontaktfläche von der Winkelstellung her an die Winkelstellung eines an dem Distanzelement anliegenden Teils des Stators im verbogenen Zustand angepasst sein. Mit anderen Worten ist die Kontaktfläche des Distanzelements so im Raum ausgerichtet, dass der Stator im verbogenen Zustand plan, d.h. flächig, an der Kontaktfläche des Distanzelements anliegt.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform ist der die Rotorscheaufeln aufweisende Teil des Rotors als separate Rotorscheibe ausgebildet. Bei dieser Ausführungsform können mehrere solcher Rotorscheiben an einer sich in axialer Richtung erstreckenden Rotorwelle befestigt sein. Beispielsweise können die Rotorscheiben auf die Rotorwelle aufgeschraubt sein. Dies kann fertigungstechnische Vorteile erzielen. Alternativ dazu kann der die Rotorscheaufeln aufweisende Teil des Rotors einstückig mit einem Wellenabschnitt des Rotors ausgebildet sein. Bei dieser Ausführungsform können insbesondere mehrere Rotorscheaufeln aufweisende Teile in Form eines einzigen Bauteils ausgebildet sein. Ein solcher Rotor, bei dem der die Rotorscheaufeln aufweisende Teil einstückig mit der Rotorwelle ausgebildet ist, wird auch als Vollrotor bezeichnet.

[0017] Aus Gründen der Symmetrie kann an zwei einander entgegengesetzten Seiten des die Rotorscheaufeln aufweisenden Teils jeweils ein Distanzelement vorgesehen sein. Als "entgegengesetzt" werden hier zwei Seiten des Teils angesehen, die im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind und deren Flächen in entgegengesetzte Richtungen weisen.

[0018] Vorteilhafterweise umfasst der Stator eine Statorscheibe, die aus einem Blech hergestellt ist und insbesondere durch Stanzen hergestellt ist. Besonders bei solchen geblechten Statorscheiben besteht die Gefahr, dass die Rotorscheaufeln bei einem Flutvorgang mit dem Rotor in Kontakt kommen. Dies ist dadurch begründet, dass bei geblechten Statorscheiben die Rotorscheaufeln so aufgestellt sind, dass sie aus der Hauptebene der Statorscheibe herausstehen. Demzufolge ist im besonderen Maße bei einem Einsatz von geblechten Statorscheiben die vorliegende Erfindung vorteilhaft.

[0019] Konkret kann das Distanzelement eine Höhe aufweisen, die so hoch ist, dass bei einem Verbiegen des Stators ein glatter Teil des Stators an dem Distanzelement anliegt und die Rotorscheaufeln des Stators beabstandet von dem Rotor gehalten sind, und gleichzeitig so klein ist, dass bei Normalbetrieb keine Beeinträchtigung der Relativbewegung zwischen Rotor und Stator erfolgt. Hierdurch kann der Schaden an der Vakuumpumpe bei unkontrolliertem Fluten und auch gleichzeitig der Verschleiß bei Normalbetrieb minimiert werden.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer rein beispielhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe;

Fig. 2 eine Skizze, die jeweils den Erstkontaktpunkt bei einer gesägten Statorscheibe (I), bei einer geblechten Scheibe ohne Distanzelement (II) und bei einer geblechten Scheibe, die gemäß der Erfindung mit einem Distanzelement zusammenwirkt (III), darstellt;

Fig. 3 verschiedene Querschnittsformen eines Distanzelements gemäß der Erfindung.

[0021] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen von einem Einlassflansch 11 umgebenen Pumpeneinlass 10 und einen Pumpenauslass 12 sowie mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 10 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 12. Die Vakuumpumpe umfasst ein Gehäuse 64 und einen in dem Gehäuse 64 angeordneten Rotor 16 mit einer um die Rotationsachse 14 drehbar gelagerten Rotorwelle 15.

[0022] Die Pumpe ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 15 befestigten radialen Rotorscheiben 66 und zwischen den Rotorscheiben 66 angeordneten und in dem Gehäuse 64 festgelegten Statorscheiben 68, wobei eine Rotorscheibe 66 und eine benachbarte Statorscheibe 68 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe bilden. Die Statorscheiben 68 sind durch Abstandsringe 70 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0023] Während somit das in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel eine Vakuumpumpe mit Rotorscheiben 66 zeigt, die als separate Bauteile ausgeführt sind, ist auch eine Ausgestaltung des Rotors 16 als Vollrotor denkbar.

