

(19)



(11)

EP 3 845 764 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.07.2021 Patentblatt 2021/27

(51) Int Cl.:
F04D 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21166257.2**

(22) Anmeldetag: **31.03.2021**

(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
KH MA MD TN**

- **Schweighöfer, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
- **Lohse, Martin**
35586 Wetzlar (DE)
- **Südwasser, Sebastian**
35586 Wetzlar (DE)

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

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

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

(54) **VAKUUMPUMPE UND VAKUUMPUMPENSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass, einem Auslass, einem Gehäuse, das einen Pumpenraum für ein vom Einlass zum Auslass in einer Pumprichtung zu pumpendes Gas einschließt, und zumindest einer Holweck-Pumpstufe, die zumindest einen Holweck-Stator und wenigstens einen im Betrieb um eine Rotationsachse rotierenden, zusammen mit dem Holweck-Stator einen Holweck-Pumpbereich begrenzenden Holweck-Rotor umfasst, wobei der Holweck-Pumpbereich bezogen auf die Rotationsachse eine axiale Länge mit einem ersten axialen Ende und einem zweiten

axialen Ende aufweist, wobei zumindest ein weiterer Einlass für zu pumpendes Gas vorgesehen ist, der über einen Einlasskanal zu einer im Holweck-Stator ausgebildeten Mündung des weiteren Einlasses in den Holweck-Pumpbereich führt, wobei die Mündung in axialer Richtung zwischen dem ersten axialen Ende und dem zweiten axialen Ende des Holweck-Pumpbereiches gelegen ist, und wobei der Einlasskanal zumindest einen Mündungsabschnitt umfasst, der im Holweck-Stator ausgebildet ist und bis zur Mündung in den Holweck-Pumpbereich führt.

EP 3 845 764 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass, einem Auslass, einem Gehäuse, das einen Pumpenraum für ein vom Einlass zum Auslass in einer Pumprichtung zu pumpendes Gas einschließt, und zumindest einer Holweck-Pumpstufe, die zumindest einen Holweck-Stator und wenigstens einen im Betrieb um eine Rotationsachse rotierenden, zusammen mit dem Holweck-Stator einen Holweck-Pumpbereich begrenzenden Holweck-Rotor umfasst, wobei der Holweck-Pumpbereich bezogen auf die Rotationsachse eine axiale Länge mit einem ersten axialen Ende und einem zweiten axialen Ende aufweist, und wobei zumindest ein weiterer Einlass für zu pumpendes Gas vorgesehen ist, der über einen Einlasskanal zu einem im Holweck-Stator ausgebildeten Mündung des weiteren Einlasses in den Holweck-Pumpbereich führt.

[0002] Vakuumpumpen mit mehreren Einlässen sind grundsätzlich bekannt und werden auch als Splitflow-Vakuumpumpen bezeichnet. Die Begriffe "SplitFlow" und "SPLIT-FLOW" sind eingetragene Marken der Pfeiffer Vacuum GmbH. Andere Bezeichnungen für einer derartige Vakuumpumpe sind auch Mehreinlass-Vakuumpumpe und Multiinlet-Vakuumpumpe.

[0003] Splitflow-Vakuumpumpen werden insbesondere zum Pumpen von mehreren, insbesondere in Reihe hintereinander angeordneten, Kammern (Rezipienten) mit unterschiedlichen Drücken eingesetzt. Typischerweise umfassen Splitflow-Vakuumpumpen zwei bis sechs Einlässe, die entlang einer Achse der Pumpe beabstandet sind. Die Splitflow-Vakuumpumpen umfassen üblicherweise einen Stapel, also eine Hintereinanderanordnung, von hintereinander geschalteten Pumpstufen innerhalb des Pumpenraumes. Typischerweise umfassen diese Pumpstufen eine oder mehrere Turbomolekular-Pumpstufen sowie eine oder mehrere Molekular-Pumpstufen, insbesondere eine oder mehrere Holweck-Pumpstufen. In einer typischen Anwendung stehen die höchste Pumpgeschwindigkeit und der niedrigste Druckbereich am ersten, d.h. am allen weiteren Einlässen vorgeschalteten Einlass zur Verfügung. Die nachgeschalteten Einlässe befinden sich entsprechend ihrer Reihenfolge in höheren Druckbereichen und liefern niedrigere Pumpgeschwindigkeiten. Es sind aber auch Splitflow-Vakuumpumpen bekannt, bei welchen die höchste Pumpgeschwindigkeit bzw. das höchste Saugvermögen an einem Einlass zur Verfügung steht, der zwischen zwei weiteren Einlässen angeordnet ist. Die konkrete Ausgestaltung einer jeweiligen Splitflow-Pumpe ist insbesondere von der jeweiligen Anwendung abhängig.

[0004] Was die erwähnten Holweck-Pumpstufen anbetrifft, so gehören diese - wie erwähnt - zur Gattung der Molekularvakuumpumpen und erzeugen jeweils durch Drehung eines Holweck-Rotors relativ zu einem oder mehreren Holweck-Statoren eine molekulare Strömung. Eine Vakuumpumpe kann eine oder mehrere Holweck-

Pumpstufen umfassen, wobei mehrere Holweck-Pumpstufen sowohl seriell als auch parallel zueinander pumpen können. Typischerweise, aber nicht zwingend, werden Holweck-Pumpstufen in Turbomolekular-Vakuumpumpen eingesetzt und sind dann meist einer oder mehreren Turbomolekular-Pumpstufen in Pumprichtung nachgeschaltet.

[0005] Eine Holweck-Pumpstufe umfasst einen Holweck-Rotor und einen Holweck-Stator, wobei der Holweck-Rotor eine Rotorwelle aufweist, an welcher mittels einer beispielsweise scheibenförmigen Holweck-Nabe eine oder mehrere Holweck-Hülsen (die teilweise auch als Rotorhülsen bezeichnet werden) konzentrisch angebracht sind. Der Holweck-Stator ist mit einem ein- oder mehrgängigen Holweck-Gewinde versehen. Die zu fördernden Gasmoleküle werden durch die rotierende Bewegung des Holweck-Rotors relativ zum Holweck-Stator entlang der Gewindegänge von einem Einlass zu einem Auslass gefördert. Ein Gewindegang umfasst einen durch Wände eines Steges begrenzten umlaufenden Holweck-Kanal (Nut), in welchem die Gasmoleküle gefördert werden, wenn sich die Rotorhülse relativ zum Stator dreht. Um Rückströmungsverluste zu minimieren, wird die Weite des radialen Spaltes (Holweck-Spalt) zwischen der Oberseite des Steges, also der Stegspitze, und der Rotorhülse klein gehalten.

[0006] Bei Holweck-Pumpstufen kann der Holweck-Stator entweder radial außerhalb oder radial innerhalb der Rotorhülse liegen, d.h. sowohl ein (radial) äußerer als auch ein (radial) innerer Stator kann mit der entsprechenden Seite, also der Außenseite bzw. der Innenseite, der Rotorhülse einen pumpaktiven Holweck-Pumpbereich bilden. Es kann also ein Holweck-Rotor gleichzeitig mit zwei Holweck-Statoren zusammenwirken, wobei auch umgekehrt ein Holweck-Stator gleichzeitig mit zwei Holweck-Rotoren zusammenwirken kann.

[0007] Es sind auch sogenannte "gefaltete" Holweck-Anordnungen bekannt, bei denen mehrere Holweck-Pumpstufen konzentrisch ineinander angeordnet und pumpwirksam seriell hintereinander geschaltet sind, also in Pumprichtung gesehen unmittelbar aufeinander folgen, sodass das zu pumpende Gas nacheinander durch die aufeinander folgenden Holweck-Pumpbereiche gepumpt wird und die Pumprichtungen von radial unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen einander entgegengesetzt sind. Zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Holweck-Pumpstufen, also eine (radial) äußere Holweck-Pumpstufe und eine (radial) innere Holweck-Pumpstufe, können einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweck-Gewinde versehenen (auch als "doppelseitig" bezeichnet) Holweck-Stator umfassen, der sich zwischen zwei Rotorhülsen befindet.

[0008] Es ist grundsätzlich auch bekannt, sogenannte "konische" Holweck-Pumpstufen vorzusehen, bei denen der Holweck-Stator derart ausgebildet ist, dass die Steghöhe in Pumprichtung abnimmt. Dies kann insbesondere bei einem konstanten Stegspitzendurchmesser dadurch erreicht werden, dass der sogenannte Nutgrunddurch-

messer in Pumprichtung zunimmt. Derartige Holweck-Pumpstufen können verbesserte Pompeigenschaften aufweisen.

[0009] Die Einlässe der Splitflow-Vakuumpumpen werden häufig auch als Anzapfungen bezeichnet. Wenn eine Splitflow-Vakuumpumpe nicht nur mit einer oder mehreren Turbomolekular-Pumpstufen - allgemein also einem Turbobereich - versehen ist, sondern zusätzlich eine oder mehrere Holweck-Pumpstufen - allgemein also einen Holweck-Bereich - aufweist, dann ist es grundsätzlich bekannt, dass derartige Splitflow-Vakuumpumpen nicht nur Anzapfungen in den Turbobereich, sondern auch in den Holweck-Bereich besitzen können.

