

(19)



(11)

EP 2 631 488 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.08.2013 Patentblatt 2013/35

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

(21) Anmeldenummer: **12188584.2**

(22) Anmeldetag: **15.10.2012**

(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

(30) Priorität: **23.02.2012 DE 102012003680**

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

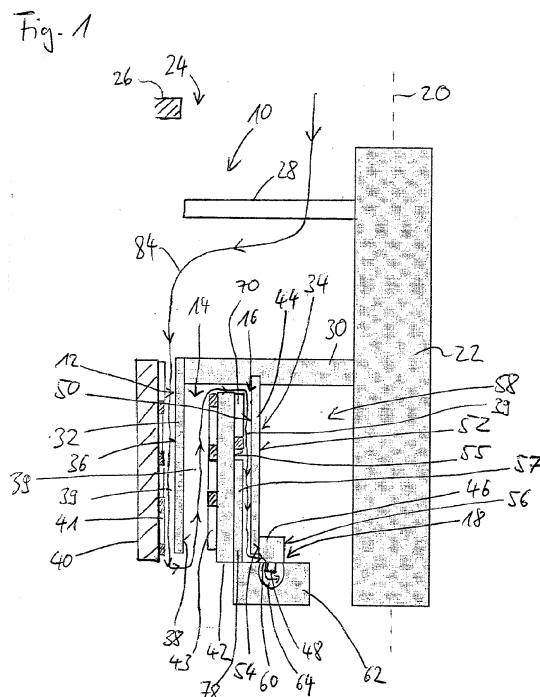
(72) Erfinder:
• **Shirinov, Aleksandr, Dr. Ing.**
35576 Wetzlar (DE)
• **Stoll, Tobias, Dipl. Ing.**
35644 Hohenahr (DE)
• **Schweighöfer, Michael, Dipl. Ing.**
35641 Schöffengrund (DE)
• **Hofmann, Jan, Dipl. Phys.**
35305 Grünberg (DE)

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

(54) **Vakuumpumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe (12), insbesondere einer Holweckstufe, welche ein Rotororgan (34) umfasst, das die pumpaktive Fläche (50) der molekularen Pumpstufe (12) bildet, und mit wenigstens einer stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordneten

Seitenkanalpumpstufe (18), welche mehrere Rotorelemente (48) umfasst, wobei die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe von dem Rotororgan (34) der molekularen Pumpstufe getragen sind. Die Seitenkanalpumpstufe (18) kann ferner zwischen einem Pumpeneinlass (24) und der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) angeordnet sein.



EP 2 631 488 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe, insbesondere einer Holweckstufe, und mit wenigstens einer stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordneten Seitenkanalpumpstufe.

[0002] Vakuumpumpen, die eine zusätzliche Seitenkanalpumpstufe stromabwärts einer molekularen Pumpstufe aufweisen, sind prinzipiell bekannt. Die Seitenkanalpumpstufe dient dazu, das Pumpverhalten der Vakuumpumpe insbesondere in den Arbeitsbereichen der Vakuumpumpe zu verbessern, in denen besonderes hohe Vorvakuumdrücke, hohe Einlassdrücke oder hohe Gaslasten auftreten, und den Leistungsverbrauch der Vakuumpumpe in diesen Arbeitsbereichen zu verringern. Die Seitenkanalpumpstufe verwirklicht ein Pumpprinzip, welches für die Verwendung mit höheren Gasdrücken optimiert ist und insbesondere auch im laminaren Strömungsbereich einen energieeffizienten Pumpbetrieb ermöglicht, das heißt in dem oberhalb des molekularen Strömungsbereichs gelegenen Druckbereich. Durch die stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe werden deshalb der erreichbare Ausstoßdruck und die erreichbare Saugleistung der Vakuumpumpe erhöht und gleichzeitig der Leistungsverbrauch der Vakuumpumpe gering gehalten.

[0003] Es sind verschiedene konstruktive Lösungen zur Integration einer Seitenkanalpumpstufe und einer molekularen Pumpstufe in einer gemeinsamen Vakuumpumpe vorgeschlagen worden. Beispielsweise ist aus EP 1 668 255 A1 eine Vakuumpumpe bekannt, bei der eine Pumpstufe, die einer Seitenkanalpumpstufe ähnlich ist, einschließlich ihrer Rotorelemente und ihres Stators innerhalb einer Holweckhülse einer molekularen Pumpstufe angeordnet ist. Die Holweckhülse und die Rotorelemente der innen liegenden Pumpstufe sind dabei auf einer gemeinsamen Rotornabe angeordnet, wobei die Rotorelemente der innen liegenden Pumpstufe gegenüber der Holweckhülse radial nach innen versetzt angeordnet sind.

[0004] Aufgrund der radial innen liegenden Anordnung der Rotorelemente und des dementsprechend relativ kleinen Rotationsradius der innen liegenden Pumpstufe ist die erzielbare Pumpleistung der innenliegenden Pumpstufe bei dieser Ausgestaltung beschränkt, wodurch der erreichbare Ausstoßdruck und die Saugleistung der Pumpe verringert und deren Leistungsverbrauch erhöht werden. Ferner beanspruchen die innen liegenden Rotorelemente und der entsprechende, sich in das Innere der Holweckhülse hinein erstreckende Stator der innen liegenden Pumpstufe wertvollen Bauraum, der nicht für andere Pumpenkomponenten zur Verfügung steht, wodurch die Abmessungen der Pumpe vergrößert werden. Zusätzlich sind die Rotorelemente der innen liegenden Pumpstufe und der zugehörige Stator aufgrund ihrer Anordnung innerhalb der Holweckhülse mit der Holweckhülse und dem zugehörigen Holweck-

stator verschachtelt und nur schwer von außen zugänglich, wodurch der für die Herstellung der Pumpe erforderliche Herstellungs- und Montageaufwand erhöht wird und beispielsweise die Realisierung einer Kühleinrichtung zur wirksamen Kühlung der entsprechenden Komponenten bei dem Betrieb der Vakuumpumpe erschwert wird.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vakuumpumpe zu schaffen, die einen erhöhten Ausstoßdruck und eine erhöhte Saugleistung aufweist, die unter beliebigen Betriebsbedingungen mit geringem Energieverbrauch betrieben werden kann und die sich gleichzeitig auf geringem Bauraum und mit geringem Herstellungs- und Montageaufwand realisieren lässt.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0007] Die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 bildet einen ersten Gegenstand der Erfindung und umfasst wenigstens eine molekulare Pumpstufe, insbesondere eine Holweckstufe, welche ein Rotororgan umfasst, das die pumpaktive Fläche der molekularen Pumpstufe bildet. Ferner umfasst die Vakuumpumpe wenigstens eine stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe, welche mehrere Rotorelemente umfasst. Die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe sind von dem Rotororgan der molekularen Pumpstufe getragen.

[0008] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass ein minimaler Platzbedarf bei optimaler Leistung der Seitenkanalpumpstufe erzielt wird, wenn das Rotororgan der molekularen Pumpstufe gleichzeitig als Träger für die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe eingesetzt wird. Die Rotorelemente müssen folglich nicht in einem radialen Abstand zum Rotororgan der molekularen Pumpstufe angeordnet werden, so dass der innerhalb des Rotororgans der molekularen Pumpstufe vorhandene Bauraum für andere Komponenten der Vakuumpumpe, beispielsweise für einen Antrieb der Vakuumpumpe, zur Verfügung steht. Ferner befinden sich die Rotorelemente in einem relativ großen radialen Abstand von der Rotationsachse der Vakuumpumpe, welcher näherungsweise dem Radius des Rotororgans entsprechen kann, so dass eine Seitenkanalpumpstufe mit einem großen Rotationsradius und einer entsprechend hohen Pumpleistung geschaffen wird. Somit wird auch bei hohen Ausstoß- bzw. Vorvakuumdrücken und hohen Einlassdrücken und Gaslasten ein leistungsstarker und energiesparsamer Betrieb der Pumpe gewährleistet.

[0009] Die Zugänglichkeit der Rotorelemente ist aufgrund ihrer Anordnung an dem Rotororgan verbessert, wodurch die Komplexität des Pumpenaufbaus verringert und z.B. auch die Einrichtung einer Kühlvorrichtung für die Seitenkanalpumpstufe erleichtert wird.

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

[0011] Die Vakuumpumpe kann einen wie nachstehend beschriebenen Träger des Rotororgans bzw. ein Trägerteil des Rotororgans umfassen, an dem die Rotorelemente angeordnet und von dem die Rotorelemente getragen sind. Der Träger bzw. das Trägerteil kann auch als Teil der Seitenkanalpumpstufe anstelle des Rotororgans angesehen werden. Der Träger bzw. das Trägerteil ist gemäß einer Ausführungsform nicht an einem axialen Ende eines Holweckrotors angeordnet, mit welchem der Träger bzw. das Trägerteil verbunden ist. Der Holweckrotor kann das Rotororgan umfassen und kann zusätzlich eine das Rotororgan tragende Nabe der Vakuumpumpe umfassen. Anstatt an einem axialen Ende des Holweckrotors kann der Träger bzw. das Trägerteil an einem von einem bzw. jedem axialen Ende des Holweckrotors beabstandeten Bereich des Holweckrotors angeordnet sein.

[0012] Vorzugsweise sind die Rotorelemente außerhalb eines von dem beispielsweise als Holweckhülse ausgebildeten Rotororgan umhüllten Bereichs angeordnet. Dadurch lässt sich eine besonders gute Zugänglichkeit und eine besonders geringe Komplexität des Pumpenaufbaus bei gleichzeitig großem Rotationsradius der Seitenkanalpumpstufe erreichen. Die Rotorelemente können ganz oder teilweise außerhalb des Bereichs angeordnet sein, der von der pumpaktiven Fläche des Rotororgans oder von dem Rotororgan insgesamt umhüllt ist.

[0013] Das Rotororgan kann von einer Rotornabe getragen sein. Bei dieser Ausgestaltung sind also die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe von dem Rotororgan getragen, welches wiederum von der Rotornabe getragen ist. Die Rotornabe ist vorzugsweise flach und insbesondere scheibenförmig ausgebildet und erstreckt sich bezogen auf die Rotationsachse des Rotors bevorzugt im Wesentlichen in einer radialen Ebene. Das Rotororgan steht bevorzugt in axialer Richtung von der Rotornabe ab. Die Rotornabe ist ihrerseits vorzugsweise mit einer Rotorwelle verbunden. Die Rotornabe und das Rotororgan können prinzipiell als verschiedene, miteinander verbundene Teile ausgebildet sein oder einteilig miteinander verbunden sein.