[0024] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem vier in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweckpumpstufen. Der Rotor der Holweckpumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 15 einteilig ausgebildete Rotornabe 72 und zwei an der Rotornabe 72 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweckrotorhülsen 74, 76, die koaxial zur Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweckstatorhülsen 78, 80 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Eine dritte Holweckstatorhülse ist durch einen Aufnahmeabschnitt 132 des Gehäuses 64 gebildet, der in der nachstehend beschriebenen

nen Weise zur Aufnahme und Festlegung eines Antriebsmotors 20 dient.

[0025] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweckpumpstufen sind durch die Mantelflächen, d.h. die radialen Innen- und Außenflächen, der Holweckrotorhülsen 74, 76, der Holweckstatorhülsen 78, 80 und des Aufnahmeabschnitts 132 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweckstatorhülse 78 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweckrotorhülse 74 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 82 gegenüber und bildet mit dieser die erste Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweckrotorhülse 74 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweckstatorhülse 80 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 84 gegenüber und bildet mit dieser die zweite Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweckstatorhülse 80 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweckrotorhülse 76 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 86 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweckpumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweckrotorhülse 76 liegt der radialen Außenfläche des Aufnahmeabschnitts 132 unter Ausbildung eines radialen Holweckspalts 87 gegenüber und bildet mit dieser die vierte Holweckpumpstufe.

[0026] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweckstatorhülsen 78, 80 und des Aufnahmeabschnitts 132 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 14 herum in axialer Richtung verlaufende Holwecknuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweckrotorhülsen 74, 76 glatt ausgebildet sind und das Gas im Betrieb der Vakuumpumpe in den Holwecknuten vorantreiben.

[0027] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 15 sind ein Wälzlager 88 im Bereich des Pumpenauslasses 12 und ein Permanentmagnetlager 90 im Bereich des Pumpeneinlasses 10 vorgesehen.

[0028] Im Bereich des Wälzlagers 88 ist an der Rotorwelle 15 eine konische Spritzmutter 92 mit einem zu dem Wälzlager 88 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 92 steht mit zumindest einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 94, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 88, zum Beispiel mit einem Schmiermittel, getränkt sind. Im Betrieb der Vakuumpumpe wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 92 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 92 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 92 zu dem Wälzlager 88 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 88 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 96 und ein Deckelelement 98 der Vakuumpumpe eingefasst.

[0029] Das Permanentmagnetlager umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 100 und eine statorseitige Lagerhälfte 102, welche jeweils einen Ringstapel aus mehre-

ren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 104 bzw. 106 umfassen. Die Magnetringe 104, 106 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 108 gegenüber, wobei die rotorseitigen Magnetringe 104 radial außen und die statorseitigen Magnetringe 106 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 108 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Magnetringen 104, 106 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 15 bewirken.

[0030] Die rotorseitigen Magnetringe 104 sind von einem Trägerabschnitt 110 der Rotorwelle getragen, welcher die Magnetringe 104 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Magnetringe sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 112 getragen, welcher sich durch die Magnetringe 106 hindurch erstreckt und an radialen Streben 114 des Gehäuses 64 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 14 sind die rotorseitigen Magnetringe 104 in der einen Richtung durch ein mit dem Trägerabschnitt 110 gekoppeltes Deckelelement 116 und in der anderen Richtung durch einen radial vorstehenden Schulterabschnitt des Trägerabschnitts 110 festgelegt. Die statorseitigen Magnetringe 106 sind parallel zu der Rotationsachse 14 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 112 verbundenen Befestigungsring 118 und ein zwischen dem Befestigungsring 118 und den Magnetringen 106 angeordnetes Ausgleichselement 120 und in der anderen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 112 verbundenen Stützring 122 festgelegt.

[0031] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 124 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 16 relativ zu den Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 16 zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert. Das Fanglager 124 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 16 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 124 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 124 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, so dass das Fanglager 124 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, so dass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0032] Die Vakuumpumpe umfasst den Antriebsmotor 20 zum drehenden Antreiben des Rotors 16. Der Antriebsmotor 20 umfasst einen Motorstator 22 mit einem Kern 38 und mit ein oder mehreren in Fig. 1 nur schematisch dargestellten Spulen 42, die in an der radialen Innenseite des Kerns 38 vorgesehenen Nuten des Kerns 38 festgelegt sind.

[0033] Der Anker des Antriebsmotors 20 ist durch den Rotor 16 gebildet, dessen Rotorwelle 15 sich durch den Motorstator 22 hindurch erstreckt. Auf dem sich durch

den Motorstator 22 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 15 ist radial außenseitig eine Permanentmagnetanordnung 128 festgelegt. Zwischen dem Motorstator 22 und dem sich durch den Motorstator 22 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 16 ist ein Zwischenraum 24 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 22 und die Permanentmagnetanordnung 128 zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen.