[0010] Wenn der Holweck-Bereich eine sogenannte "gefaltete" Holweck-Anordnung mit zumindest zwei seriell hintereinander geschalteten Holweck-Pumpstufen aufweist, dann ist es auch bekannt, eine Anzapfung in den Übergangsbereich zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Holweck-Pumpstufen vorzusehen. Der Vorteil einer solchen Anzapfung besteht darin, dass der für diese Anzapfung vorgesehene, zwischen dem auch als Port bezeichneten Einlass und der Mündung in den Übergangsbereich in den meisten Fällen besonders einfach realisiert werden kann.

[0011] Nachteilig ist, dass die bislang bekannte Festlegung der Anzapfung auf den Übergangsbereich zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Holweck-Pumpstufen keinerlei Variationsmöglichkeiten eröffnet.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es daher, diesen Nachteil zu beseitigen und eine Vakuumpumpe mit mehreren Einlässen und zumindest einer Holweck-Pumpstufe zu schaffen, die an unterschiedliche Anforderungen angepasst werden kann.

[0013] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt jeweils durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

[0014] Bei der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe ist vorgesehen, dass die Mündung in den Holweck-Pumpbereich in axialer Richtung zwischen dem ersten axialen Ende und dem zweiten axialen Ende des Holweck-Pumpbereichs gelegen ist, und dass der Einlasskanal zumindest einen Mündungsabschnitt umfasst, der im Holweck-Stator ausgebildet ist und bis zur Mündung in den Holweck-Pumpbereich führt.

[0015] Erfindungsgemäß erfolgt die Anzapfung in den Holweck-Bereich nicht an einem Übergang zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen, sondern an einer Stelle des Holweck-Stators zwischen den beiden axialen Enden des Holweck-Pumpbereichs. Hierdurch ist zum einen die erfindungsgemäße Vakuumpumpe nicht auf das Vorhandensein eines Übergangs zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen angewiesen. Erfindungsgemäß kann folglich eine Anzapfung in den Holweck-Bereich auch dann erfolgen, wenn nur eine Holweck-Pumpstufe vorhanden ist oder mehrere Holweck-Pumpstufen, die nicht unmittelbar aufeinanderfolgen. Zum anderen kann die axiale Position der Mündung in den Holweck-Pumpbereich grundsätzlich beliebig gewählt werden. Dies hat

den Vorteil, dass in Abhängigkeit von dieser axialen Position der Mündung der Druck an der Anzapfung vergleichsweise frei gewählt werden kann.

[0016] Es hat sich überraschend gezeigt, dass bei einer nicht an einem Übergangsbereich zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen liegenden Mündung des Einlasskanals in den Holweck-Pumpbereich sehr gute Pumpresultate mit einer Mehreinlass-Vakuumpumpe erzielt werden können.

[0017] Die Erfindung betrifft außerdem ein Vakuumpumpensystem mit einer Vakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekular-Vakuumpumpe, der hierin offenbarten Art und mit wenigstens einer zu evakuierenden Einrichtung oder wenigstens einer Einrichtung, die zumindest eine zu evakuierende Vakuumkammer umfasst. Insbesondere ist bei diesem Vakuumpumpensystem vorgesehen, dass die Einrichtung mehrere zu evakuierende Vakuumkammern umfasst, die hintereinander angeordnet sind und jeweils einen Gasauslass aufweisen, der im Pumpbetrieb mit einem Einlass der Vakuumpumpe in Strömungsverbindung steht.

[0018] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind auch in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie der Zeichnung angegeben.

[0019] In einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass mehrere im Pumpenraum in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass hintereinandergeschaltete Pumpstufen vorgesehen sind, welche die Holweck-Pumpstufe und zumindest eine Turbomolekular-Pumpstufe umfassen, die in Pumprichtung vor der Holweck-Pumpstufe angeordnet ist.

[0020] Die Erfindung ist somit auch an solchen Multiinlet- bzw. Splitflow-Vakuumpumpen realisierbar, die unterschiedliche Typen von Pumpstufen aufweisen, insbesondere eine oder mehrere Turbomolekular-Pumpstufen und eine oder mehrere Holweck-Pumpstufen, die in Pumprichtung hintereinandergeschaltet sind.

[0021] Des Weiteren kann gemäß einigen Weiterbildungen der Erfindung vorgesehen sein, dass zusätzlich zu der Holweck-Pumpstufe wenigstens eine weitere Holweck-Pumpstufe vorgesehen ist, wobei diese wenigstens zwei Holweck-Pumpstufen bezüglich der eine gemeinsame Rotationsachse bildenden Rotationsachse konzentrisch und in Pumprichtung aufeinanderfolgend angeordnet sind und zumindest zwei Holweck-Statoren umfassen, von denen der eine radial innerhalb des anderen angeordnet ist und wobei die Mündung und der bis zur Mündung verlaufende Mündungsabschnitt in dem radial inneren Holweck-Stator ausgebildet sind.

[0022] Bei einer solchen, auch als "gefaltet" bezeichneten Anordnung von Holweck-Pumpstufen ist erfindungsgemäß also die Mündung des weiteren Einlasses in den Holweck-Pumpbereich am radial inneren Holweck-Stator ausgebildet. Ein Vorteil dieser Ausgestaltung zeigt sich dann, wenn der innere Holweck-Stator insbesondere im Vergleich zum äußeren Holweck-Stator eine vergleichsweise dicke Wandstärke in radialer Rich-

tung aufweist. Es hat sich gezeigt, dass aufgrund dieser vergleichsweise dicken Wandstärke relativ große Leitwerte realisiert werden können.

[0023] Bei einer typischen Pumprichtung im Zusammenhang mit "gefalteten" Holweck-Anordnungen wird das zu pumpende Gas zunächst durch den radial äußeren Holweck-Pumpbereich und dann - nach dem Passieren des Übergangs zwischen den zwei Holweck-Pumpstufen - durch den radial inneren Holweck-Pumpbereich gepumpt. Wenn gemäß dem hier in Rede stehenden Ausführungsbeispiel die Mündung des weiteren Einlasses im Holweck-Stator des radial inneren Holweck-Pumpbereiches ausgebildet ist, dann kann die Erfindung gegenüber der bekannten Anzapfung am Übergangsbereich als ein Verlegen der Anzapfung in Stromabwärtsrichtung, bezogen auf die Pumprichtung, bezeichnet werden.

[0024] Allgemein kann also gemäß einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung vorgesehen sein, dass die Mündung des weiteren Einlasses in den Holweck-Pumpbereich bezogen auf die Pumprichtung stromabwärts eines Übergangsbereiches zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen gelegen ist.

[0025] Des Weiteren kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung vorgesehen sein, dass der Mündungsabschnitt wenigstens zwei Kanalabschnitte aufweist, die nicht parallel zueinander verlaufen.

[0026] Hierdurch besteht ein hohes Maß an Flexibilität, was den Verlauf des Einlasskanals innerhalb des mit der Mündung versehenen Holweck-Stators betrifft. Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass der Mündungsabschnitt einen im Holweck-Stator ausgebildeten Kanalabschnitt umfasst, der von einer Basisseite des Holweck-Stators ausgeht. Insbesondere handelt es sich bei der Basisseite des Holweck-Stators um diejenige Seite, die von einer Turbomolekular-Pumpstufe - sofern eine solche vorhanden ist - abgewandt ist.

[0027] Dieser am Holweck-Stator ausgebildete Kanalabschnitt kann gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung ausgehend von der Basisseite in axialer Richtung parallel zur Rotationsachse im Holweck-Stator verlaufen. Ein derartiger Kanalabschnitt kann in besonders vorteilhafter Weise durch Bohren oder Fräsen hergestellt werden.

[0028] Des Weiteren kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung vorgesehen sein, dass der Mündungsabschnitt einen im Holweck-Stator ausgebildeten Kanalabschnitt umfasst, der an der Mündung endet und in radialer Richtung senkrecht zur Rotationsachse verläuft. Auch ein solcher Kanalabschnitt kann in besonders vorteilhafter Weise durch Bohren oder Fräsen hergestellt werden.

[0029] Des Weiteren kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, dass der Einlasskanal einen Einlassabschnitt aufweist, der zwischen dem weiteren Einlass und dem Holweck-Stator gelegen ist und in einem an den Holweck-Stator angrenzenden, mit dem Holweck-Stator einstückig ausgebildeten oder von dem

Holweck-Stator separaten Bauteil der Vakuumpumpe ausgebildet ist. Bei diesem Bauteil kann es sich insbesondere um ein sogenanntes Unterteil der Vakuumpumpe oder um ein Zwischenbauteil handeln.