[0014] Vorzugsweise sind die Rotorelemente an einem, insbesondere freien, Ende des Rotororgans angeordnet. Das insbesondere freie Ende des Rotororgans kann beispielsweise durch ein axiales Ende und vorzugsweise ein von der Rotornabe abgewandtes Ende des Rotororgans gebildet sein, beispielsweise ein von der Rotornabe abgewandtes axiales Ende des Rotororgans. Die Rotorelemente, welche vorzugsweise als Rotorschaukeln ausgebildet sind, können in axialer Richtung von dem Rotororgan abstehen bzw. in einer Richtung, die zumindest eine zu der Rotationsachse der Vakuumpumpe parallele Richtungskomponente aufweist und bevorzugt parallel zur der Rotationsachse der Vakuumpumpe, ist. Die Rotorelemente können auch eine um beispielsweise bis zu 45° gegenüber der Rotationsachse der Vakuumpumpe radial nach innen oder radial nach

außen geneigte Orientierung aufweisen und in dieser Richtung von dem Rotororgan abstehen. Der Stator der Seitenkanalpumpstufe kann im Bereich des freien Endes des Rotororgans bzw. einem gegenüberliegenden statischen Bereich der Vakuumpumpe angeordnet sein. Hieraus ergibt sich ein besonders günstiger Aufbau, da insbesondere keine Verschachtelung des Rotororgans mit dem Stator der Seitenkanalpumpstufe erforderlich ist, so dass insgesamt eine besonders einfach montierbare und kompakte Bauform der Vakuumpumpe erreicht wird.

[0015] Die Rotorelemente können sich in axialer Richtung über die pumpaktive Fläche des Rotororgans und bevorzugt über das Rotororgan insgesamt hinaus erstrecken. Dies erlaubt eine in baulicher Hinsicht besonders günstige Anordnung des Stators und der Statorkanäle der Seitenkanalpumpstufe in einem den Rotorelementen in axialer Richtung gegenüberliegenden statischen Bereich der Pumpe, ohne dass eine aufwändige Verschachtelung von Rotor- und Statorelementen der verschiedenen Pumpstufen notwendig ist. Ferner wird die Zugänglichkeit der Seitenkanalpumpstufe erhöht. Der Statorkanal bzw. Seitenkanal, in dem die Rotorelemente umlaufen, kann z.B. in axialer Richtung geöffnet ausgestaltet sein, z.B. um die Aufnahme von in axialer Richtung abstehenden Rotorelementen zu erlauben.

[0016] Die Rotorelemente, welche beispielsweise als Rotorschaukeln ausgebildet sind, sind vorzugsweise direkt an dem Rotororgan angeordnet und von diesem getragen. Das Rotororgan kann einen bevorzugt an einem, insbesondere freien, axialen Ende des Rotororgans angeordneten Träger umfassen, an dem die Rotorelemente angeordnet sind. Der Träger ist bevorzugt ringförmig ausgestaltet und umfasst vorzugsweise eine ringförmig um die Rotationsachse der Vakuumpumpe herum verlaufende Tragefläche, an der die Rotorelemente angeordnet sind. Die Tragefläche kann beispielsweise eben ausgebildet sein und in die axiale Richtung der Vakuumpumpe weisen oder sie kann im Wesentlichen kegelförmig ausgestaltet sein und eine Flächenormale aufweisen, die gegenüber der Rotationsachse der Vakuumpumpe z.B. um bis zu 45° radial nach innen oder radial nach außen geneigt ist.

[0017] Das freie Ende des Rotororgans kann ganz oder teilweise durch den Träger des Rotororgans gebildet sein. Die Tragefläche des Trägers kann beispielsweise durch eine axiale Stirnfläche des Rotororgans gebildet sein. Diese Ausgestaltung eignet sich beispielsweise für eine wie vorstehend beschriebene Ausgestaltung, bei der die Rotorelemente in axialer Richtung abstehen und den Rotorelementen z.B. in axialer Richtung gegenüberliegende Statorkanäle zugeordnet sind.

[0018] Der Träger für die Rotorelemente kann einen in radialer Richtung abstehenden Absatz oder Überstand des Rotororgans bilden. Insbesondere wenn eine radiale Außenfläche des Rotororgans die pumpaktive Fläche des Rotororgans bildet, wie es beispielsweise bei einer Holweckhülse als Rotororgan der Fall sein kann, kann der Träger einen in radialer Richtung nach innen abste-

henden Absatz oder Überstand bilden. Prinzipiell kann der Träger aber auch in radialer Richtung nach außen absteigen und einen solchen Absatz oder Überstand bilden. Das Rotororgan kann im Längsschnitt betrachtet im Wesentlichen L-förmig ausgestaltet sein, wobei der kurze Schenkel der L-Form durch den Absatz bzw. Überstand des Rotororgans gebildet sein kann. Durch einen solchen Absatz oder Überstand kann eine für das Tragen der Rotorelemente geeignete Form des Trägers geschaffen werden, ohne dass das Rotororgan über seine gesamte Länge verdickt ausgebildet werden muss, so dass der Raumbedarf des Rotororgans gering gehalten wird. Prinzipiell kann der Träger auch durch einen Bereich des Rotororgans gebildet sein, welcher mit einem angrenzenden Bereich des Rotororgans in axialer Richtung betrachtet fluchtet, das heißt ohne einen nennenswerten radialen Absatz oder Überstand zu bilden. In diesem Fall können die Rotorelemente direkt an der axialen Stirnfläche eines Rotororgans angeordnet sein, wobei das Rotororgan über seine gesamte Längserstreckung einen zumindest näherungsweise gleichbleibenden Innen- und/oder Außenquerschnitt aufweist.

[0019] Bevorzugt ist das Rotororgan im Wesentlichen als Hülse ausgebildet und bildet insbesondere eine Holweckhülse bzw. einen Holweckzylinder. Das Rotororgan kann dabei hülsenförmig um die Rotationsachse der Vakuumpumpe herum verlaufen und im Wesentlichen rotationssymmetrisch zu der Rotationsachse ausgebildet sein, wobei eine Längsachse der Hülse vorzugsweise mit der Rotationsachse der Vakuumpumpe im Wesentlichen zusammenfällt. Das hülsenförmige Rotororgan kann an einem seiner axialen Enden an einer wie vorstehend beschriebenen Rotornabe angeordnet bzw. von dieser getragen oder an dieser befestigt sein, während an dem anderen axialen Ende die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe angeordnet sind.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Rotororgan eine Basis, welche insbesondere im Wesentlichen als Hülse ausgebildet ist und welche vorzugsweise eine um die Rotationsachse ringförmig geschlossene und bevorzugt im Wesentlichen rotationssymmetrische Form aufweist. Die Basis erstreckt sich bevorzugt von einer das Rotororgan tragenden Rotornabe bis zu einem wie vorstehend beschriebenen Träger des Rotororgans, an dem die Rotorelemente angeordnet sind. Die pumpaktive Fläche der molekularen Pumpstufe ist vorzugsweise zumindest teilweise oder im Wesentlichen vollständig durch die Basis gebildet.

[0021] Der Träger des Rotororgans kann im Wesentlichen als Hülse ausgebildet sein, welche vorzugsweise eine um die Rotationsachse ringförmig geschlossene und bevorzugt im Wesentlichen rotationssymmetrische Form aufweist.

[0022] Vorzugsweise ist zumindest einer der Bestandteile Basis und Träger direkt mit der Rotornabe einteilig oder mehrteilig verbunden und von dieser getragen. Der jeweils andere Bestandteil kann von dem direkt mit der Rotornabe verbundenen Bestandteil getragen sein, ins-

besondere ohne selbst direkt mit der Rotornabe verbunden und von dieser getragen zu sein. Prinzipiell können auch beide Bestandteile, d.h. sowohl die Basis als auch der Träger, direkt mit der Rotornabe einteilig oder mehrteilig verbunden und von dieser getragen sein. Die Basis und der Träger sind bevorzugt unabhängig von der Rotornabe einteilig oder mehrteilig miteinander verbunden. Beispielsweise können die Basis und der Träger in radialer Richtung überlappend aneinander anliegen und in dem Überlappungsbereich miteinander verbunden sein. Ebenso können Basis und Träger in radialer Richtung voneinander beabstandet und unabhängig von der Rotornabe miteinander verbunden oder aneinander gehalten sein.

[0023] Das Rotororgan kann prinzipiell mehrteilig ausgebildet sein, wobei z.B. eine wie vorstehend beschriebene Basis, die von einer Rotornabe getragen ist, und ein wie vorstehend beschriebener Träger, an dem die Rotorelemente angeordnet sind, jeweils ein Teil des Rotororgans bilden, d.h. das Rotororgan kann insbesondere ein die Basis bildendes Basisteil bzw. Bauteil und ein den Träger bildendes Trägerteil bzw. Bauteil umfassen, die vorzugsweise miteinander verbunden sind, wobei das Trägerteil von dem Basisteil getragen sein kann. Entsprechend der bevorzugt hülsenförmigen Ausgestaltung der Basis und des Trägers kann das Basisteil durch eine Basishülse und das Trägerteil durch eine Trägerhülse gebildet sein. Prinzipiell kann das Rotororgan aber auch einteilig ausgebildet sein oder zumindest eine Basis und einen Träger umfassen, die einteilig miteinander ausgebildet sind.

[0024] Die Verbindung zwischen dem Basisteil und dem Trägerteil kann beispielsweise eine Klemmverbindung umfassen, die insbesondere durch einen Schrumpfvorgang hergestellt sein kann. Ebenso kann eine Schraubverbindung und/oder eine Klebeverbindung zwischen dem Basisteil und dem Trägerteil vorgesehen sein. Das Basisteil und das Trägerteil können in dem Bereich ihrer Verbindung in radialer Richtung miteinander überlappen. Beispielsweise kann das Trägerteil einen hülsenförmigen Verbindungsabschnitt aufweisen, dessen Außendurchmesser zumindest näherungsweise dem Innendurchmesser des bevorzugt hülsenförmigen Basisteils entspricht, wobei die Außenfläche des Verbindungsabschnitts des Trägerteils und die Innenfläche des Basisteils flächig aneinander anliegen. Die Rotorelemente können dabei an einem sich an den Verbindungsabschnitt des Trägerteils, vorzugsweise in axialer Richtung, anschließenden Trägerabschnitt des Trägerteils angeordnet sein, wobei der Trägerabschnitt gegenüber dem Verbindungsabschnitt radial nach innen oder außen vorspringen kann.