[0034] Die Permanentmagnetanordnung 128 ist in axialer Richtung durch eine auf die Rotorwelle 15 aufgesteckte Befestigungshülse 126 an der Rotorwelle 15 fixiert. Eine Kapselung 130 umgibt die Permanentmagnetanordnung 128 an deren radialer Außenseite und dichtet diese gegenüber dem Zwischenraum 24 ab.

[0035] Der Motorstator 22 ist in dem Gehäuse 64 durch den gehäusefesten Aufnahmeabschnitt 132 festgelegt, welcher den Motorstator 22 radial außenseitig umgibt und den Motorstator 22 in radialer und axialer Richtung abstützt. Der Aufnahmeabschnitt 132 begrenzt gemeinsam mit der Rotornabe 72 einen Motorraum 18, in dem der Antriebsmotor 20 aufgenommen ist.

[0036] Der Motorraum 18 weist einen auf der einen Seite des Zwischenraums 24 angeordneten und mit der innenliegenden, vierten Holweckpumpstufe gasleitend verbundenen Einlass 28 und einen auf der gegenüberliegenden Seite des Zwischenraums 24 angeordneten und mit dem Pumpenauslass 12 gasleitend verbundenen Auslass 30 auf.

[0037] Der Kern 38 des Motorstators 22 weist an seiner radialen Außenseite in dem in Fig. 1 links gezeigten Bereich eine Aussparung 34 auf, die gemeinsam mit dem benachbarten Bereich des Aufnahmeabschnitts 132 einen Kanal 32 bildet, durch den das in den Motorraum 18 geförderte Prozessgas an dem Zwischenraum 24 vorbei von dem Einlass 28 zu dem Auslass 30 förderbar ist.

[0038] Der Gasweg, auf dem das Prozessgas von dem Pumpeneinlass 10 zu dem Pumpenauslass 12 gelangt, ist in Fig. 1, 2 und 3 durch Pfeile 26 veranschaulicht. Das Prozessgas wird ausgehend von dem Pumpeneinlass 10 zuerst der Reihe nach durch die turbomolekularen Pumpstufen und anschließend der Reihe nach durch die vier Holweckpumpstufen gefördert. Das aus der vierten Holweckpumpstufe austretende Gas gelangt in den Motorraum 18 und wird von dem Einlass 28 des Motorraums 18 durch den Kanal 32 hindurch zu dem Auslass 30 des Motorraums 18 und dem Pumpenauslass 12 gefördert.

[0039] Nachdem im Vorhergehenden der grundsätzliche Aufbau einer Turbomolekularpumpe beschrieben wurde, wird im Anschluss nun näher auf die Erfindung eingegangen.

[0040] Bei einem Flutvorgang und einem damit einhergehenden plötzlichen Druckanstieg an der Hochvakuumseite fließt in kurzer Zeit ein hoher Volumenstrom entgegen der Pfeile 26. Dieser Volumenstrom erzeugt eine Druckwelle, die die Statorscheiben 68 in Richtung der Hochvakuumseite hin, d.h. entgegen der Pfeile 26, verformt bzw. verbiegt.

[0041] In Fig. 2 sind drei verschiedene Varianten I, II, III einer turbomolekularen Pumpstufe gezeigt, die jeweils eine Rotorscheibe 66', 66'', 66''' und eine Statorscheibe 68', 68'', 68''' umfasst. Der Fachmann wird allerdings verstehen, dass in der Regel, wie in Fig. 1 gezeigt, mehrere gleichartige turbomolekulare Pumpstufen in einer Vakuumpumpe angeordnet sind. Jede Rotorscheibe 66 ist drehfest mit der Rotorwelle 15 verbunden und dazu ausgebildet, gemeinsam mit der Rotorwelle 15 um eine Rotationsachse 14 zu rotieren. Jede Rotorscheibe 66 weist einen radial inneren Abschnitt 134 auf und einen Rotorscheaufelabschnitt 136. Die Statorscheiben 68 umfassen ebenfalls jeweils einen radial inneren Abschnitt 138 und einen Statorschaufelabschnitt 140.

[0042] Die unter I dargestellte erste Variante zeigt eine gesägte Statorscheibe 68' in ihrer Lage bei Normalbetrieb 68a' und dieselbe gesägte Statorscheibe 68' im verbogenen Zustand 68b'. Dabei ist zu erkennen, dass ein Erstkontakt 142' zwischen der Rotorscheibe 66' und der verbogenen Statorscheibe 68b' zwischen dem radial inneren Abschnitt 138 der Statorscheibe 68' und dem radial inneren Abschnitt 134 der Rotorscheibe 66' erfolgt. Hierdurch ist ein Abstand zwischen einer Statorschaufel 144' der Statorscheibe 68' und der Rotorscheibe 66' auch im verbogenen Zustand der Statorscheibe 68b' gewahrt.