[0030] Der Einlassabschnitt kann gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung unmittelbar in den im Holweck-Stator ausgebildeten, bis zur Mündung führenden Mündungsabschnitt des Einlasskanals übergehen.

[0031] Ein derartiger Verlauf des Einlasskanals zwischen weiterem Einlass und Mündung in den Holweck-Pumpbereich kann insbesondere dann vorgesehen sein, wenn der Holweck-Stator und ein weiteres Bauteil, insbesondere ein Unterteil oder ein Zwischenbauteil der Vakuumpumpe, unmittelbar aneinander anliegen, wobei ein solches unmittelbares Aneinander-Anliegen nicht ausschließt, dass ein oder mehrere Dichtelemente zwischen Holweck-Stator und Bauteil bzw. Unterteil oder Zwischenbauteil angeordnet sind.

[0032] Die Erfindung ist nicht darauf beschränkt, dass der weitere Einlass an nur einer einzigen Stelle in den Holweck-Pumpbereich mündet. Der Einlasskanal kann folglich ausgehend von dem weiteren Einlass in einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung zu mehreren Mündungen in den Holweck-Pumpbereich führen.

[0033] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann dementsprechend vorgesehen sein, dass der Einlasskanal mehrere im Holweck-Stator ausgebildete Mündungsabschnitte umfasst, die jeweils zu wenigstens einer, vorzugsweise zu genau einer, der mehreren Mündungen führen.

[0034] Hierbei kann gemäß einigen Ausgestaltungen der Erfindung vorgesehen sein, dass der Einlasskanal einen Einlassabschnitt aufweist, der zwischen dem weiteren Einlass und dem Holweck-Stator gelegen ist und als ein Sammelabschnitt ausgebildet ist oder zumindest einen Sammelabschnitt umfasst, der mit einer Mehrzahl der Mündungen, vorzugsweise mit allen Mündungen, in Strömungsverbindung steht.

[0035] Durch das Vorsehen eines derartigen Sammelabschnitts ist es folglich nicht erforderlich, dass jede Mündung einen eigenen Einlasskanal besitzt, der von dem weiteren Einlass zur jeweiligen Mündung führt.

[0036] Der Sammelabschnitt kann insbesondere in einem an den Holweck-Stator angrenzenden, mit dem Holweck-Stator einstückig ausgebildeten oder von dem Holweck-Stator separaten Bauteil der Vakuumpumpe ausgebildet sein, also in einem Bauteil, wie es an anderer Stelle bereits beschrieben worden ist. Dieses Bauteil für den Sammelabschnitt kann wiederum ein sogenanntes Unterteil oder ein Zwischenbauteil der Vakuumpumpe sein.

[0037] Gemäß weiteren möglichen Ausgestaltungen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Holweck-Stator mit einem Holweck-Gewinde versehen ist und der Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung variiert. Wie eingangs bereits erläutert, sind derartige, sogenannte "konische" Holweck-Pumpstufen grundsätzlich bekannt. Erfindungsgemäß kann also vorgesehen sein, dass der

weitere Einlass in den Holweck-Pumpbereich einer solchen konischen Holweck-Pumpstufe mündet.

[0038] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist diese konische Holweck-Pumpstufe ein Bestandteil einer sogenannten "gefalteten" Holweck-Anordnung, d.h. zusätzlich zu der Holweck-Pumpstufe mit der erfindungsgemäßen Mündung ist wenigstens eine weitere Holweck-Pumpstufe vorgesehen, wobei diese wenigstens zwei Holweck-Pumpstufen bezüglich der eine gemeinsame Rotationsachse bildenden Rotationsachse konzentrisch und in Pumprichtung aufeinanderfolgend angeordnet, also seriell hintereinander geschaltet, sind und zumindest zwei Holweck-Statoren umfassen, von denen der eine radial innerhalb des anderen angeordnet ist, und wobei die Mündung und der bis zur Mündung verlaufende Mündungsabschnitt in dem radial inneren Holweck-Stator ausgebildet sind. Bei der radial äußeren Holweck-Pumpstufe kann es sich ebenfalls um eine konische Holweck-Pumpstufe handeln. Dabei ist allerdings insbesondere vorgesehen, dass der Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung abnimmt.

[0039] Dabei kann für die radial innere Holweck-Pumpstufe und/oder für die radial äußere Holweck-Pumpstufe jeweils vorgesehen sein, dass die Steghöhe des Holweck-Gewindes in Pumprichtung abnimmt.

[0040] Unterschiedliche Ausgestaltungen von Holweck-Pumpstufen mit konischer Ausgestaltung können folglich auch bei einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe grundsätzlich beliebig miteinander kombiniert werden. Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Mündung des weiteren Einlasses am radial inneren Holweck-Stator ausgebildet ist, die Anzapfung in den Holweck-Bereich also an der radial inneren Holweck-Pumpstufe erfolgt.

[0041] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie C-C,
- Fig. 6 ein bekannte Vakuumpumpensystem mit einer Splitflow-Vakuumpumpe, die erfindungsgemäß ausgebildet sein kann, und mit einer zu

evakuierenden Einrichtung, und

Fig. 7 schematisch einen Teil einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

[0042] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0043] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0044] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0045] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0046] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet

sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0047] Andere existierende Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0048] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0049] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0050] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelan-schlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0051] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozess-gaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-las 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpen-auslass 117.

[0052] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 ange-ordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0053] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst meh-rere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete tur-bomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotor-welle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Da-bei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pump-stufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0054] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radi-aler Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen auf-weisen.

[0055] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst ei-ne an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind.

Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Stator-hülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0056] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Au-ßenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegen-über und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die drit-te Holweck-Pumpstufe.

[0057] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außer-dem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Stator-hülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Da-durch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

[0058] Die vorstehend genannten pumpaktiven Ober-flächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen je-weils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0059] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslas-ses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0060] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Ro-torwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurch-messer vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit min-destens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Tur-bomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt) kann an-stelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff

"Spritzspitze" verwendet.

[0061] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0062] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größeren werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0063] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0064] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale

Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0065] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0066] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0067] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0068] Die vorstehend beschriebene, aus dem Stand der Technik bekannte Turbomolekularvakuumpumpe ist keine Splitflow-Vakuumpumpe. Aufbau und Funktionsweise dieser Turbomolekularvakuumpumpe gelten aber grundsätzlich auch für die erfindungsgemäße Vakuumpumpe.

[0069] Fig. 6 zeigt ein mögliches erfindungsgemäßes Vakuumsystem mit einer erfindungsgemäßen Splitflow-Vakuumpumpe 10 und einer mittels dieser Vakuumpumpe 10 zu evakuierenden Einrichtung 12.

[0070] Die Einrichtung 12 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel drei hintereinander angeordnete Vakuumkammern 14, wobei in die unterste Kammer 14 eintretendes Gas in die jeweils nachfolgende Kammer 14 gelangen kann, wie es durch die Pfeile angedeutet ist. Jede Kammer besitzt einen Gasauslass 16, der zu einem auch als Port bezeichneten Einlass 11 bzw. 33 der Vakuumpumpe 10 führt. Der mit dem Gasauslass 16 der unters-

ten Kammer 14 korrespondierende Einlass 33 der Vakuumpumpe 10 ist ein weiterer Einlass im Sinne der Erfindung, der - wie an anderer Stelle näher beschrieben wird - zu einem Holweck-Bereich der Vakuumpumpe 10 führt.

[0071] Die hier lediglich rein schematisch dargestellte Splitflow-Vakuumpumpe 10 besitzt ein Gehäuse 15 und innerhalb des Gehäuses 15 in einem Pumpenraum 17 eine Rotorwelle 18, die während des Betriebs rotiert und so an ihr befestigte rotierende Bauteile der einzelnen Pumpstufen in Drehung versetzt, und zwar um eine Rotationsachse A, welche durch die Rotorwelle 18 festgelegt ist.

[0072] Bei diesen Pumpstufen handelt es sich in dem hier dargestellten Beispiel um Turbomolekular-Pumpstufen 47, denen in einer Pumprichtung P im Pumpenraum 17 ein Holweck-Bereich mit zwei Holweck-Pumpstufen 19, 21 nachgeschaltet ist.

[0073] Von diesem Holweck-Bereich 19, 21 ist in Fig. 6 lediglich schematisch ein Holweck-Rotor 31 dargestellt, der eine Holweck-Hülse 32 und eine Holweck-Nabe 30 umfasst, über welche die Holweck-Hülse 32 an der Rotorwelle 18 angebracht ist. Dieser Holweck-Rotor 31 gehört zu beiden Holweck-Pumpstufen 19, 21, wie nachstehend in Verbindung mit Fig. 7 näher erläutert wird.