[0025] Ein oder mehrere Rotorelemente können als separate Teile ausgebildet sein und mehrteilig mit einem Träger und insbesondere mit einem wie vorstehend beschriebenen Trägerteil verbunden sein.

[0026] Das Basisteil und das Trägerteil des Rotororgans können prinzipiell aus unterschiedlichen oder iden-

tischen Materialien gebildet sein. Beispielsweise kann das Basisteil ein kohlenstoffhaltiges oder ein metallisches Material aufweisen oder daraus bestehen, beispielsweise ein kohlenstofffaserverstärktes Verbund-(CFK-)Material. Das Trägerteil kann ebenfalls ein kohlenstoffhaltiges Material umfassen oder daraus bestehen, beispielsweise ein kohlenstofffaserverstärktes Verbund-(CFK-)Material und/oder ein metallisches Material wie z.B. Aluminium. Beispielsweise kann es sich bei dem Trägerteil um ein ringförmiges Bauteil handeln, welches metallisch ausgeführt ist und mit einer Armierung aus faserverstärktem Material versehen ist. Beispielsweise kann es sich bei dem Trägerteil um eine CF-Karmierte Metallhülse handeln.

[0027] Prinzipiell kann das Rotororgan auch einteilig ausgebildet sein und ein kohlenstofffaserverstärktes Verbund-(CFK-)Material oder ein metallisches Material umfassen oder daraus bestehen. Das Rotororgan bzw. ein Basisteil des Rotororgans und eine das Rotororgan tragende Rotornabe können ebenfalls als miteinander verbundene Teile oder einteilig miteinander ausgestaltet sein. Bevorzugt ist es, wenn das Basisteil des Rotororgans als unabhängiges Teil ausgebildet ist und vorzugsweise als zylindermantelförmige Hülse, die beispielsweise aus CFK-Material besteht.

[0028] Das Rotororgan, die Basis und/oder der Träger bzw. das Basisteil und/oder das Trägerteil sind wie vorstehend beschrieben jeweils vorzugsweise im Wesentlichen hülsenförmig bzw. als Hülse ausgebildet. Die jeweilige Komponente ist dabei vorzugsweise zumindest in einem Längenabschnitt im Wesentlichen zylindermantelförmig ausgebildet, wobei die Längsachse des Zylindermantels vorzugsweise mit der Rotationsachse der Pumpe im Wesentlichen zusammenfällt.

[0029] Bevorzugt weist das Rotororgan zumindest einen Längenabschnitt auf, in dem das Rotororgan durch eine im Wesentlichen zylindermantelförmige radiale Innenfläche und/oder eine im Wesentlichen zylindermantelförmige radiale Außenfläche begrenzt ist, wobei der durch die Innen- bzw. Außenfläche jeweils definierte Zylinder vorzugsweise im Wesentlichen gerade ausgebildet und zumindest näherungsweise parallel zur Rotationsachse der Pumpe orientiert ist.

[0030] Beispielsweise kann das Rotororgan einen wie vorstehend beschriebenen Längenabschnitt mit einer zumindest näherungsweise zylindermantelförmigen radialen Außenfläche aufweisen, welcher sich z.B. über zumindest 50 % oder 75 % und vorzugsweise zumindest annähernd die gesamte axiale Länge des Rotororgans erstreckt.

[0031] Beispielsweise kann die zylindermantelförmige radiale Außenfläche des Rotororgans durch die radiale Außenfläche einer Basis oder eines Basisteils des Rotororgans gebildet sein, wobei das Basisteil z.B. als rotierende Holweckhülse ausgebildet ist und über einen Teil seiner axialen Länge und vorzugsweise zumindest annähernd seine gesamte axiale Länge die Form eines in axialer Richtung orientierten geraden Zylindermantels

mit bevorzugt im Wesentlichen konstanter Wandstärke aufweist. Die radiale Außenfläche des Rotororgans kann dabei zumindest einen Teil der pumpaktiven Fläche der molekularen Pumpstufe bilden. Die pumpaktive Fläche ist dabei vorzugsweise als glatte Fläche ausgebildet und kann z.B. der radialen Innenseite einer Statorhülse gegenüberstehen, an der ein Holweckgewinde angeordnet sein kann. Prinzipiell kann aber auch die pumpaktive Fläche der Holweckhülse ein Holweckgewinde aufweisen, wobei dann vorzugsweise die gegenüberliegende Fläche der Statorhülse glatt ausgebildet ist. Das Rotororgan kann über im Wesentlichen seine gesamte Länge einen gleichbleibenden, vorzugsweise rotationssymmetrischen Außenquerschnitt aufweisen.

[0032] Auch die radiale Innenfläche des Rotororgans kann zumindest in einem Längenabschnitt des Rotororgans die Form eines in Rotationsachsenrichtung orientierten geraden Zylindermantels aufweisen, wobei in diesem Längenabschnitt die radiale Innenfläche und die radiale Außenfläche des Rotororgans vorzugsweise einen Zylindermantel mit im Wesentlichen konstanter Wandstärke bilden. Die radiale Innenfläche kann dabei in diesem Längenabschnitt durch die radiale Innenfläche einer wie vorstehend beschriebenen Basis bzw. eines Basisteils des Rotororgans gebildet sein. Dieser Längenabschnitt kann beispielsweise zumindest 40 % oder 75 % und insbesondere zumindest annähernd die gesamte axiale Länge des Rotororgans abdecken.

[0033] Durch die vorstehend beschriebene Ausgestaltung kann die radiale Ausdehnung des Rotororgans so gering wie nötig gehalten werden, so dass eine kompakte Bauform der Vakuumpumpe erreicht wird. Der durch die radiale Innenfläche definierte, bevorzugt zylinderförmige Freiraum im Inneren des Rotororgans eignet sich beispielsweise zur Unterbringung eines Antriebs der Vakuumpumpe.

[0034] Das Rotororgan kann auch einen ersten und einen zweiten Längenabschnitt aufweisen, in denen die radiale Innenfläche des Rotororgans jeweils die Form eines in Rotationsachsenrichtung orientierten geraden Zylindermantels aufweist und die zusammen genommen vorzugsweise zumindest 40 % oder 75 % und insbesondere zumindest annähernd die gesamte axiale Länge des Rotororgans abdecken. Die radiale Innenfläche kann beispielsweise in dem ersten Längenabschnitt des Rotororgans durch eine Basis bzw. ein Basisteil des Rotororgans gebildet sein, während sie in dem zweiten Längenabschnitt durch die radiale Innenfläche eines Trägers bzw. Trägerteils des Rotororgans gebildet ist.

[0035] Der Durchmesser des durch die radiale Innenfläche jeweils definierten Zylindermantels kann dabei für den ersten und zweiten Längenabschnitt verschieden sein. Dementsprechend kann auch die Wandstärke eines durch die radiale Innenfläche und die radiale Außenfläche des Rotororgans in dem ersten und zweiten Längenabschnitt jeweils definierten Zylindermantels verschieden sein. Der Träger bzw. das Trägerteil kann dabei einen geringeren Innendurchmesser des Rotororgans in

dem zweiten Längenabschnitt definieren als die Basis bzw. das Basisteil des Rotororgans in dem ersten Längenabschnitt. Der Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Längenabschnitt des Rotororgans kann dabei einen wie vorstehend beschriebenen, durch den Träger bzw. das Trägerteil gebildeten radialen Vorsprung oder Überstand des Rotororgans umfassen.

[0036] In dem zweiten Längenabschnitt, in dem die radiale Innenfläche des Rotororgans bevorzugt durch den Träger bzw. das Trägerteil gebildet ist, ist der Träger bzw. das Trägerteil vorzugsweise innerhalb der Basis bzw. des Basisteils angeordnet, so dass sich der Träger bzw. das Trägerteil und die Basis bzw. das Basisteil in radialer Richtung überlappen. Beispielsweise kann das Trägerteil durch eine Trägerhülse mit einem wie vorstehend beschriebenen hülsenförmigen Verbindungsabschnitt gebildet sein, der an einem axialen Ende des Basisteils in das Basisteil eingeschoben und vorzugsweise mit dem Basisteil verbunden ist.

[0037] Wie vorstehend beschrieben, ist die molekulare Pumpstufe vorzugsweise als Holweckstufe ausgebildet, wobei das Rotororgan eine Holweckhülse bildet und der Holweckhülse bevorzugt eine entsprechende Statorhülse zugeordnet ist. Die Holweckstufe umfasst ein Holweckgewinde mit zumindest einer und vorzugsweise mehreren spiral- bzw. schraubenförmigen in Rotationsachsenrichtung verlaufenden und in Radialrichtung offenen Nuten und eine dem Holweckgewinde gegenüberliegend angeordnete, sich gegenüber dem Holweckgewinde bewegend und mit dem Holweckgewinde einen engen Spalt definierende im Wesentlichen glatte Fläche. Die Nuten bilden jeweils einen Strömungskanal der Holweckstufe. Das Holweckgewinde kann prinzipiell entweder an dem Rotororgan der Holweckstufe oder an einem Stator bzw. einer Statorhülse der Holweckstufe angeordnet sein. Bevorzugt ist es, wenn das Holweckgewinde an der Statorhülse angeordnet ist und das Rotororgan eine im Wesentlichen glatte, gegenüber der Statorhülse rotierende pumpaktive Fläche bildet, insbesondere in Form einer zylindermantelförmigen radialen Außenfläche des Rotororgans.