[0043] Anders verhält es sich bei der Variante II. Die zweite Variante zeigt eine geblechte Statorscheibe 68'', ebenfalls in ihrer Lage bei Normalbetrieb 68a'' und im verbogenen Zustand 68b''. Hier ist im Gegensatz zu Variante I zu erkennen, dass der radial innere Abschnitt 138 der Statorscheibe 68'' eine kleinere Abmessung in axialer Richtung gesehen aufweist, als der Statorschaufelabschnitt 140. Hierdurch erfolgt ein Erstkontakt 142'' nicht an dem radial inneren Abschnitt 138 der Statorscheibe 68'', sondern zwischen der Statorschaufel 144'' und der Rotorscheibe 66''. Dies hat zur Folge, dass die Statorschaufel 144'' an die sich drehende Rotorscheibe 66'' schlägt und ein Schaden an der Rotorscheibe 66'' und der geblechten Statorscheibe 68'' entstehen kann.

[0044] Um dies zu verhindern, ist in Variante III ein Distanzelement 146 an der Rotorscheibe 66''' angeordnet, welches auch in Fig. 1 gezeigt ist. Das Distanzelement 146 ist an dem radial inneren Abschnitt 134 der Rotorscheibe 66''' in Form eines um die Rotorwelle 15 umlaufenden Schleifrings ausgebildet. Das Distanzelement 146 ist dabei so angeordnet, dass ein Erstkontakt 142''' zwischen einer verbogenen geblechten Statorscheibe 68b''' und der Rotorscheibe 66''' zwischen dem radial inneren Abschnitt 138 der Statorscheibe 68''' und dem Distanzelement 146 erfolgt. Dadurch wird die Statorschaufel 144''' im verbogenen Zustand 68b''' der Statorscheibe 68''' beabstandet zur Rotorscheibe 66''' gehalten. Somit schlägt die Statorschaufel 144''' bei einem Flutvorgang nicht gegen die Rotorscheibe 66'''. Im Normalbetrieb 68a''' weist die Statorscheibe 68''' einen Abstand zu dem Distanzelement 146 auf, sodass das Distanzelement 146 nicht in Kontakt mit der Statorscheibe 68''' steht.