[0074] Zu pumpendes Gas tritt also aus der zu evakuierenden Einrichtung 12 über deren Auslässe 16 der einzelnen Kammern 14 an unterschiedlichen Stellen über die Einlässe 11, 33 in den Pumpenraum 17 der Splitflow-Vakuumpumpe 10 ein und wird mittels der einzelnen erwähnten Pumpstufen 47, 19, 21 in Pumprichtung P zu einem Auslass 13 gepumpt, über den das Gas die Vakuumpumpe 10 verlässt. Der vorstehend erläuterte Grundaufbau und dessen Funktionalität ist grundsätzlich bekannt und kann - wie auch im Einleitungsteil erwähnt - in vielfacher Weise variiert werden, insbesondere hinsichtlich der Anzahl und Anordnung der zu evakuierenden Kammern 14 der zu evakuierenden Einrichtung 12 sowie hinsichtlich der Anzahl, Anordnung und Ausgestaltung der einzelnen Pumpstufen der Splitflow-Vakuumpumpe 10.

[0075] Der in Fig. 7 schematisch dargestellte Bereich einer erfindungsgemäßen Splitflow-Vakuumpumpe 10 würde sich bei der in Fig. 6 dargestellten Vakuumpumpe 10 ungefähr (von der Lage eines Pumpenunterteils abgesehen) an derjenigen Stelle befinden, die in Fig. 6 durch ein gestricheltes Viereck V angedeutet ist, also links von der in Fig. 7 nicht dargestellten Rotationsachse A am unteren, zum Auslass 13 weisenden Ende der Holweck-Hülse 32 des Holweck-Rotors 31.

[0076] In Fig. 7 sind teilweise das Gehäuse 15, ein Unterteil 51, ein äußerer Holweck-Stator 23, ein innerer Holweck-Stator 25 sowie die Holweck-Hülse 32 des Holweck-Rotors 31 dargestellt.

[0077] Die Holweck-Statoren 23, 25 sind jeweils auf ihrer pumpaktiven, der Holweck-Hülse 32 zugewandten Seite mit einem Holweck-Gewinde versehen. In Fig. 7 ist für jeden Holweck-Stator 23, 25 jeweils eine Holweck-Nut 55 dargestellt, die von einem Steg 53 begrenzt ist.

Es handelt sich hierbei um konische Holweck-Statoren 23, 25, bei denen der Nutgrunddurchmesser variiert, wobei außerdem die Höhe der Stege 53 variiert und der Stegspitzendurchmesser und damit der radiale Abstand der Stege 53 zur Holweck-Hülse 32 in axialer Richtung konstant ist.

[0078] Somit bilden die Holweck-Hülse 32 und der radial äußere Holweck-Stator 23 einen radial äußeren Holweck-Pumpbereich 27 und die Holweck-Hülse 32 und der radial innere Holweck-Stator 25 bilden einen radial inneren Holweck-Pumpbereich 29.

[0079] Die beiden Holweck-Pumpbereiche 27, 29 gehen in einem Übergangsbereich 43 ineinander über. Bezogen auf die durch einen Pfeil angedeutete Pumprichtung P nimmt in beiden Holweck-Pumpbereichen 27, 29 die Höhe der Stege 53 in Pumprichtung P ab, wobei bei der radial äußeren Holweck-Pumpstufe 19 der Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung P abnimmt, wohingegen in der radial inneren Holweck-Pumpstufe 21 der Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung P zunimmt.

[0080] Wie im Einleitungsteil erwähnt, ist es im Stand der Technik bekannt, über einen Einlass der Splitflow-Vakuumpumpe eine Anzapfung in den Holweck-Bereich 27, 29 am Übergangsbereich 43 vorzusehen. Erfindungsgemäß ist aber die Anzapfung bezogen auf die Pumprichtung P und damit bezogen auf die Richtung der Strömung des zu pumpenden Gases stromabwärts verlegt, wobei die Anzapfung seitlich in den inneren Holweck-Stator 23 erfolgt.

[0081] Erfindungsgemäß erstreckt sich hierzu ein Einlasskanal 35 von einem weiteren Einlass 33 der Vakuumpumpe bis zu einer Mündung 37 in den radial inneren Holweck-Pumpbereich 29, wobei die Mündung 37 in der Nut 55 des radial inneren Holweck-Statoren 25 ausgebildet ist.

[0082] Der Einlasskanal 35 besteht in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem zunächst in radialer Richtung verlaufenden Einlassabschnitt 49, der wie der weitere Einlass 33 auch im Pumpenunterteil 51 ausgebildet ist. Der Einlassabschnitt 49 geht in einen sich in axialer Richtung - bezogen auf die hier nicht dargestellte Rotationsachse A (vgl. Fig. 6) - erstreckenden Abschnitt im Unterteil 51 über, an den sich unmittelbar ein axialer Kanalabschnitt 39 anschließt, der im radial inneren Holweck-Stator 25 ausgebildet ist. Dieser axiale Kanalabschnitt 39 geht in einen radialen Kanalabschnitt 41 des inneren Holweck-Statoren 25 über, der bis zur Mündung 37 führt.

[0083] Der sich vom weiteren Einlass 33 bis zur Mündung 37 erstreckende Einlasskanal 35 besitzt also einen im Unterteil 51 ausgebildeten Einlassabschnitt 49, der am weiteren Einlass 33 beginnt, und einen im radial inneren Holweck-Stator 25 ausgebildeten, von den beiden erwähnten Kanalabschnitten 39, 41 gebildeten Mündungsabschnitt, der an der Mündung 37 endet.

[0084] Da der radial innere Holweck-Stator 25 eine vergleichsweise große Wandstärke - gemessen in radialer Richtung - aufweist, können der axiale Kanalabschnitt

39 und der radiale Kanalabschnitt 41 mit einem vergleichsweise großen Durchmesser versehen werden, wodurch relativ große Leitwerte realisiert werden können. Die beiden Kanalabschnitte 39, 41 können durch Bohren oder Fräsen hergestellt werden.

[0085] Wie im Einleitungsteil bereits erwähnt, kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Anforderung auch eine andere axiale Position für die Mündung 37 gewählt werden. Die Länge des axialen Kanalabschnitts 39 ist dann entsprechend zu variieren. Die Radialbohrung oder Radialfräsung 41 kann grundsätzlich an jeder beliebigen axialen Position vorgenommen werden, um die von der dem Unterteil 51 zugewandten Basisseite 45 des radial inneren Holweck-Stators 25 ausgehende, den axialen Kanalabschnitt 39 bildende Bohrung zu erreichen.

[0086] Des Weiteren können, wie ebenfalls im Einleitungsteil bereits erwähnt, in den radial inneren Holweck-Pumpbereich 29 auch mehrere Kanäle münden, d.h. es können mehrere Mündungen 37 vorgesehen sein, die sich hinsichtlich ihrer axialen Position und/oder hinsichtlich ihrer Umfangsposition - jeweils bezogen auf die Rotationsachse A (vgl. Fig. 6) - voneinander unterscheiden.

[0087] Grundsätzlich ist es erfindungsgemäß auch möglich, eine oder mehrere Anzapfungen in den radial äußeren Holweck-Pumpbereich 27 vorzusehen, d.h. im radial äußeren Holweck-Stator 23 eine oder mehrere Mündungen auszubilden und diese jeweils über einen geeigneten Verlauf aufweisenden Kanal mit dem weiteren Einlass 33 oder mit einem anderen Einlass für zu pumpendes Gas zu verbinden.

[0088] In anderen erfindungsgemäßen Pumpen kann der Einlasskanal in einem anderen von dem äußeren Holweck-Stator separaten Bauteil ausgebildet sein, insbesondere in einem Zwischenbauteil, das auch als Zwischenstück bezeichnet wird. Eine Gasführung für die Anzapfung über den weiteren Einlass 33 muss also nicht wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 7 durch das Pumpenunterteil 51, sondern kann auch auf andere Weise erfolgen. Wie an anderer Stelle erwähnt, kann die Gasführung durch einen Abschnitt der Pumpe erfolgen, der einstückig mit dem Holweck-Stator ausgebildet ist.