[0038] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die molekulare Pumpstufe einen stromaufwärtigen ersten Abschnitt und einen stromabwärtigen, zur Seitenkanalpumpstufe führenden zweiten Abschnitt, wobei in dem zweiten Abschnitt eine geringere Anzahl von Strömungskanälen ausgebildet ist als in dem ersten Abschnitt. Die Strömungskanäle des zweiten Abschnitts können dabei ein oder mehrere Zufuhrkanäle bilden, die in die Seitenkanalpumpstufe führen. Der erste und der zweite Abschnitt folgen vorzugsweise in axialer Richtung aufeinander. Die Anzahl der Zufuhrkanäle kann beispielsweise der Anzahl der Gaseinlässe der Seitenkanalpumpstufe entsprechen. Die Zufuhrkanäle dienen der Bündelung des durch den ersten Abschnitt der molekularen Pumpstufe geförderten Gases, wobei zwischen dem ersten und dem zweiten Abschnitt ein vorzugsweise in Umfangsrichtung um die Rotationsachse umlaufender

Sammelkanal ausgebildet sein kann, der die Strömungskanäle des ersten Abschnitts miteinander verbindet. Die Strömungskanäle des ersten und/oder zweiten Abschnitts sind vorzugsweise Teil eines Holweckgewindes einer Holweckstufe und sind vorzugsweise an dem statischen Teil der molekularen Pumpstufe angeordnet wie z.B. an einer Statorhülse der Holweckstufe.

[0039] Die Vakuumpumpe kann mehrere in Strömungsrichtung hintereinander geschaltete Holweckstufen umfassen, die von dem Gas vorzugsweise der Reihe nach durchströmt werden. Die Holweckstufen können dabei in radialer Richtung ineinander angeordnet und miteinander verschachtelt sein, wodurch eine optimale Raumausnutzung gewährleistet wird. Das Gas kann über die mehreren Holweckstufen von radial innen nach radial außen oder von radial außen nach radial innen strömen. Das Rotororgan, an dem die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe getragen sind, bildet dabei vorzugsweise eine Holweckstufe, die stromabwärts einer oder mehrerer weiterer Holweckstufen angeordnet ist. Den weiteren Holweckstufen kann ein weiteres Rotororgan zugeordnet sein, welches bevorzugt als im Wesentlichen zylindermantelförmige Holweckhülse ausgebildet ist. Dabei kann sowohl die radiale Außenfläche als auch die radiale Innenfläche des weiteren Rotororgans eine pumpaktive Fläche jeweils einer Holweckstufe bilden. Bei dem die Rotorelemente tragenden Rotororgan kann demgegenüber insbesondere nur die radiale Außenfläche eine pumpaktive Fläche der Holweckstufe bilden.

[0040] Die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe können in an sich bekannter Weise als Schaufeln bzw. Rotorschaukeln ausgebildet sein, die vorzugsweise in einer senkrecht zu der Rotationsachse verlaufenden Ebene entlang eines um die Rotationsachse umlaufenden kreisförmigen Rings angeordnet sind, wobei die Schaufelflächen der Rotorelemente vorzugsweise zumindest teilweise in Umlaufrichtung weisen. Die Schaufelflächen können dabei eine in axialer Richtung und/oder in radialer Richtung leicht entgegen der Umlaufrichtung nach hinten geneigte Form besitzen. Die Schaufeln können Teil eines Kranzes von Schaufeln nach dem Seitenkanalprinzip sein, welchen die Seitenkanalpumpstufe umfasst. Ferner umfasst die Seitenkanalpumpstufe vorzugsweise zumindest einen Statorkanal bzw. Seitenkanal, in dem die Rotorelemente umlaufen und der entsprechend der ringförmigen Anordnung der Rotorelemente bevorzugt ringförmig um die Rotationsachse ausgebildet ist. Der Seitenkanal weist vorzugsweise in an sich bekannter Weise über zumindest einen Teil seiner Länge einen gegenüber den Rotorelementen vergrößerten Querschnitt auf. Der Seitenkanal weist den vergrößerten Querschnitt bevorzugt über annähernd seine gesamte Länge auf, wobei an einem dem Auslass des Seitenkanals zugeordneten Ende vorzugsweise ein Abstreifbereich mit einem Abstreifer vorgesehen ist, in dem sich der Kanal auf einen Querschnitt verengt, der im Wesentlichen dem Umriss der Rotorelemente entspricht, so dass die Rotorelemente den verengten Bereich gerade eben

passieren können und der Abstreifer das durch den Seitenkanal geförderte Gas abstreift und den Gasstrom in den Gasauslass der Seitenkanalpumpstufe einleitet. An dem anderen Ende des Abstreifers kann ein Gaseinlass der Seitenkanalpumpstufe angeordnet sein, der vorzugsweise mit einem wie vorstehend beschriebenen Zufuhrkanal der molekularen Pumpstufe in Verbindung steht. Der Seitenkanal kann auch aus mehreren Teilkanälen mit jeweils einem Einlass, einem Auslass und dazwischen einem Abstreifbereich bestehen, wobei vorzugsweise jedem Teilkanal ein mit dessen Einlass verbundener Zufuhrkanal der molekularen Pumpstufe zugeordnet ist.

[0041] Gemäß einer Ausführungsform ist neben der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe eine weitere, zweite Seitenkanalpumpstufe vorgesehen, deren Ausgestaltung der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe entsprechen kann. Die zweite Seitenkanalpumpstufe ist vorzugsweise unmittelbar stromabwärts der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe angeordnet, wobei die beiden Seitenkanalpumpstufen vorzugsweise in radialer Richtung ineinander geschachtelt angeordnet sind. Die Rotorelemente der zweiten Seitenkanalpumpstufe sind dabei vorzugsweise ebenfalls von dem Rotororgan der molekularen Pumpstufe und insbesondere einem die Rotorelemente der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe tragenden Träger des Rotororgans getragen. Die Rotorelemente der zweiten Seitenkanalpumpstufe können dabei mit den Rotorelementen der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe im Wesentlichen in einer gemeinsamen senkrecht zur Rotationsachse verlaufenden Ebene angeordnet sein. Die Rotorelemente der zweiten Seitenkanalpumpstufe können entlang eines um die Rotationsachse umlaufenden kreisförmigen Rings angeordnet sein, welcher konzentrisch zu der Rotationsachse und zu dem durch die Rotorelemente der vorstehend beschriebenen Seitenkanalpumpstufe gebildeten kreisförmigen Ring ist und welcher einen kleineren oder größeren Radius als dieser Ring aufweist. Der Auslass der einen Seitenkanalpumpstufe ist dabei durch einen Strömungskanal mit einem Einlass der anderen Seitenkanalpumpstufe verbunden.

[0042] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist eine im Bereich eines die Rotorelemente tragenden Trägers des Rotororgans angeordnete Wuchtebene vorgesehen. Die Wuchtebene kann mehrere über den Umfang des Trägers verteilt angeordnete Einrichtungen zur Anbringung von Wuchtmassen aufweisen. Eine solche Einrichtung kann beispielsweise eine Öffnung wie zum Beispiel eine Wuchtbohrung umfassen, beispielsweise eine Gewindebohrung und/oder eine Sackbohrung mit einem vorzugsweise metrischen Gewinde, welches beispielsweise vom Typ M2 oder M3 ausgebildet sein kann. Vorzugsweise sind die Öffnungen bzw. Wuchtbohrungen in einer Tragefläche des Trägers angeordnet, an dem die Rotorelemente angeordnet sind, und zwar vorzugsweise in den zwischen den Rotorelementen angeordneten Be-

reichen der Tragefläche. In eine oder mehrere Wuchtbohrungen kann jeweils ein Wuchtgewicht eingeschraubt sein, welches vorzugsweise in der Wuchtbohrung zumindest annähernd vollständig versenkt angeordnet ist und z.B. mit der Tragefläche des Trägers bündig abschließt. Eine etwaige, durch den Träger für die Rotorelemente hervorgerufene Unwucht des Rotororgans kann durch eine solche Wuchtebene beseitigt und die Laufeigenschaften der Pumpe verbessert werden.

[0043] Ein zweiter Gegenstand der Erfindung ist gebildet durch eine Vakuumpumpe mit einem Holweckpumpabschnitt, welcher einen Holweckrotor umfasst, und einer im Gasstrom folgenden Vordruckstufe, welche ein Rotorbauteil umfasst, wobei das Rotorbauteil mit dem Holweckrotor verbunden und an einem axialen Ende des Holweckrotors angeordnet ist.

[0044] Vorteilhaft ist die Ausgestaltung, nach der der Holweckrotor an einem zweiten axialen Ende mit einer Welle verbunden ist. Dies steigert den Kostenvorteil und reduziert das Bauvolumen der Vakuumpumpe, da der Antriebsmotor innerhalb des Innenraums von Holweckpumpabschnitt und/oder Vordruckstufe angeordnet werden kann.

[0045] Gemäß einer Ausführungsform besitzt die Vordruckstufe ein ringförmiges Bauteil bzw. Rotorbauteil, welches eine Pumpstruktur umfasst und mit einer Hülse des Holweckrotors verbunden ist.

[0046] Eine besonders einfache Ausführung sieht ein ringförmiges Bauteil der Vordruckstufe vor, welches an dem axialen Ende einer Hülse des Holweckrotors vorgesehen ist. Mit der Vordruckstufe wird der Ausstoßdruck der Pumpe in dem Bereich oberhalb 10 Hektopascal verbessert. Besonders wirkungsvoll und kostengünstig ist die Ausgestaltung der Vordruckstufe nach dem Seitenkanalprinzip. Die Vordruckstufe kann einen Kranz von Schaufeln nach dem Seitenkanalprinzip umfassen. Die Vordruckstufe kann mehrstufig ausgeführt sein.

[0047] Die Vordruckstufe kann ein ringförmiges Bauteil umfassen, welches einstückig mit einer Nabe des Holweckrotors ausgestaltet ist.

[0048] Das ringförmige Bauteil kann metallisch ausgeführt und mit einer Armierung aus faserverstärktem Material armiert sein.

[0049] Der Holweckpumpabschnitt kann mehrere Pumpstufen umfassen.

[0050] Zwischen dem Holweckpumpabschnitt und der Vordruckstufe kann eine dynamische Dichtung angeordnet sein. Der Holweckpumpabschnitt kann statorseitig einen Kanal umfassen, durch welchen Gas in die Vordruckstufe gelangt, und ein dem Kanal zugeordneter Teil des Stators kann einen Dichtungsstator der dynamischen Dichtung bilden.

[0051] Ein zusätzlicher Vorteil lässt sich erzielen, wenn ein Bauteil der Vordruckstufe mit einem Wuchtmittel, beispielsweise einer Wuchtbohrung, versehen ist. Die Lauf- ruhe steigt, so dass Spaltmaße verringert werden können. Dies wiederum erhöht die Leistungsfähigkeit der Pumpstufen, so dass die kostenbezogene Leistungs- fä-

higkeit steigt.