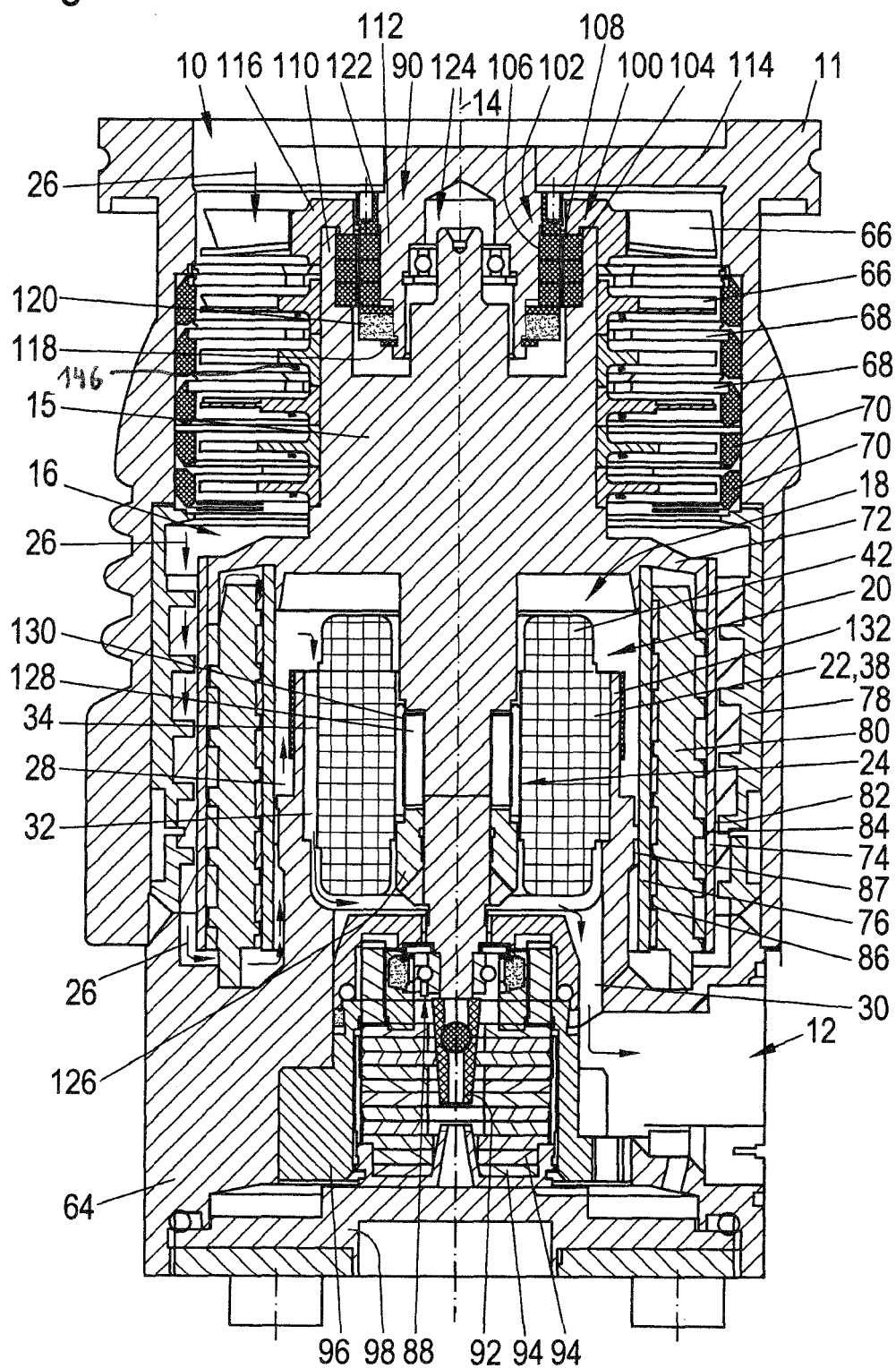
[0045]	Fig. 3 zeigt mehrere Ausführungsbeispiele des Distanzelements 146. Gemäß einem Ausführungsbeispiel A ist der Querschnitt des Distanzelements 146 in Form eines Rechtecks, hier eines Quadrates, ausgebildet. Dabei ist die Stirnseite, die eine Kontaktfläche 148 darstellt und in Richtung einer nicht gezeigten Statorscheibe zeigt, zumindest im Wesentlichen parallel zu einer durch die Rotorscheibe definierten Hauptebene angeordnet.	10	Pumpeneinlass
		11	Einlassflansch
		12	Pumpenauslass
		14	Rotationsachse
5		15	Rotorwelle
		16	Rotor
		18	Motorraum
		20	Antriebsmotor
		22	Motorstator
		24	Zwischenraum
10	Ausführungsbeispiel B zeigt ein Distanzelement 146 mit einem dreieckigen Querschnitt. Genauer gesagt hat der Querschnitt die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Spitze in Richtung einer nicht gezeigten Statorscheibe zeigt. Somit entsteht bei dieser Ausführungsform der Kontakt zwischen Statorscheibe und Distanzelement 146 an der Spitze des dreieckigen Querschnitts.	26	Pfeile, Gasweg
		28	Einlass
		30	Auslass
		32	Kanal
15		34	Aussparung
		38	Kern
		42	Spule
		64	Gehäuse
[0047]	Ausführungsbeispiel C zeigt ein Distanzelement 146 mit halbkreisförmigem Querschnitt. Die nicht gezeigte Statorscheibe liegt bei dieser Ausführungsform im verbogenen Zustand auf einer konvexen Außenfläche des Distanzelements 146 an.	66	Rotorscheibe
		68	Statorscheibe
20		68a	gesägte Statorscheibe bei Normalbetrieb
		68b	gesägte Statorscheibe im verbogenen Zustand
[0048]	Ausführungsbeispiel D zeigt ein Distanzelement 146 mit einer trapezförmigen Querschnittsform. Das Distanzelement 146 ist hierbei zu einem Rotorscheibenbund 150 radial beabstandet an dem Rotor 16 angeordnet. Die Höhe des Distanzelements 146, d.h. also das Maß in axialer Richtung, nimmt in radialer Richtung von innen nach außen zu. Die dadurch resultierende schräge Ebene bildet eine Kontaktfläche 148 für die nicht gezeigte Statorscheibe. Der Winkel der schrägen Ebene ist bevorzugt so gewählt, dass die Statorscheibe im verbogenen Zustand im Wesentlichen plan daran anliegt.	25	Abstandsring
		70	Rotornabe
		72	Holweckrotorhülse
		74, 76	Holweckstatorhülse
		78, 80	Holweckspalt
		82, 84, 86, 87	Wälzlager
30		88	Permanentmagnetlager
		90	Spritzmutter
		92	saugfähige Scheibe
		94	wannenförmiger Einsatz
[0049]	Ausführungsform E zeigt ein Distanzelement 146, das zusammen mit einem Rotorscheibenbund 150 eine geometrische Einheit bildet. Das Distanzelement 146 ist in Form einer Erhebung 152 ausgebildet, deren Flanke eine Kontaktfläche 148 für eine nicht gezeigte Statorscheibe darstellt.	96	Deckelelement
		35	rotorseitige Lagerhälfte
		100	statorseitige Lagerhälfte
		102	Magnetring
		104, 106	Lagerspalt
		108	Trägerabschnitt
[0050]	Ausführungsform F zeigt ein Distanzelement 146, das in Form eines Rotorscheibenbunds 150 ausgebildet ist. Ein Unterschied zu Ausführungsform E besteht darin, dass der Motorscheibenbund 150 ohne eine dazwischenliegende Aussparung in die Erhebung 152 übergeht. Die Kontaktfläche 148 steht somit im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse 14. In der gezeigten Ausführungsform ist der Rotorscheibenbund 150 auf beiden Seiten des Rotors 16 ausgebildet.	40	110, 112
		114	Strebe
		116	Deckelelement
		118	Befestigungsring
		120	Ausgleichselement
		45	Stützring
		122	Fanglager
		124	Befestigungshülse
		126	Permanentmagnetanordnung
		128	Kapselung
[0051]	Während in den gezeigten Ausführungsformen das Distanzelement 146 an einzelnen Rotorscheiben ausgebildet ist, die an einer Rotorwelle 15 befestigt sind, kann das Distanzelement 146 auch an entsprechenden Teilen eines Vollrotors ausgebildet sein.	130	Aufnahmeabschnitt
		50	132
		134	radial innerer Abschnitt (Rotorscheibe)
		136	Rotorscheufelabschnitt
		138	radial innerer Abschnitt (Statorscheibe)
			Statorschaukelabschnitt
Bezugszeichenliste		55	140
			142
[0052]			144
			146