Bezugszeichenliste

[0089]

111 Turbomolekularpumpe
113 Einlassflansch
115 Pumpeneinlass
117 Pumpenauslass
119 Gehäuse
121 Unterteil
123 Elektronikgehäuse
125 Elektromotor
127 Zubehöranschluss
129 Datenschnittstelle
131 Stromversorgungsanschluss
133 Fluteinlass

135 Sperrgasanschluss
137 Motorraum
139 Kühlmittelanschluss
141 Unterseite
5 143 Schraube
145 Lagerdeckel
147 Befestigungsbohrung
148 Kühlmittelleitung
149 Rotor
10 151 Rotationsachse
153 Rotorwelle
155 Rotorscheibe
157 Statorscheibe
159 Abstandsring
15 161 Rotornabe
163 Holweck-Rotorhülse
165 Holweck-Rotorhülse
167 Holweck-Statorhülse
169 Holweck-Statorhülse
20 171 Holweck-Spalt
173 Holweck-Spalt
175 Holweck-Spalt
179 Verbindungskanal
181 Wälzlager
25 183 Permanentmagnetlager
185 Spritzmutter
187 Scheibe
189 Einsatz
191 rotorseitige Lagerhälfte
30 193 statorseitige Lagerhälfte
195 Ringmagnet
197 Ringmagnet
199 Lagerspalt
201 Trägerabschnitt
35 203 Trägerabschnitt
205 radiale Strebe
207 Deckelelement
209 Stützring
211 Befestigungsring
40 213 Tellerfeder
215 Not- bzw. Fanglager
217 Motorstator
219 Zwischenraum
221 Wandung
45 223 Labyrinthdichtung

10 Vakuumpumpe
11 Einlass
12 zu evakuierende Einrichtung
50 13 Auslass
14 Vakuumkammer
15 Gehäuse
16 Gasauslass
17 Pumpenraum
55 18 Rotorwelle
19 äußere Holweck-Pumpstufe
21 innere Holweck-Pumpstufe
23 äußerer Holweck-Stator

25 innerer Holweck-Stator
 27 äußerer Holweck-Pumpbereich
 29 innerer Holweck-Pumpbereich
 30 Holweck-Nabe
 31 Holweck-Rotor
 32 Holweck-Hülse
 33 weiterer Einlass
 35 Einlasskanal
 37 Mündung
 39 axialer Kanalabschnitt
 41 radialer Kanalabschnitt
 43 Übergangsbereich
 45 Basisseite
 47 Turbomolekularpumpe
 49 Einlassabschnitt
 51 Bauteil
 53 Steg
 55 Nut

P Pumprichtung
 A Rotationsachse

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit

- einem Einlass (11),
- einem Auslass (13),
- einem Gehäuse (15), das einen Pumpenraum (17) für ein vom Einlass (11) zum Auslass (13) in einer Pumprichtung (P) zu pumpendes Gas einschließt, und
- zumindest einer Holweck-Pumpstufe (19, 21), die zumindest einen Holweck-Stator (23, 25) und wenigstens einen im Betrieb um eine Rotationsachse (A) rotierenden, zusammen mit dem Holweck-Stator (23, 25) einen Holweck-Pumpbereich (27, 29) begrenzenden Holweck-Rotor (31) umfasst,

wobei der Holweck-Pumpbereich (27, 29) bezogen auf die Rotationsachse (A) eine axiale Länge mit einem ersten axialen Ende und einem zweiten axialen Ende aufweist, und

wobei zumindest ein weiterer Einlass (33) für zu pumpendes Gas vorgesehen ist, der über einen Einlasskanal (35) zu einer im Holweck-Stator (25) ausgebildeten Mündung (37) des weiteren Einlasses (33) in den Holweck-Pumpbereich (29) führt,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mündung (37) in axialer Richtung zwischen dem ersten axialen Ende und dem zweiten axialen Ende des Holweck-Pumpbereiches (29) gelegen ist, und

dass der Einlasskanal (35) zumindest einen Mündungsabschnitt (39, 41) umfasst, der im Holweck-

Stator (25) ausgebildet ist und bis zur Mündung (37) in den Holweck-Pumpbereich (29) führt.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, wobei mehrere im Pumpenraum (17) in Pumprichtung (P) zwischen dem Einlass (11) und dem Auslass (13) hintereinander geschaltete Pumpstufen vorgesehen sind, welche die Holweck-Pumpstufe (19, 21) und zumindest eine Turbomolekular-Pumpstufe (47) umfassen, die in Pumprichtung (P) vor der Holweck-Pumpstufe (19, 21) angeordnet ist.

3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei zusätzlich zu der Holweck-Pumpstufe (21) wenigstens eine weitere Holweck-Pumpstufe (19) vorgesehen ist, wobei diese wenigstens zwei Holweck-Pumpstufen (19, 21) bezüglich der eine gemeinsame Rotationsachse bildenden Rotationsachse (A) konzentrisch und in Pumprichtung (P) aufeinanderfolgend angeordnet sind und zumindest zwei Holweck-Statoren (23, 25) umfassen, von denen der eine radial innerhalb des anderen angeordnet ist, und wobei die Mündung (37) und der bis zur Mündung (37) verlaufende Mündungsabschnitt (39, 41) in dem radial inneren Holweck-Stator (25) ausgebildet sind.

4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Mündung (37) bezogen auf die Pumprichtung (P) stromabwärts eines Übergangsbereiches (43) zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweck-Pumpstufen (19, 21) gelegen ist.

5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mündungsabschnitt wenigstens zwei Kanalabschnitte (39, 41) aufweist, die nicht parallel zueinander verlaufen.

6. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mündungsabschnitt einen im Holweck-Stator (25) ausgebildeten Kanalabschnitt (39) umfasst, der von einer Basisseite (45) des Holweck-Stators (25) ausgeht, insbesondere wobei die Basisseite (45) von einer Turbomolekular-Pumpstufe (47) der Vakuumpumpe abgewandt ist.

7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, wobei der Kanalabschnitt (39) ausgehend von der Basisseite (45) in axialer Richtung parallel zur Rotationsachse (A) verläuft.

8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mündungsabschnitt einen im Holweck-Stator (25) ausgebildeten Kanalabschnitt (41) umfasst, der an der Mündung (37) endet und in radialer Richtung senkrecht zur Rotationsachse (A) verläuft.

9. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einlasskanal (35) einen Einlassabschnitt (49) aufweist, der zwischen dem weiteren Einlass (33) und dem Holweck-Stator (25) gelegen ist und in einem an den Holweck-Stator (25) angrenzenden, mit dem Holweck-Stator (25) einstückig ausgebildeten oder von dem Holweck-Stator (25) separaten Bauteil (51) der Vakuumpumpe ausgebildet ist, insbesondere wobei das Bauteil (51) ein Unterteil oder ein Zwischenbauteil, insbesondere ein Zwischenstück, der Vakuumpumpe ist. 5
10. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, wobei der Einlassabschnitt (49) unmittelbar in den Mündungsabschnitt (39, 41) übergeht. 10
11. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Holweck-Stator (25) mehrere jeweils in axialer Richtung zwischen dem ersten axialen Ende und dem zweiten axialen Ende des Holweck-Pumpbereiches (29) gelegene Mündungen (37) in den Holweck-Pumpbereich (29) ausgebildet sind, die sich hinsichtlich ihrer Lage bezogen auf die Rotationsachse (A) in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung voneinander unterscheiden. 20 25
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 11, wobei der Einlasskanal (35) mehrere im Holweck-Stator (25) ausgebildete Mündungsabschnitte (39, 41) umfasst, die jeweils zu wenigstens einer, vorzugsweise zu genau einer, der mehreren Mündungen (37) führen. 30
13. Vakuumpumpe nach Anspruch 11 oder 12, wobei der Einlasskanal (35) einen Einlassabschnitt (49) aufweist, der zwischen dem weiteren Einlass (33) und dem Holweck-Stator (25) gelegen ist und als ein Sammelabschnitt ausgebildet ist oder zumindest einen Sammelabschnitt umfasst, der mit einer Mehrzahl der Mündungen (37), vorzugsweise mit allen Mündungen (37), in Strömungsverbindung steht. 35 40
14. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Holweck-Stator (25) mit einem Holweck-Gewinde versehen ist und der Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung (P) variiert, insbesondere zunimmt, und/oder wobei zusätzlich zu der Holweck-Pumpstufe (21) wenigstens eine weitere Holweck-Pumpstufe (19) vorgesehen ist, wobei diese wenigstens zwei Holweck-Pumpstufen (19, 21) bezüglich der eine gemeinsame Rotationsachse bildenden Rotationsachse (A) konzentrisch und in Pumprichtung (P) aufeinanderfolgend angeordnet sind und zumindest zwei Holweck-Statoren (23, 25) umfassen, von denen der eine radial innerhalb des anderen angeordnet ist, und wobei die Mündung (37) und der bis zur Mündung (37) verlaufende Mündungsabschnitt (39, 41) in dem radial inneren Holweck-Stator (25) ausgebildet sind, der mit einem Holweck-Gewinde versehen ist und dessen Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung (P) variiert, insbesondere zunimmt. 45 50 55
15. Vakuumpumpensystem mit zumindest einer Vakuumpumpe (10), insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, nach einem der vorhergehenden Ansprüche und mit wenigstens einer zu evakuierenden Einrichtung (12) oder wenigstens einer Einrichtung (12), die zumindest eine zu evakuierende Vakuumkammer (14) umfasst, insbesondere wobei die Einrichtung (12) mehrere zu evakuierende Vakuumkammern (14) umfasst, die hintereinander angeordnet sind und jeweils einen Gasauslass (16) aufweisen, der im Pumpbetrieb mit einem Einlass (11, 33) der Vakuumpumpe (10) in Strömungsverbindung steht.