[0052] Ein zusätzlicher Zwischeneinlass, durch welchen Gas in die Vordruckstufe hinein angesaugt werden kann, ermöglicht beispielsweise die Vereinfachung von Pumpsystemen mit mehreren Vakuumpumpen. An diesen Zwischeneinlass kann eine weitere Molekularpumpe angeschlossen werden, mit der beispielsweise eine zweite Kammer evakuiert wird. Die Vordruckstufe wirkt dann als Pumpstufe für die Vakuumpumpe und die Molekularpumpe.

[0053] Die Erfindung umfasst auch alle technisch realisierbaren Ausführungsformen einer Pumpe, die sich ausgehend von einer wie hierin beschriebenen Pumpe gemäß dem ersten Gegenstand der Erfindung durch eine zusätzliche Verwirklichung beliebiger Merkmale bzw. Merkmalskombinationen einer Pumpe gemäß dem zweiten Gegenstand der Erfindung ergeben und umgekehrt.

[0054] Ein dritter Gegenstand der Erfindung ist eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

[0055] Die Vakuumpumpe umfasst eine molekulare Pumpstufe, insbesondere eine Holweckstufe, und wenigstens eine stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe, die mehrere Rotorelemente umfasst, wobei die Seitenkanalpumpstufe zwischen einem Pumpeneinlass und der molekularen Pumpstufe angeordnet ist.

[0056] Die Reihenfolge, in der die Seitenkanalpumpstufe und die molekulare Pumpstufe ausgehend von dem Pumpeneinlass in axialer Richtung aufeinander folgen, ist folglich gegenüber der Reihenfolge, in der die Pumpstufen von dem Gas durchströmt werden, vertauscht, da die Seitenkanalpumpstufe in Gasströmungsrichtung stromabwärts und in geometrischer Hinsicht einlassseitig von der molekularen Pumpstufe angeordnet ist. Im Rahmen der einlassseitigen Anordnung der Seitenkanalpumpstufe lassen sich deren Rotorelemente außerhalb eines Rotororgans der molekularen Pumpstufe, beispielsweise einer Holweckhülse bzw. eines Holweckzylinders, anordnen und der Durchmesser der Seitenkanalpumpstufe kann dementsprechend relativ groß und insbesondere zumindest annähernd ebenso groß oder sogar größer gewählt werden als der Durchmesser des Rotororgans der molekularen Pumpstufe. Auf diese Weise wird eine besonders leistungsstarke Vakuumpumpe geschaffen.

[0057] Außerdem wird aufgrund der einlassseitigen Anordnung der Seitenkanalpumpstufe kein zusätzlicher Raumbedarf an der von dem Einlass abgewandten Seite der molekularen Pumpstufe geschaffen. Dies hat den Vorteil, dass die Zugänglichkeit der molekularen Pumpstufe in diesem, von dem Einlass abgewandten Bereich nicht von der Seitenkanalpumpstufe eingeschränkt wird, so dass es beispielsweise ohne Weiteres möglich ist, die Statorelemente der molekularen Pumpstufe, insbesondere eine oder mehrere Statorhülsen einer Holweckstufe, an einer dem Einlass abgewandten Rückwand des Gehäuses der Vakuumpumpe zu montieren. Dadurch wird eine besonders einfache Bauform erreicht, die zu

einer besonders geringen axialen Länge der Vakuumpumpe führt. Ein übermäßiger zusätzlicher axialer Raumbedarf für die Seitenkanalpumpstufe wird dabei ebenso vermieden wie eine komplizierte Verschachtelung von Rotor- und/oder Statorelementen der molekularen Pumpstufe und der Seitenkanalpumpstufe. Zudem lassen sich in dem frei zugänglichen Inneren der molekularen Pumpstufe weitere Bestandteile der Pumpe wie z.B. ein Antrieb anordnen, ohne die Komplexität des Pumpenaufbaus zu erhöhen.

[0058] Gemäß einer Ausführungsform führt ein Gasströmungsweg von dem Pumpeneinlass an der pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe vorbei in die molekulare Pumpstufe. Ein solcher Umgehungsweg kann beispielsweise an der pumpaktiven Struktur radial innen und/oder radial außen vorbei in die molekulare Pumpstufe führen. Die pumpaktive Struktur der Seitenkanalpumpstufe, an der das Gas vorbei geführt wird, kann prinzipiell eine Ausgestaltung besitzen, wie sie vorstehend in Bezug auf die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 beschrieben ist, und kann insbesondere als Rotorschaukeln ausgebildete Rotorelemente und zumindest einen statorseitigen Seitenkanal aufweisen.

[0059] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform führt der zur Umgehung der Seitenkanalpumpstufe vorgesehene Gasströmungsweg durch eine oder mehrere Öffnungen einer die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe tragenden, insbesondere scheibenförmigen, Rotornabe hindurch. Die Öffnungen können dabei durch in Axialrichtung durch die Rotornabe hindurch verlaufende Durchbrechungen der Rotornabe gebildet sein. Die Rotornabe der Seitenkanalpumpstufe bildet bei dieser Ausgestaltung einen Gaseinlass in die molekulare Pumpstufe.

[0060] Ein wie vorstehend beschriebener, durch die Rotornabe der Seitenkanalpumpstufe hindurch verlaufender Gasströmungsweg kann zweckmäßigerweise radial innen an der pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe vorbei führen. Ebenso ist es möglich, dass ein Gasströmungsweg radial außen an der Seitenkanalpumpstufe vorbei in die molekulare Pumpstufe führt. Ein solcher Gasströmungsweg kann beispielsweise einen in dem Stator bzw. Gehäuse der Vakuumpumpe angeordneten, an der pumpaktiven Struktur vorbei führenden Kanal umfassen.

[0061] Die molekulare Pumpstufe bewirkt vorzugsweise eine Umkehr der Gasströmungsrichtung, so dass die Gasströmung nach Durchlaufen der molekularen Pumpstufe ohne aufwendige Umleitung in die einlassseitig der molekularen Pumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe gelangen kann. Eine solche Richtungsumkehr kann in einfacher Weise dadurch bewerkstelligt werden, dass die molekulare Pumpstufe mehrere Holweckstufen umfasst, wobei eine identische Anzahl von in axialer Richtung von dem Gaseinlass weg und in axialer Richtung zu dem Gaseinlass hin pumpenden Holweckstufen vorgesehen ist.

[0062] Gemäß einer Ausführungsform verläuft ein aus

der molekularen Pumpstufe in die Seitenkanalpumpstufe führender Gasströmungsweg durch eine oder mehrere Öffnungen einer ein Rotororgan der molekularen Pumpstufe tragenden, insbesondere scheibenförmigen, Rotornabe hindurch. Dadurch kann das Gas nach einer etwaigen, durch die molekulare Pumpstufe bewirkten Richtungsumkehr durch die Rotornabe hindurch in die einlassseitig angeordnete Seitenkanalpumpstufe gelangen, so dass die das Rotororgan tragende Rotornabe einen Gaseinlass für die Seitenkanalpumpstufe bildet. Prinzipiell kann die Gasströmung aber auch seitlich an der Rotornabe vorbei in die einlassseitige Seitenkanalpumpstufe gelangen. Bei einer Ausführungsform, die nachstehend erläutert ist, befinden sich die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe mit dem Rotororgan der molekularen Pumpstufe auf derselben Nabe, in welchem Fall die Gasströmung aus der molekularen Pumpstufe direkt und ohne vollständige Durchquerung bzw. Umgehung der Rotornabe aus der molekularen Pumpstufe in die Seitenkanalpumpstufe gelangen kann.

[0063] Wie vorstehend anhand konkreter Beispiele beschrieben, kann bei der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe eine die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe und/oder ein Rotororgan der molekularen Pumpstufe tragende Rotornabe als Gaseinlass ausgebildet sein, welcher entweder in die molekulare Pumpstufe führt oder von der molekularen Pumpstufe in die Seitenkanalpumpstufe führt. Die jeweilige Rotornabe kann dazu vorzugsweise eine oder mehrere Durchbrechungen aufweisen, die sich in axialer Richtung durch die Rotornabe hindurch erstrecken und Strömungskanäle für das Gas bilden. Die jeweilige Rotornabe kann prinzipiell durch eine wie vorstehend in Bezug auf die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 beschriebene, vorzugsweise scheibenförmige und in radialer Richtung orientierte Rotornabe gebildet sein.

[0064] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe im Bereich einer radialen Außenseite einer, bevorzugt scheibenförmigen, Rotornabe angeordnet. Die Rotorelemente können dabei von einem Rand der Rotornabe absteigen. Bevorzugt stehen die Rotorelemente in radialer Richtung von dem Rand ab bzw. in einer Richtung, die zumindest eine radiale Komponente aufweist und vorzugsweise zumindest näherungsweise parallel zu der Radialrichtung ist. Dadurch lassen sich ein besonders großer radialer Abstand der Rotorelemente von der Rotationsachse und somit ein großer Rotationsradius und eine entsprechend hohe Leistung der Seitenkanalpumpstufe erreichen. Außerdem können bei dieser Ausgestaltung die statorseitigen Seitenkanäle als in radialer Richtung geöffnete Kanäle ausgebildet werden und/oder im Bereich einer radialen Außenwand der Vakuumpumpe angeordnet werden, wodurch eine äußerst kompakte und insbesondere ohne aufwändige Verschachtelungen von Rotor- und Statorelementen auskommende Bauform der Vakuumpumpe ermöglicht wird.

[0065] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform

sind das Rotororgan der molekularen Pumpstufe und die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe von einer gemeinsamen, bevorzugt scheibenförmigen, Rotornabe getragen. Die Rotorelemente können dabei von einem Rand der Rotornabe absteigen, während sich eine oder mehrere Rotororgane der molekularen Pumpstufe ausgehend von einer Flachseite der Rotornabe vorzugsweise in axialer Richtung erstrecken. Dadurch wird eine besonders kompakte Bauform erreicht, da auf separate Rotornaben für die Seitenkanalpumpstufe und die molekulare Pumpstufe verzichtet werden kann. Außerdem kann das Gas direkt von der molekularen Pumpstufe in die Seitenkanalpumpstufe gelangen, ohne dabei die Rotornabe zu durchqueren oder vollständig zu umgehen, wodurch die Komplexität des Pumpenaufbaus verringert und die Pumpeffizienz erhöht wird, da eine hohe Dichtigkeit des Gasströmungswegs insgesamt gewährleistet wird.