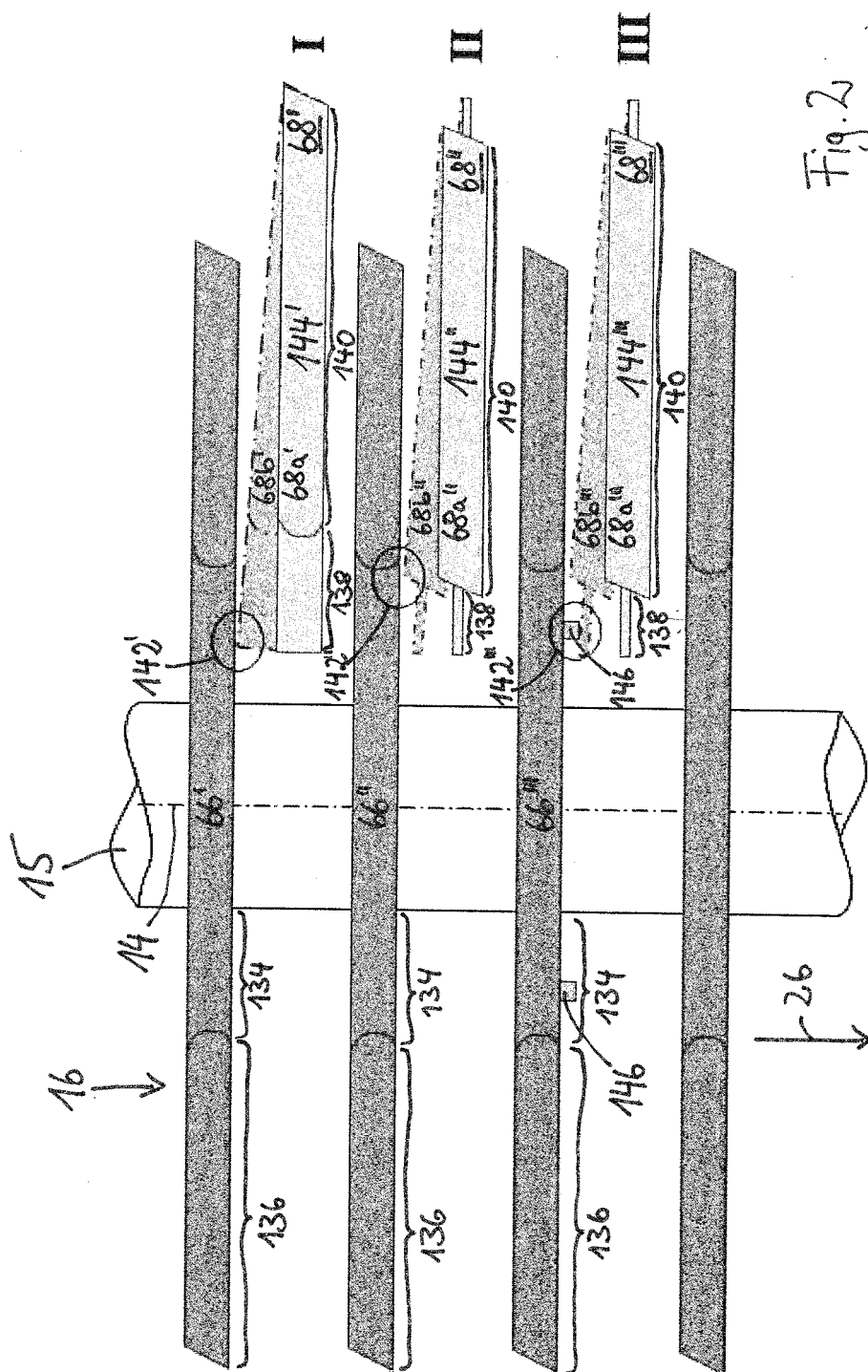
148	Kontaktfläche
150	Rotorscheibenbund
152	Erhebung