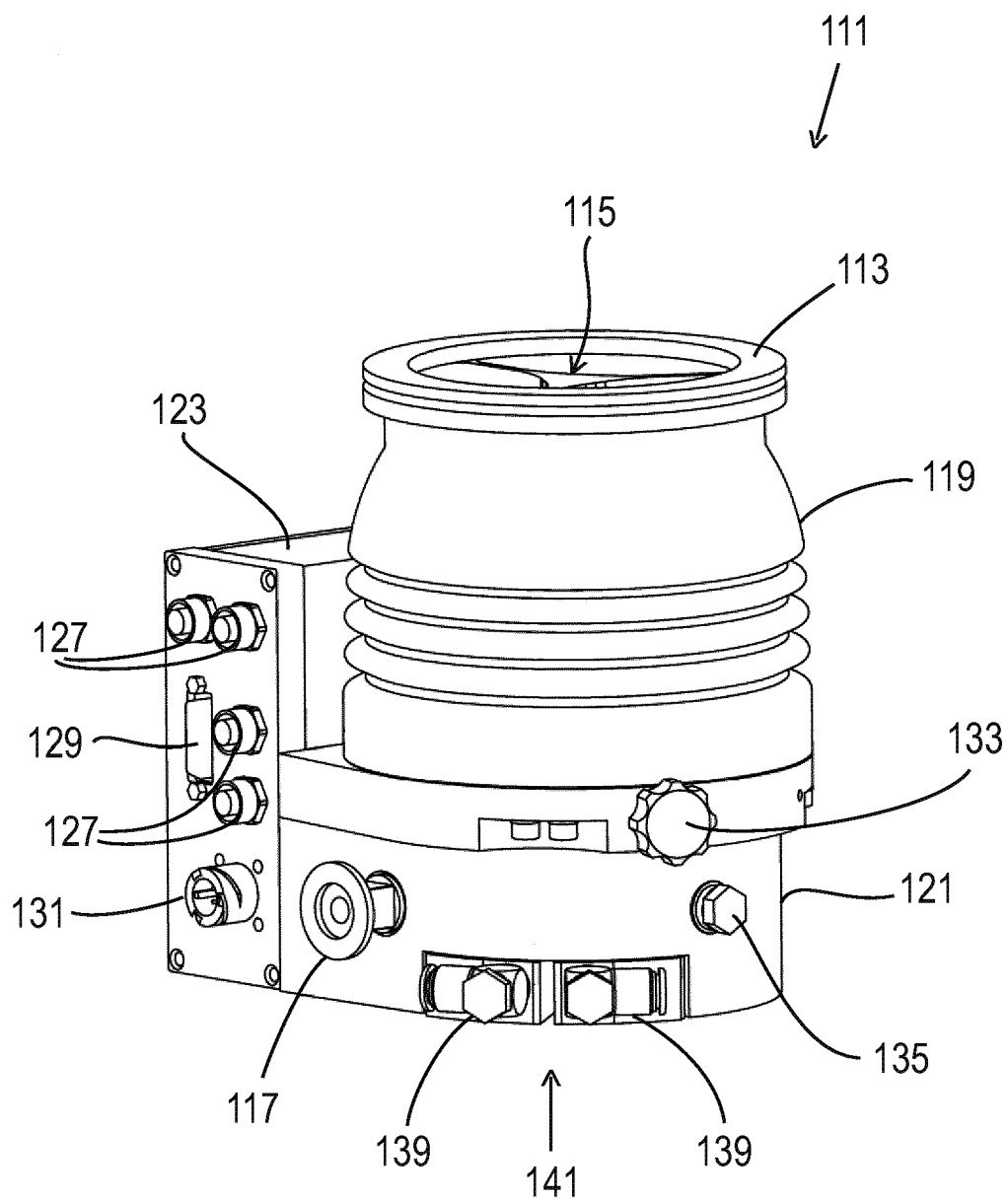


Fig. 1

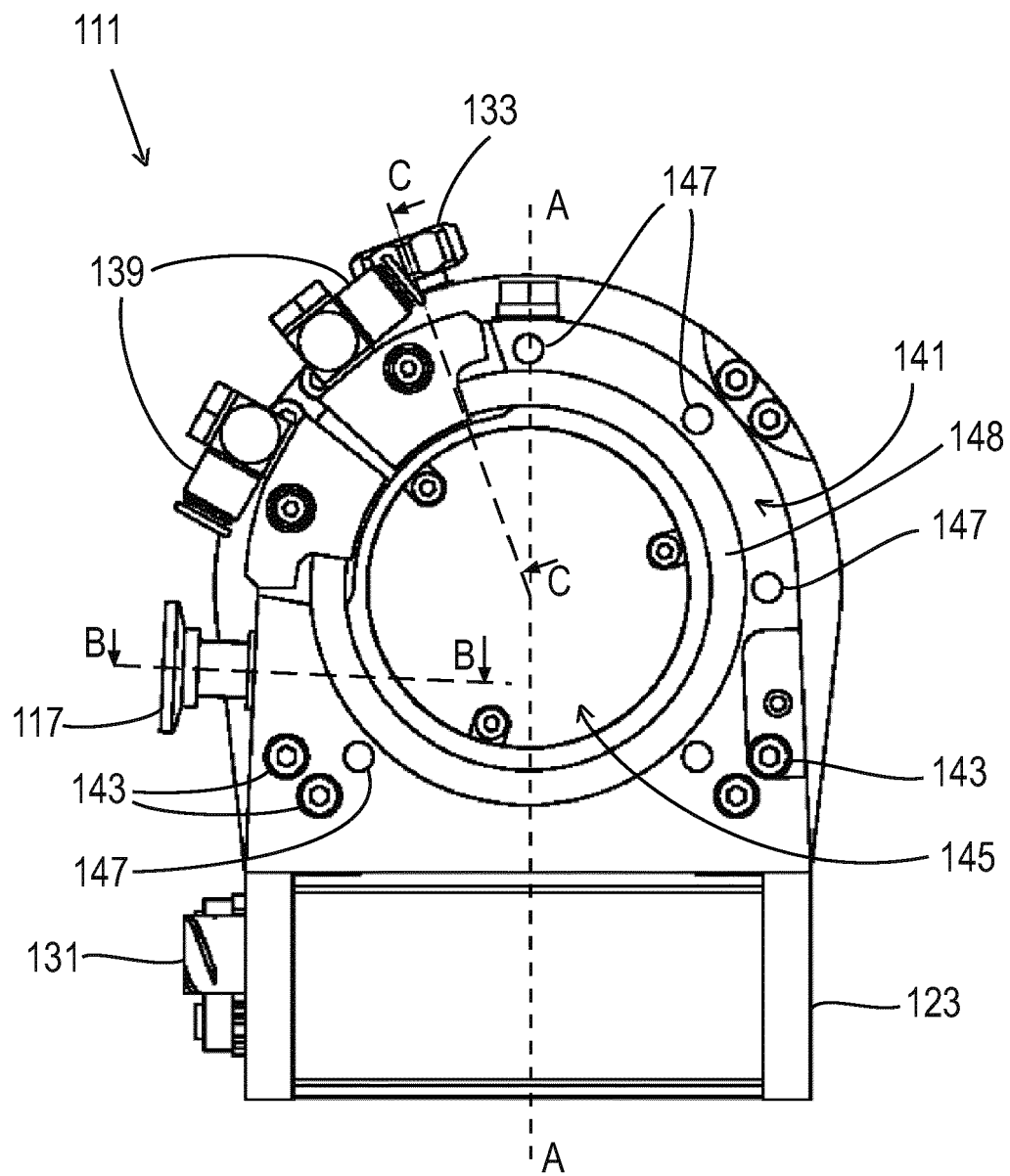


Fig. 2