[0066] Bei der molekularen Pumpstufe handelt es sich vorzugsweise um eine Holweckstufe, die prinzipiell wie vorstehend in Bezug auf die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 beschrieben ausgebildet sein kann. Die Holweckstufe umfasst vorzugsweise zumindest ein Rotororgan, welches eine pumpaktive Fläche der Holweckstufe bildet und vorzugsweise als Holweckhülse ausgebildet ist, und eine mit den Rotororganen korrespondierende Statorhülse. Die Vakuumpumpe kann auch, wie vorstehend in Bezug auf die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 beschrieben, mehrere in Gasströmungsrichtung hintereinander geschaltete und vorzugsweise in radialer Richtung ineinander angeordnete und miteinander verschachtelte molekulare Pumpstufen bzw. Holweckstufen aufweisen, über die ein Gasströmungsweg z.B. von radial innen nach radial außen oder von radial außen nach radial innen führt.

[0067] Wenn der Gasströmungsweg über die molekularen Pumpstufen von radial innen nach radial außen führt, umfasst ein Gaseinlass für die molekularen Pumpstufen bevorzugt eine oder mehrere Durchbrechungen einer Rotornabe, an der ein oder mehrere Rotororgane der molekularen Pumpstufen angeordnet sind. Auf diese Weise lässt sich das Gas den molekularen Pumpstufen an einer radial innen gelegenen Position zuführen. Wenn der Gasströmungsweg über die molekularen Pumpstufen von radial außen nach radial innen führt, kann das Gas der molekularen Pumpstufe demgegenüber über einen die Seitenkanalpumpstufe radial außen umgehenden Gasströmungsweg zugeführt werden. Der Gaseinlass in die Seitenkanalpumpstufe kann dann eine oder mehrere Durchbrechungen einer die ein oder mehreren Rotororgane der molekularen Pumpstufe tragenden Rotornabe umfassen, um das Gas von dem radial innen liegenden Ende der molekularen Pumpstufe der Seitenkanalpumpstufe zuzuführen.

[0068] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist wenigstens eine stromaufwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete weitere Pumpstufe vorgesehen. Dabei kann es sich insbesondere um eine turbomolekulare

Pumpstufe handeln. Die Seitenkanalpumpstufe ist dabei bevorzugt zwischen der weiteren Pumpstufe und der molekularen Pumpstufe angeordnet. Die weitere Pumpstufe, die Seitenkanalpumpstufe und die molekulare Pumpstufe können dementsprechend ausgehend von dem Pumpeneinlass entlang der axialen Richtung der Vakuumpumpe in dieser Reihenfolge hintereinander angeordnet sein und aufeinander folgen. Der Gasströmungsweg der Vakuumpumpe führt vorzugsweise von dem Pumpeneinlass in die weitere z.B. turbomolekulare Pumpstufe und von dort an der Seitenkanalpumpstufe vorbei in die molekulare Pumpstufe und von dort in die Seitenkanalpumpstufe.

[0069] Die molekulare Pumpstufe und die weitere Pumpstufe können auf unterschiedlichen Seiten einer ein Rotororgan der molekularen Pumpstufe tragenden Rotornabe angeordnet sein.

[0070] Eine wie vorstehend beschriebene weitere und insbesondere turbomolekulare Pumpstufe kann auch bei einer wie vorstehend in Bezug auf Anspruch 1 beschriebenen Vakuumpumpe vorgesehen sein. Eine turbomolekulare Pumpstufe kann generell in an sich bekannter Weise eine oder mehrere in einer radialen Ebene verlaufende und in Axialrichtung hintereinander angeordnete, miteinander verschachtelte Rotor- und Statorscheiben mit schräg zur Axialrichtung verlaufenden Gaskanälen aufweisen. Ein stromaufwärtiges Ende der weiteren Pumpstufe kann dabei direkt im Bereich eines Pumpeneinlasses angeordnet sein, dessen Durchmesser beispielsweise zumindest näherungsweise dem Durchmesser einer Rotorscheibe der turbomolekularen Pumpstufe entsprechen kann.

[0071] Der Pumpeneinlass ist prinzipiell bevorzugt von einem Flansch umgeben, welcher ringförmig um die Rotationsachse der Vakuumpumpe herum verlaufen kann. Eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe weist ferner bevorzugt einen Pumpenauslass auf, der beispielsweise von einem Kleinflansch umgeben sein kann. Der Pumpenauslass ist vorzugsweise mit einem Gasauslass der Seitenkanalpumpstufe verbunden und in Rotationsachsenrichtung betrachtet vorzugsweise zumindest näherungsweise auf der Höhe der Seitenkanalpumpstufe angeordnet.

[0072] Zusätzlich zu dem stromaufwärts der Pumpstufe angeordneten Pumpeneinlass und dem stromabwärts der Pumpstufen angeordneten Pumpenauslass kann eine erfindungsgemäße Pumpe eine oder mehrere Anzapfungen bzw. Zwischeneinlässe umfassen, die an einer Stelle entlang des von einem Pumpeneinlass zu einem Pumpenauslass führenden Gasströmungsweges zwischen dem Pumpeneinlass und dem Pumpenauslass angeordnet sein können und eine Einmündung in den Gasströmungsweg an der jeweilige Stelle bilden können. Beispielsweise kann eine stromabwärts der turbomolekularen Pumpstufe und stromaufwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete Anzapfung bzw. ein Zwischeneinlass vorgesehen sein oder eine stromabwärts der molekularen Pumpstufe und stromaufwärts der Seitenka-

nalpumpstufe angeordnete Anzapfung oder ein Zwischeneinlass, durch welchen Gas in die Seitenkanalpumpstufe angesaugt werden kann.

[0073] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt,

Fig. 2 eine abgewinkelte Darstellung einer inneren Statorhülse der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,

Fig. 3 eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt,

Fig. 4 die Trägerhülse mit den Rotorelementen der in Fig. 3 gezeigten Vakuumpumpe in perspektivischer Darstellung,

Fig. 5 das Rotororgan der in Fig. 3 gezeigten Vakuumpumpe einschließlich der in Fig. 4 gezeigten Trägerhülse und der Rotorelemente im Axialschnitt,

Fig. 6 eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt, und

Fig. 7 eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt.

[0074] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt. Der besseren Übersichtlichkeit halber sind Teile der Vakuumpumpe in Fig. 1 nicht dargestellt.

[0075] Die Vakuumpumpe umfasst eine turbomolekulare Pumpstufe 10, mehrere molekulare Pumpstufen 12, 14, 16 und eine Seitenkanalpumpstufe 18, die im Gasstrom bzw. in Strömungsrichtung des Gases aufeinander folgen.

[0076] Die Vakuumpumpe umfasst eine um eine Rotationsachse 20 drehend antreibbare Rotorwelle 22, an der nachstehend einzeln erläuterte rotierende Elemente der Pumpstufen 10 bis 16 angeordnet sind. Die rotierenden Elemente und die zugehörigen, in Fig. 1 nur zum Teil dargestellten Statorelemente der Pumpstufen 10 bis 16 sind im Wesentlichen rotationssymmetrisch zu der Rotationsachse 20 ausgebildet. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist in Fig. 1 jeweils nur der linke Bestandteil der entsprechenden Elemente dargestellt und der zu der Rotationsachse 20 spiegelsymmetrische Teil ist nicht dargestellt. Dasselbe gilt für den einen Pumpeneinlass 24 definierenden und in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellten Flansch 26, welcher den Einlassbereich um-

gibt und ebenfalls im Wesentlichen rotationssymmetrisch zur Rotationsachse 20 ausgebildet sein kann.

[0077] Die im Bereich des Pumpeneinlass 24 angeordnete turbomolekulare Pumpstufe 10 umfasst mehrere an der Rotorwelle 22 angeordnete Rotorscheiben 28, wobei in Fig. 1 lediglich eine Rotorscheibe 28 dargestellt ist, und mehrere mit den Rotorscheiben 28 korrespondierende und in Fig. 1 nicht dargestellte Statorscheiben. An der Welle 22 ist ferner eine scheibenförmige und sich in einer radialen Ebene erstreckende Rotornabe 30 angebracht, an der ein den molekularen Pumpstufen 12 und 14 zugeordnetes äußeres Rotororgan 32 und ein der molekularen Pumpstufe 16 zugeordnetes inneres Rotororgan 34 angeordnet sind, die von der Nabe 30 getragen werden. Die molekularen Pumpstufen 12, 14, 16 sind als Holweckstufen ausgebildet. Das Rotororgan 34 ist dabei innerhalb des Rotororgans 32 angeordnet und die Rotororgane 32, 34 sind ineinander verschachtelt.

[0078] Das äußere Rotororgan 32 ist durch eine Holweckhülse gebildet, welche die Form eines in Richtung der Rotationsachse 20 orientierten geraden Zylindermantels mit einer im Wesentlichen konstanten Wandstärke und mit einer geraden zylindermantelförmigen radialen Außenfläche 36 und einer geraden zylindermantelförmigen radialen Innenfläche 38 aufweist. Die Außenfläche 36 und die Innenfläche 38 bilden jeweils die pumpaktive Fläche einer der Pumpstufen 12 und 14 und wirken pumpaktiv mit entsprechenden rotationssymmetrischen und zylindermantelförmigen Holweckstatorhülsen 40, 42 zusammen. Die Außenfläche 36 des Rotororgans 32 wirkt mit einer äußeren Holweckstatorhülse 40 zusammen, die mit dem Rotororgan 32 einen engen Holweckspalt 39 bildet und an der ein Holweckgewinde 41 vorgesehen ist. Das Holweckgewinde 41 weist spiralförmig in Richtung der Rotationsachse 20 verlaufende Nuten auf, die Strömungskanäle für das Gas bilden. Ein derartiges Holweckgewinde 43 ist auch an der Außenseite der inneren Holweckstatorhülse 42 angeordnet und wirkt mit der radialen Innenfläche 38 des äußeren Rotororgans 32 pumpaktiv zusammen, mit der es einen Holweckspalt 39 bildet.