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit einem Rotor (16), der drehbar in der Vakuumpumpe gelagert ist und einen Teil (66) aufweist, an dem mehrere Rotorscheaufeln angeordnet sind, und einem Stator (68), der axial versetzt zu dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil (66) des Rotors in einem Gehäuse (64) der Vakuumpumpe angeordnet ist und wenigstens eine Statorschaufel (144) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil (66) und dem Stator (68) ein Distanzelement (146) angeordnet ist, das dazu ausgebildet ist, bei einem Verbiegen des Stators (68b) die wenigstens eine Statorschaufel (144) auf Abstand zu dem Rotor (16) zu halten.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das Distanzelement (146) einstückig mit dem die Rotorscheaufeln aufweisenden Teil (66) ausgebildet ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Distanzelement (146) als Ring ausgebildet ist.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der Ring konzentrisch um die Drehachse (14) des Rotors (16) angeordnet ist.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, dass das Distanzelement (146) in Umfangsrichtung gesehen eine konstante Maximalhöhe aufweist.
6. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Distanzelement (146) an einem radial inneren Abschnitt (134) des die Rotorscheaufeln aufweisenden Teils (66) ausgebildet und so angeordnet ist, dass ein glatter radial innerer Abschnitt (138) des verbogenen Stators (68b) mit dem Distanzelement (146) in Kontakt kommt.
7. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontaktfläche (148) des Distanzelements (146) abgerundet ist und/oder von der Winkelstellung her an die Winkelstellung eines an dem Distanzelement (146) anliegenden Abschnitts (138) des verbogenen Stators (68b) angepasst ist.
8. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der die Rotorscheaufeln aufweisende Teil des Rotors als separate Rotorscheibe (66) ausgebildet ist.
9. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass an zwei entgegengesetzten Seiten des die Rotorscheaufeln aufweisenden Teils (66) jeweils eine Distanzelement (146) vorgesehen ist.
10. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stator eine Statorscheibe (68) umfasst, die aus einem Blech hergestellt ist und insbesondere durch Stanzen hergestellt ist.
11. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Distanzelement (146) eine Höhe aufweist, die ausreichend hoch ist, sodass bei einem Verbiegen des Stators (68b) ein glatter Abschnitt (138) des Stators (68) an dem Distanzelement (146) anliegt und die Statorschaufel (144) des Stators (68) beabstandet von dem Rotor (16) gehalten ist, und die ausreichend klein ist, sodass bei Normalbetrieb (68a) keine Beeinträchtigung der Relativbewegung zwischen Rotor (16) und Stator (68) durch das Distanzelement (146) erfolgt.