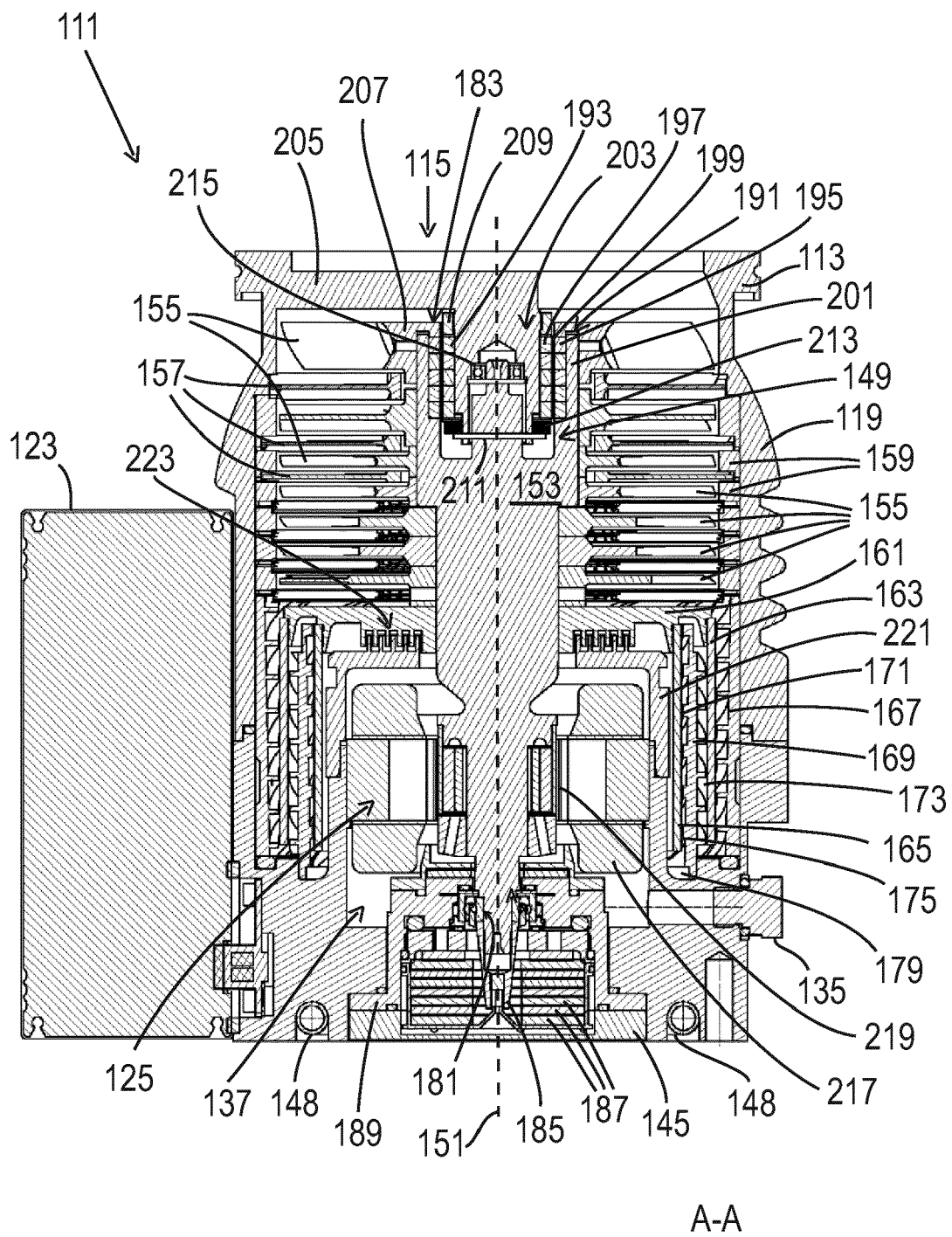


Fig. 3

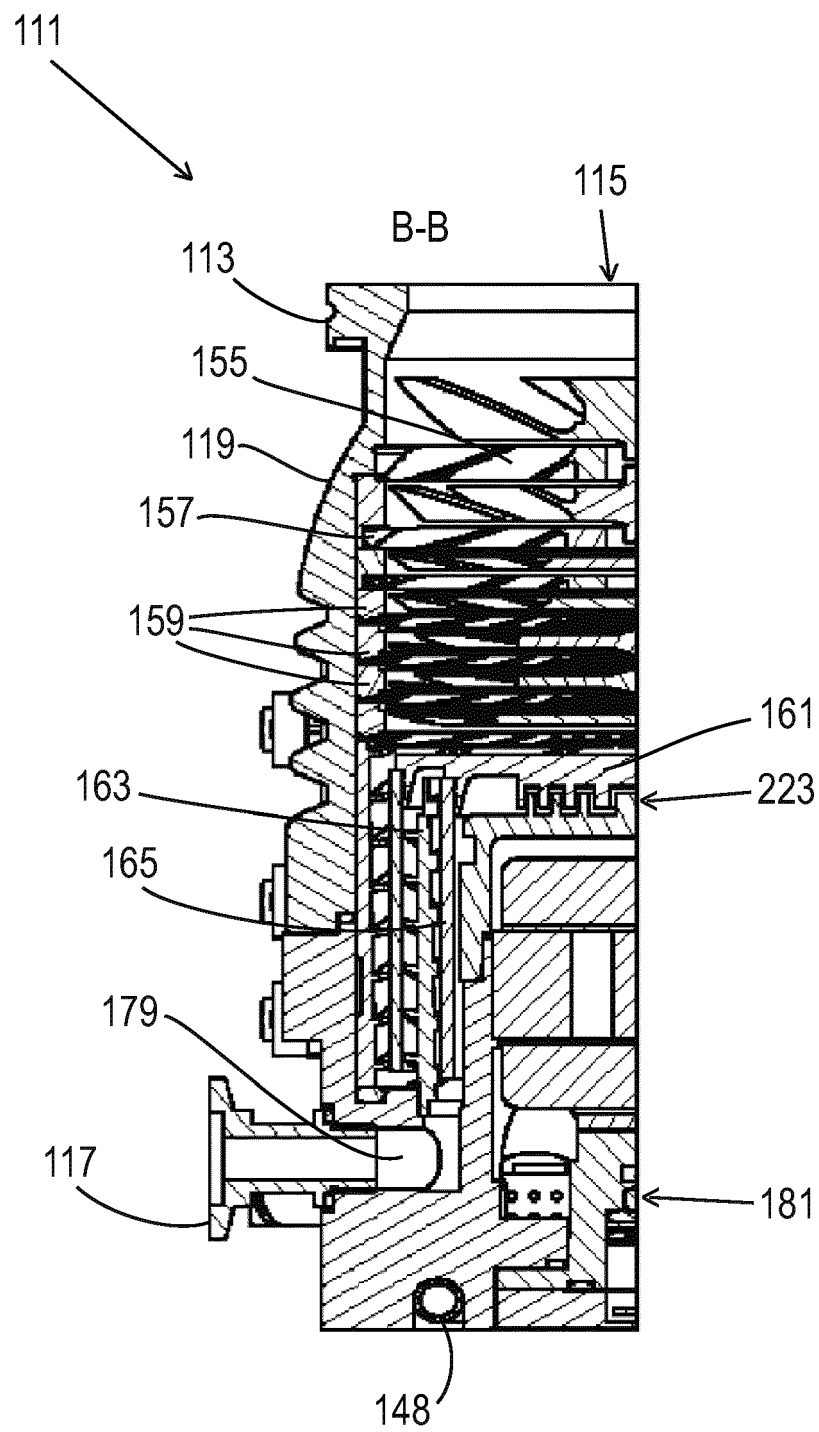


Fig. 4

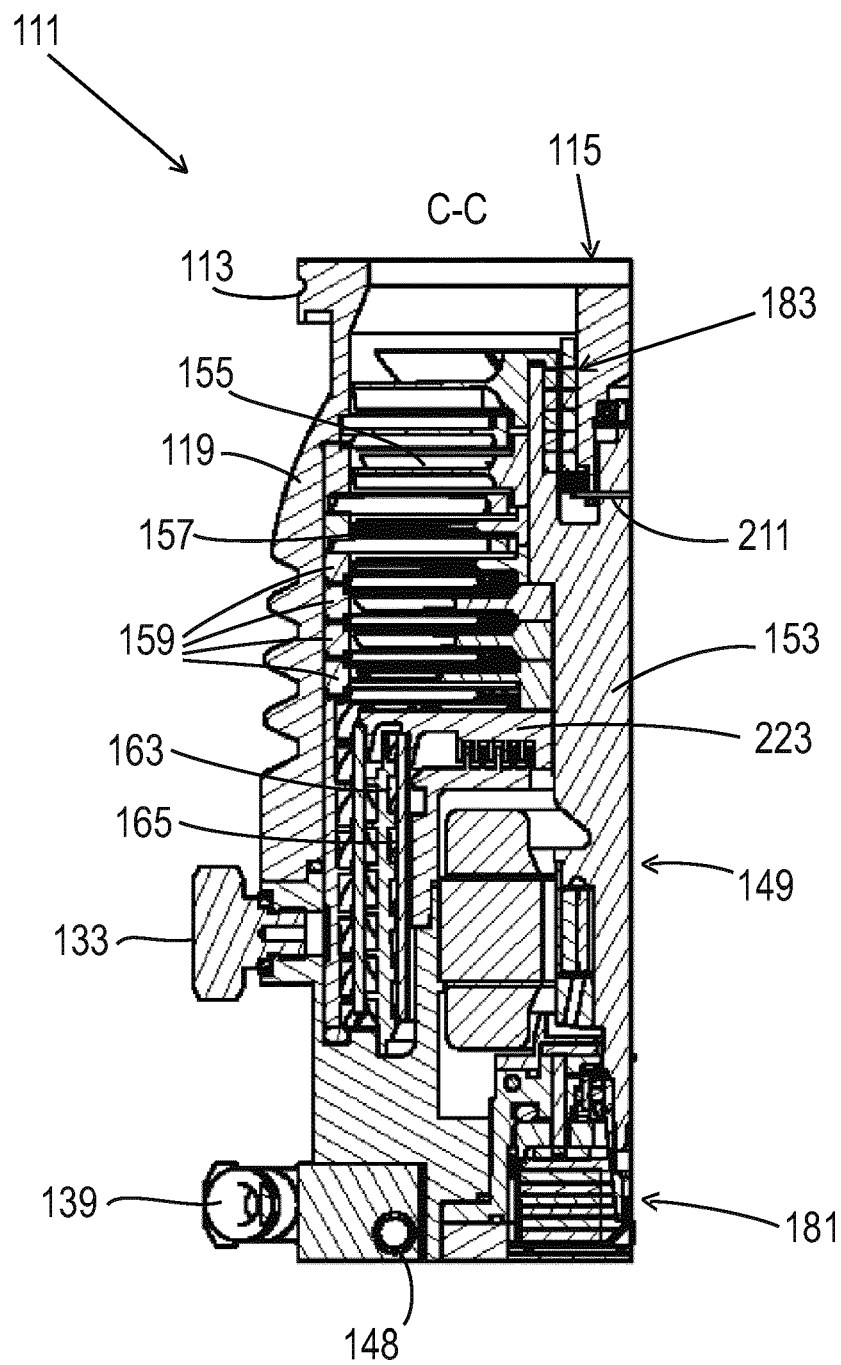