[0079] Die radiale Außenfläche 36 und Innenfläche 38 des Rotororgans 32 sind jeweils als glatte Flächen ausgebildet und bewirken zusammen mit den jeweils gegenüberliegend angeordneten Holweckgewinden 41 bzw. 43 der Statorhülsen 40, 42 die Pumpwirkung der jeweiligen Pumpstufe. Prinzipiell wäre es auch möglich, das Holweckgewinde einer oder beider Holweckstufen 12, 14 an dem Rotororgan 32 vorzusehen und die korrespondierenden Flächen der Statorhülsen 40, 42 glatt auszubilden. Entsprechendes gilt für die Holweckstufe 16, d.h. deren Holweckgewinde 57 kann wie nachstehend erläutert an der Statorhülse 42 oder an dem Rotororgan 34 angeordnet sein.

[0080] Das innere Rotororgan 34 weist ein an der Rotornabe 30 angebrachtes Basisteil 44 und ein an dem freien axialen Ende des Basisteils 44 mit dem Basisteil 44 verbundenes Trägerteil 46 auf, an dem die Rotorele-

mente 48 der Seitenkanalpumpstufe 18 angeordnet sind. Das Basisteil 44 weist entsprechend dem äußeren Rotororgan 32 die Form eines geraden, parallel zur Rotationsachse 20 orientierten Zylindermantels mit konstanter Wandstärke und mit einer jeweils die Form eines geraden Zylindermantels aufweisenden radialen Außenfläche 50 und radialen Innenfläche 52 auf. Die radiale Außenfläche 50 des Rotororgans 34 bildet dabei die pumpaktive Fläche des Rotororgans 34 und wirkt mit der radialen Innenfläche 55 der Holweckstatorhülse 42 zusammen. Die Innenfläche 55 der Holweckstatorhülse 42 weist ein nachstehend in Bezug auf Fig. 2 genauer erläutertes Holweckgewinde 57 mit Strömungskanälen auf, durch die das Gas während des Betriebs der Pumpe in Richtung der Seitenkanalpumpstufe 18 strömt. Das Trägerteil 46 ist ebenfalls hülsenförmig ausgebildet und weist im Wesentlichen die Form eines geraden, parallel zur Rotationsachse 20 orientierten Zylindermantels mit einer geraden zylindermantelförmigen radialen Außenfläche 54 und radialen Innenfläche 56 auf. Das Trägerteil 46 ist dabei so in das Basisteil 44 eingeschoben, dass die radiale Außenfläche 54 des Trägerteils 46 an der radialen Innenfläche 52 des Basisteils 44 flächig anliegt. Das Basisteil 44 und das Trägerteil 46 können beispielsweise durch eine im Bereich ihrer gegenseitigen Anlage vorhandene, beispielsweise durch einen Schrumpfungsprozess hervorgerufene Klemmwirkung aneinander gehalten sein.

[0081] Das Trägerteil 46 bildet, wie in Fig. 1 gezeigt, einen gegenüber dem Basisteil 44 radial nach innen vorspringenden Absatz bzw. Überstand des Rotororgans 34. Die radiale Innenfläche des aus dem Basisteil 44 und dem Trägerteil 46 bestehenden Rotororgans 34 insgesamt ist damit durch zwei in Richtung der Rotorachse 20 aufeinanderfolgende Längenabschnitte gebildet, die jeweils für sich genommen die Form eines geraden, zur Rotationsachse 20 parallelen Zylindermantels mit gleichbleibendem Durchmesser aufweisen. Die radiale Innenfläche des Rotororgans 34 in einem ersten Längenabschnitt ist dabei durch die radiale Innenfläche 52 des Basisteils 44 gebildet und definiert einen größeren Zylinderdurchmesser und die radiale Innenfläche des Rotororgans 34 in einem zweiten Längenabschnitt ist durch die radiale Innenfläche 56 des Trägerteils 46 gebildet ist und definiert einen kleineren Zylinderdurchmesser. Die radiale Innenfläche des Rotororgans 34 begrenzt einen Freiraum 58, in dem beispielsweise eine in Fig. 1 nicht dargestellte Antriebseinheit der Vakuumpumpe angeordnet sein kann.

[0082] Die radiale Innenfläche 56 des Trägerteils 46 bildet eine dynamische Dichtung bzw. einen dynamischen Dichtspalt mit einem gegenüberliegenden wie z.B. in Fig. 3 gezeigten statischen Pumpenteil. Diese Dichtung bzw. dieser Dichtspalt kann eine beliebige Dichtungsart enthalten, beispielsweise eine pumpende Dichtung, die insbesondere einer Holweckstufe ähnelt und/oder die eine aus dem durch die Dichtung abgedichteten Raum 58 hinaus gerichtete Förderrichtung besitzt.

[0083] Das Trägerteil 46 weist eine in axialer Richtung

weisende Tragefläche 60 auf, an der die Rotorelemente 48 angeordnet sind und von der die Rotorelemente 48 in axialer Richtung abstehen. Die Rotorelemente 48 sind dabei durch Schaufeln mit jeweils einer in Umlaufrichtung weisenden Schaufelfläche gebildet und sind in einer senkrecht zur Rotationsachse 20 orientierten Ebene entlang eines kreisförmig um die Rotationsachse 20 umlaufenden Rings hintereinander angeordnet.

[0084] Die Seitenkanalpumpstufe 18 umfasst ferner einen Seitenkanalstator 62, in dem ein im vorliegenden Ausführungsbeispiel in axialer Richtung geöffneter Seitenkanal 64 mit einem der ringförmigen Anordnung der Rotorelemente 48 entsprechenden ringförmigen Verlauf ausgebildet ist, in dem die Rotorelemente 48 umlaufen. Der Seitenkanal 64 ist über den Großteil seiner Längserstreckung wie in Fig. 1 gezeigt gegenüber den Rotorelementen 48 vergrößert ausgebildet. Bei dem Betrieb der Vakuumpumpe kann das Gas durch die Rotorschaukeln 48 in Längsrichtung des ringförmigen Seitenkanals 64 und gleichzeitig um die Längsachse des Seitenkanals 64 drehend angetrieben werden, so dass sich ein spiralförmiger Strömungsverlauf mit mehreren Spiralumdrehungen entlang eines Umlaufs in dem Seitenkanal 64 ergibt, wodurch ein hoher Druckunterschied zwischen dem Einlass und dem Auslass der Seitenkanalpumpstufe 18 gewährleistet wird. Das Pumpprinzip der Seitenkanalpumpstufe 18 gewährleistet auch im hohen Druckbereich und insbesondere im laminaren Strömungsbereich eine hohe und effiziente Pumpwirkung.

[0085] Im Bereich eines Auslasses der Seitenkanalpumpstufe 18 ist ein so genannter Abstreifer des Seitenkanalstators 62 vorgesehen, welcher eine Verengung des Seitenkanals 64 derart bewirkt, dass der Querschnitt des Seitenkanals 64 in dem verengten Bereich zumindest annähernd dem Querschnitt der Rotorelemente 48 entspricht und demgegenüber nur minimal erweitert ist. Das durch die Rotorelemente 48 geförderte Gas wird dadurch von dem Abstreifer abgestreift und in den Auslass der Seitenkanalpumpstufe 18 gedrängt. Der Auslass der Seitenkanalpumpstufe 18 kann mit einem Pumpenauslass der Vakuumpumpe verbunden sein, welcher beispielsweise einen Kleinflansch umfassen bzw. beinhalten kann.

[0086] Fig. 2 zeigt die radiale Innenfläche 55 der inneren Holweckstatorhülse 42 in einer abgerollten bzw. in eine Ebene projizierten Ansicht. Die Holweckstatorhülse 42 weist ein Holweckgewinde 57 auf, welches prinzipiell aber auch an der im vorliegenden Ausführungsbeispiel glatt ausgebildeten radialen Außenfläche 50 des Rotororgans 34 angeordnet sein könnte. Bei dieser Ausgestaltung könnte dann die radiale Innenfläche 55 der Holweckstatorhülse 42 im Wesentlichen glatt ausgebildet sein.

[0087] Das Holweckgewinde 57 umfasst zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgende Abschnitte 66 und 68. In dem Abschnitt 66 sind mehrere schräg zur Rotationsachse 20 orientierte Gewindevorsprünge 70 mit dazwischen angeordneten Gewindekanälen 72 ausgebildet,

die Strömungskanäle (Holwecknuten) für das Gas bilden. Die Gewindekanäle 72 münden in einen in Umlangsrichtung um die Rotationsachse 20 umlaufenden vertieften Sammelbereich 74, in dem das durch die Gewindekanäle 72 geförderte Gas gesammelt wird. Der Sammelbereich 74 mündet in einen Zufuhrkanal 76 des Abschnitts 68, welcher von zwei flächigen, erhabenen Vorsprüngen 78 begrenzt wird und welcher zu einem Einlass der Seitenkanalpumpstufe 18 führt. Das in dem oberen Abschnitt 66 über den gesamten Umfang im Wesentlichen gleichmäßig geförderte Gas kann auf diese Weise in dem Zufuhrkanal 76 gebündelt und gezielt einem Einlass der Seitenkanalpumpstufe 18 zugeführt werden, wodurch die Pumpeffizienz in der Seitenkanalpumpstufe 18 optimiert wird. Die vorstehend beschriebenen Vorsprünge 70 und 78 sind auch in der Darstellung der Fig. 1 zu sehen, wobei die Schnittebene der Darstellung der Fig. 1 der gestrichelten Linie 80 in Fig. 2 entspricht.

[0088] Bei dem in Fig. 2 dargestellten Holweckgewinde 57 weist der Abschnitt 68 bzw. der Kanal 76 eine größere axiale Erstreckung auf als der Sammelbereich 74. Der Abschnitt 68 bzw. Kanal 76 kann aber auch eine geringere axiale Erstreckung aufweisen als der Sammelbereich 74 und/oder als der Abschnitt 66. Gemäß einer Ausführungsform weisen die erhabenen Vorsprünge 78 des Bereichs 68 eine größere Bauhöhe in radialer Richtung auf als die Vorsprünge 70 des Abschnitts 66. Dadurch können im Bereich dieser Vorsprünge 78, die den Kanal 76 begrenzen, eine besonders gute Dichtwirkung durch ein besonders geringes Spaltmaß zwischen dem Holweckstator 42 und dem Rotororgan 34 erreicht und Gasverluste an dem Übergang zwischen der Holweckstufe 16 und der Seitenkanalpumpstufe 18 minimiert werden.