Fig. 1





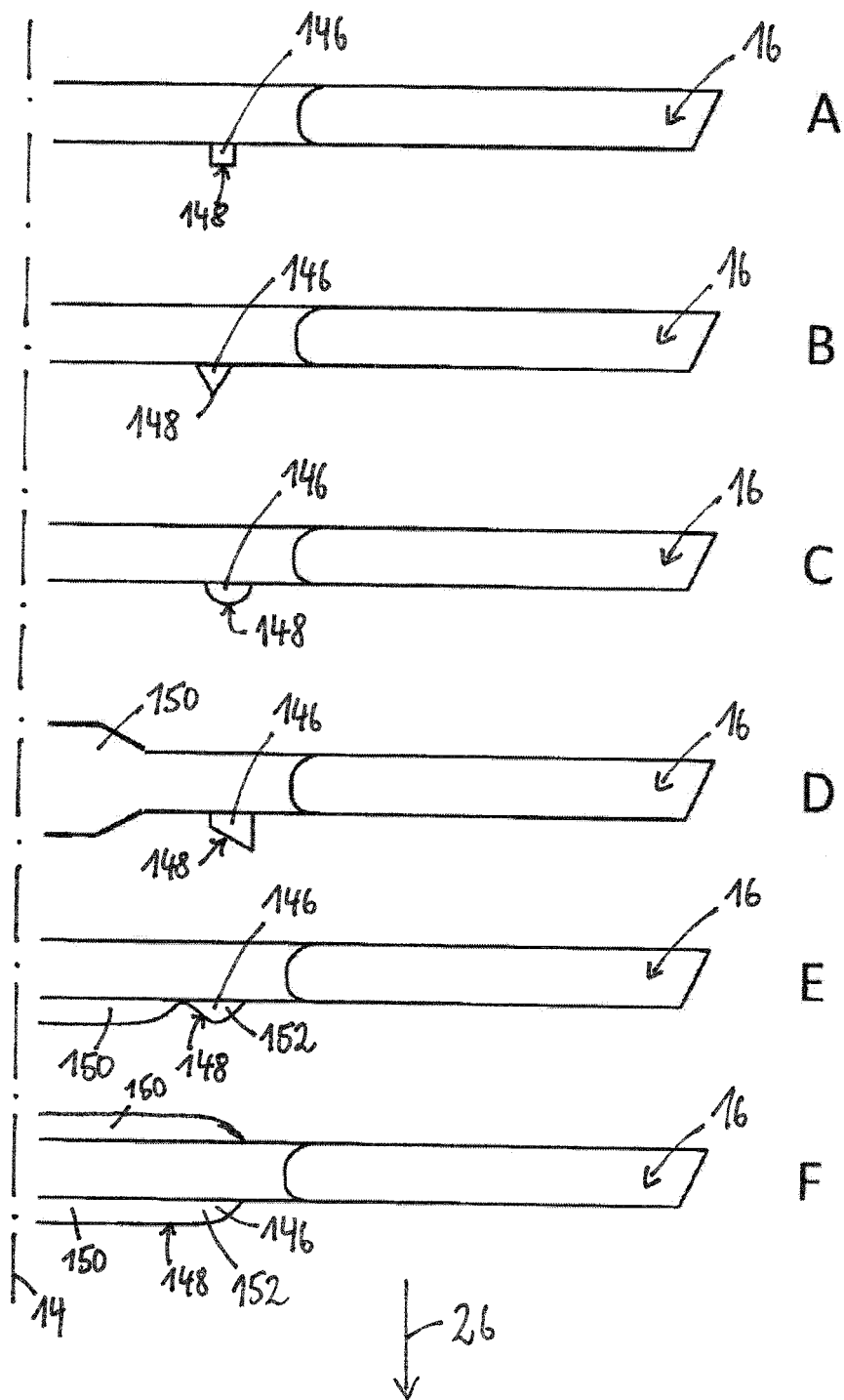


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 16 7995

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 3 099475 B2 (SHIMADZU CORP) 16. Oktober 2000 (2000-10-16) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1, 2 *	1-11	INV. F04D19/04 F04D29/32
X	EP 0 967 395 A2 (SEIKO SEIKI KK [JP]) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) * Absatz [0056] * * Absätze [0091] - [0110] * * Abbildungen 7-10 *	1,3-5,7, 8,10,11	
X	JP 2008 280977 A (SHIMADZU CORP) 20. November 2008 (2008-11-20) * Abbildungen 1, 2(b) *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. Oktober 2015	Prüfer de Verbigier, L
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	

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

EP 15 16 7995

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.

23-10-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 3099475 B2	16-10-2000	JP 3099475 B2	16-10-2000
		JP H05157090 A	22-06-1993
EP 0967395 A2	29-12-1999	DE 69928866 T2	06-07-2006
		EP 0967395 A2	29-12-1999
		JP 3013083 B2	28-02-2000
		JP 2000009088 A	11-01-2000
		KR 20000006393 A	25-01-2000
		US 6334754 B1	01-01-2002
JP 2008280977 A	20-11-2008	KEINE	

EPO FORM P0461

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