Fig. 5

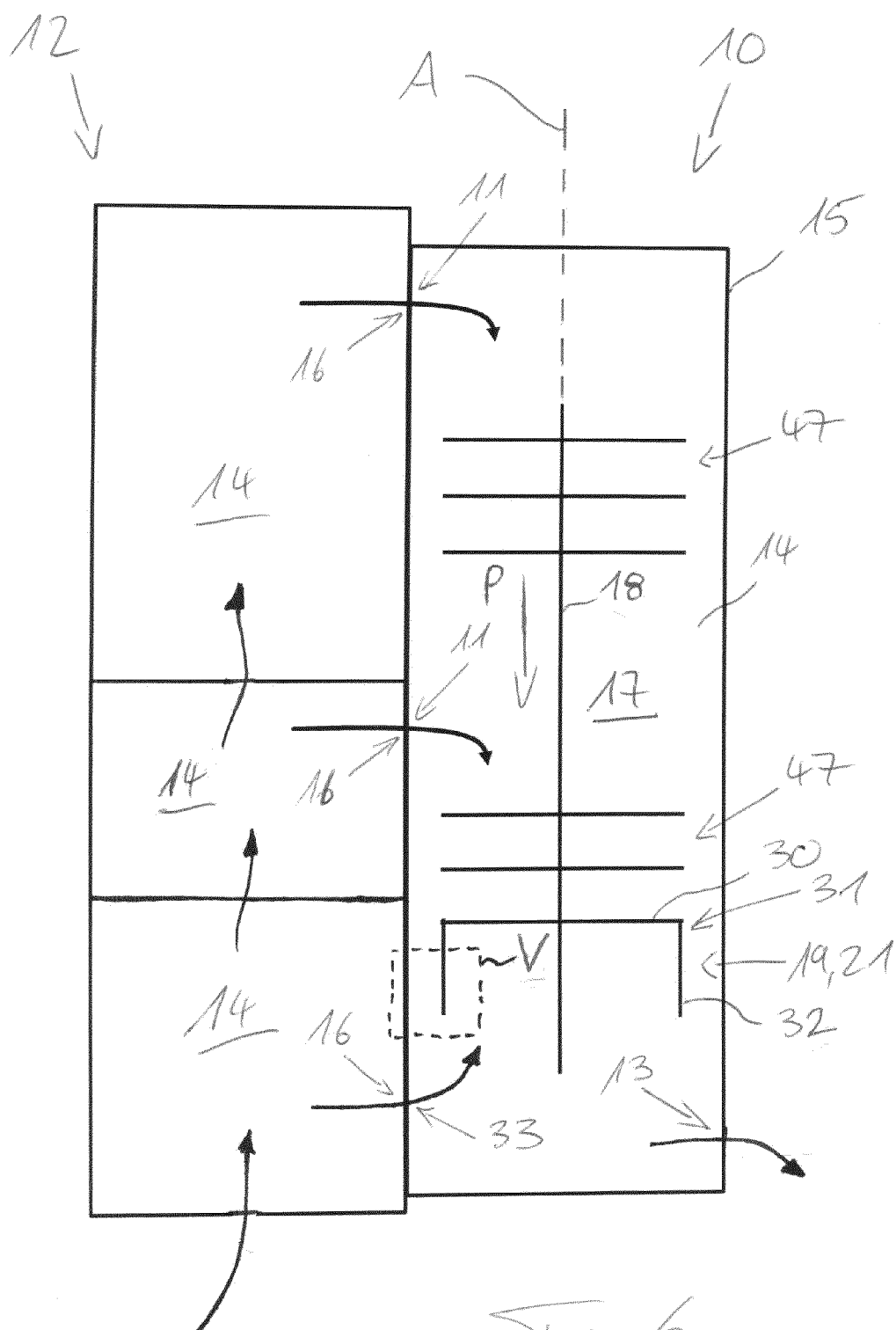


Fig. 6

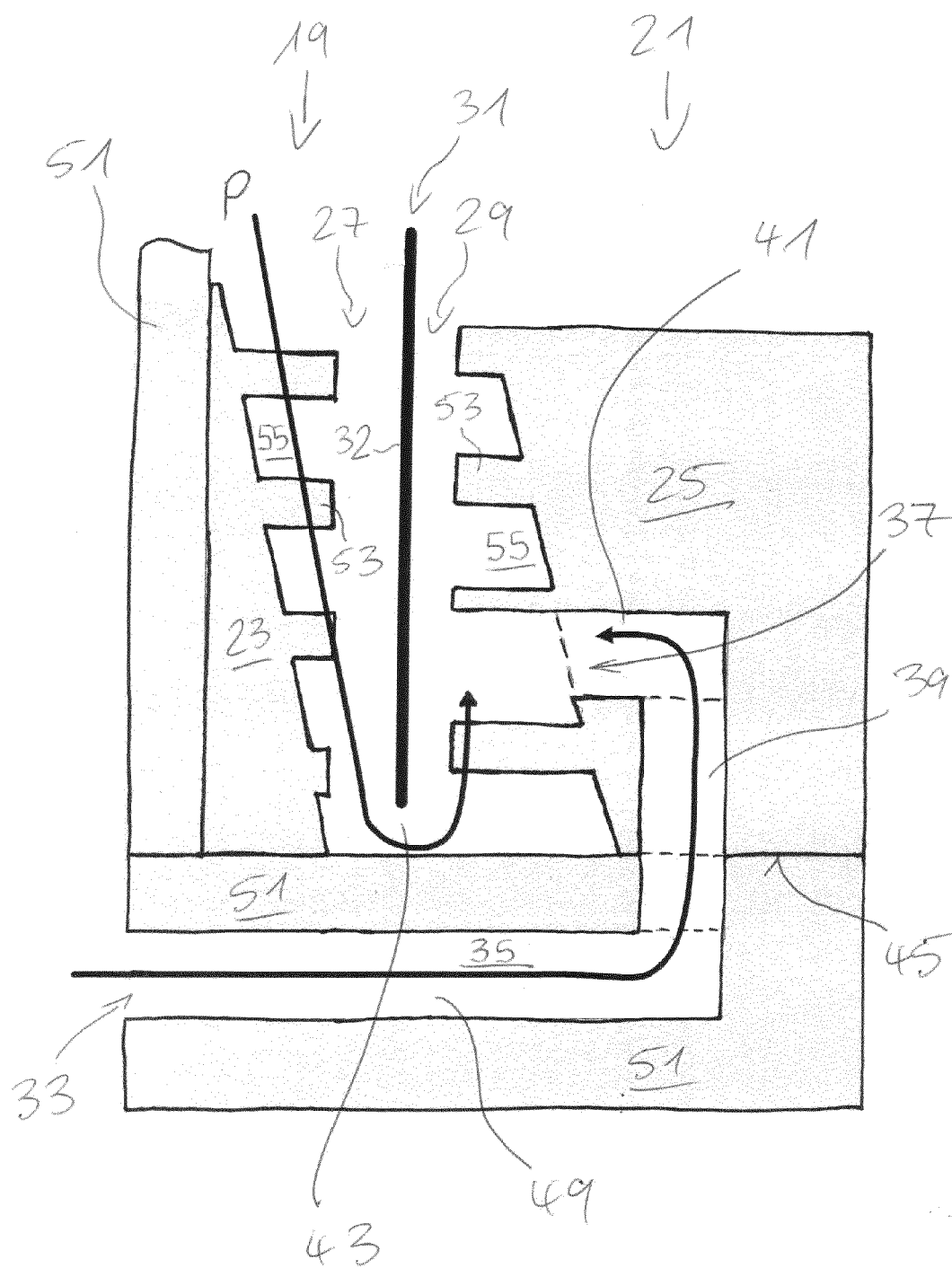


Fig. 7