[0089] Wie in Fig. 1 gezeigt, ist zwischen den Vorsprüngen 70, 78 und der radialen Außenfläche 50 des Rotororgans 34 ein Holweckspalt 39 ausgebildet, welcher ebenso wie die Holweckspalte 39 der Pumpstufen 12 und 14 im Verhältnis übertrieben groß dargestellt ist und in der Realität so schmal gewählt ist, dass eine hohe Dichtwirkung zwischen den Vorsprüngen 70, 78 und den gegenüberliegenden glatten Oberflächen der Rotororgane 32, 34 erzielt wird. Das Gas strömt dabei nahezu vollständig durch die Kanäle, die durch die Nuten der Holweckgewinde 41, 43, 57 definiert werden.

[0090] Der grobe Verlauf der Gasströmung durch die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe in der Schnittebene von Fig. 1 ist durch einen gestrichelten Pfeil 84 veranschaulicht. Wie in Fig. 1 gezeigt, durchläuft das Gas nach seinem Eintritt durch den Pumpeneinlass 24 zunächst die turbomolekulare Pumpstufe 10 und darauffolgend die Holweckstufen 12, 14 und 16 in dieser Reihenfolge, bevor das Gas in die Seitenkanalpumpstufe 18 gelangt und nach Durchlauf der Seitenkanalpumpstufe 18 zu dem in Fig. 1 nicht dargestellten Pumpenauslass befördert wird. Durch das Zusammenwirken der Pumpstufen 10 bis 18 wird bei allen Betriebsbedingungen und insbesondere auch bei hohen Ausstoßdrücken und Gaslasten eine op-

timale Pumpwirkung und hohe Pumpeffizienz der Vakuumpumpe erreicht, wobei die Vakuumpumpe gleichzeitig auf einem sehr kleinen Bauraum realisiert werden kann.

[0091] Fig. 3 zeigt eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt, welche im Wesentlichen der in Fig. 1 und 2 gezeigten Vakuumpumpe entspricht. In Fig. 3 sind dabei zusätzliche, in Fig. 1 nicht dargestellte Bestandteile der Vakuumpumpe erkennbar, wie beispielsweise eine Mehrzahl von Rotorscheiben 28 und eine dazwischen angeordnete Statorscheibe 86 der turbomolekularen Pumpstufe 10. Ferner ist ein Antrieb 88 der Vakuumpumpe gezeigt, der innerhalb des Rotororgans 34 angeordnet ist, sowie eine zwischen dem Antrieb 88 und der Rotornabe 30 ausgebildete berührungslose Dichtung 90 und ein Drehlager 92 der Vakuumpumpe.

[0092] Ebenso ist ein Pumpenauslass 94 dargestellt, welcher mit einem Gasauslass 95 der Seitenkanalpumpstufe 18 verbunden ist, sowie eine stromaufwärts der Holweckstufe 12 und stromabwärts der Turbomolekularstufe 10 angeordnete Anzapfung 96, über die Gas von außerhalb der Vakuumpumpe direkt in die Holweckstufe 12 strömen kann.

[0093] Die Vorsprünge (Stege) der Holweckgewinde 41, 43, 57 sind in Fig. 3 so dargestellt, dass deren Spiralform sichtbar ist, ebenso wie der von Holweckstufe 12, 14, 16 zu Holweckstufe 12, 14, 16 abwechselnde Drehsinn der Holweckgewinde 43, 43, 57, welcher der abwechselnden axialen Förderrichtung in Fig. 3 von oben nach unten bzw. von unten nach oben entspricht. Bei der Ausgestaltung von Fig. 3 nimmt die Anzahl der Holweckkanäle der Holweckgewinde 41, 43, 57 in Gasströmungsrichtung von Holweckstufe zu Holweckstufe zu und die axiale Ausdehnung der Holweckkanäle wird entsprechend geringer. Dadurch wird das Pumpverhalten der Holweckstufen 12, 14, 16 optimiert. Das Holweckgewinde 57 der innersten Holweckstufe 16 ist bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform im Unterschied zu der in Fig. 2 dargestellten Form homogen mit sich über die gesamte axiale Länge der Holweckstatorhülse 42 erstreckenden Holweckkanälen ausgebildet. Prinzipiell könnte das Holweckgewinde 57 aber auch bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform so ausgebildet sein, wie es in Fig. 2 für die Pumpe von Fig. 1 dargestellt ist.

[0094] Die in Fig. 3 gezeigte Pumpe umfasst ein nachfolgend in Bezug auf Fig. 4 näher erläutertes Trägerteil 46 bzw. eine Trägerhülse, welche eine gegenüber der Rotationsachse 20 um etwa 45° geneigte, kegelstumpfmantelförmige Tragefläche 60 aufweist, an der die schaufelförmigen Rotorelemente 48 angeordnet sind und von der die Rotorelemente 48 im Wesentlichen senkrecht, d.h. in einem Winkel von ebenfalls etwa 45° zur Rotationsachse 20, abstehen. Auf der linken Seite in Fig. 3 ist ein Abstreifer 98 der Seitenkanalpumpstufe 18 gezeigt, welcher zum Abstreifen des in dem Seitenkanal 64 angetriebenen Gases und zu dessen Beförderung zu dem Pumpenauslass 94 dient.

[0095] Auch in Fig. 3 ist der grobe Gasströmungsver-

lauf von dem Pumpeneinlass 24 zu dem Pumpenauslass 94 in der Schnittebene von Fig. 3 durch einen gestrichelten Pfeil 84 veranschaulicht.

[0096] Fig. 4 und Fig. 5 zeigen jeweils weitere Details der Trägerhülse 46, wobei Fig. 4 eine gegenüber Fig. 3 vergrößerte, perspektivische Darstellung der Trägerhülse 46 mit den Rotorelementen 48 zeigt und Fig. 5 die Trägerhülse 46 in dem an dem Basisteil 44 montierten Zustand im Axialschnitt zeigt.

[0097] Das hülsenförmige Trägerteil 46 umfasst einen zylindermantelförmigen Verbindungsabschnitt 100, dessen radiale Außenfläche 54 im montierten Zustand an der radialen Innenfläche 52 des Basisteils 44 anliegt und mit dem Basisteil 44 verbunden ist. Ferner umfasst die Trägerhülse 46 einen Verbindungsabschnitt 100, an dem die Rotorelemente 48 angeordnet sind und welcher gegenüber dem Verbindungsabschnitt 100 in radialer Richtung nach außen übersteht, so dass der Verbindungsabschnitt 100 und der Trägerabschnitt 102 einen wie in Fig. 5 gezeigten im Wesentlichen L-förmigen Querschnitt bilden. Der Trägerabschnitt 102 fluchtet dabei im montierten Zustand mit der radialen Außenfläche 50 des Basisteils 44, ebenso wie die radial außenliegenden Außenkanten der Rotorelemente 48.

[0098] Wie in Fig. 4 gezeigt sind die Rotorelemente 48 als Schaufeln ausgebildet, die in axialer Richtung und in radialer Richtung eine entgegen der Rotationsrichtung leicht nach hinten geneigte Form besitzen. Auch eine nach vorne geneigte Form der Schaufeln 48 ist denkbar, aber nicht dargestellt. Die Trägerhülse 46 weist vorzugsweise ein metallisches Material auf, welches z.B. Aluminium enthält oder daraus besteht, während das als Holweckhülse ausgebildete Basisteil 44 beispielsweise ein CFK-Material aufweisen kann.

[0099] Wie in Fig. 4 gezeigt, weist die Tragefläche 60 des Trägerabschnitts 102 mehrere über den Umfang des Trägerteils 46 verteilt angeordnete Wuchtbohrungen 104 mit Gewinden auf, in die entsprechende Wuchtgewichte eingeschraubt sein können und zwar bevorzugt derart, dass die eingeschraubten Wuchtgewichte in den Wuchtbohrungen 104 vollständig versenkt angeordnet sind und insbesondere mit der Tragefläche 60 im Wesentlichen bündig abschließen. Die Wuchtbohrungen 104 bilden eine senkrecht zur Rotationsachse 20 orientierte Wuchtebene der Vakuumpumpe.

[0100] Fig. 6 zeigt eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform im Axialschnitt. Die Vakuumpumpe umfasst eine Turbomolekularstufe 10 mit mehreren Rotorscheiben 28, sowie zwei als Holweckstufen ausgebildete molekulare Pumpstufen 12, 14 und eine Seitenkanalpumpstufe 18, die in Strömungsrichtung in dieser Reihenfolge aufeinander folgen. Die Seitenkanalpumpstufe 18 ist zwischen den molekularen Pumpstufen 12, 14 und dem Pumpeneinlass 24 angeordnet. Somit folgen in Richtung der Rotationsachse 20 der Pumpeneinlass 24, die Seitenkanalpumpstufe 18 und die molekularen Pumpstufen 12, 14 in dieser Reihenfolge aufeinander und die Seitenkanalpumpstufe 18 ist näher an dem

Pumpeneinlass 24 angeordnet als die Holweckstufen 12, 14, obwohl diese in Bezug auf die Gasströmung den Holweckstufen 12, 14 nachgeschaltet ist.

[0101] Der grobe Gasströmungsverlauf durch die Pumpe in der Schnittebene von Fig. 6 ist in Fig. 6 durch einen Pfeil 84 veranschaulicht. Zunächst gelangt das Gas über den Pumpeneinlass 24 in die Turbomolekularstufe 10, welche von dem Gas im Wesentlichen axial, das heißt parallel zur Rotationsachse 20, durchströmt wird. Ein in Fig. 6 schematisch dargestellter in dem statischen Teil der Vakuumpumpe angeordneter Gasströmungskanal 106 führt an der durch die Rotorelemente 48 und den Seitenkanal 64 gebildeten pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe 18 radial außen vorbei, so dass das Gas an der Seitenkanalpumpstufe 18 vorbei in die Holweckstufe 12 gelangt. Die Holweckstufen 12 und 14 entsprechen im Wesentlichen den vorstehend in Bezug auf Fig. 1 erläuterten Holweckstufen 12 und 14. Die Holweckstufen 12 und 14 umfassen ein gemeinsames Rotororgan 32, welches an einer scheibenförmigen und im Wesentlichen radial orientierten Rotornabe 30 angeordnet ist und als in axialer Richtung orientierte gerade zylindermantelförmige Holweckhülse ausgebildet ist. Das Rotororgan 32 weist dementsprechend eine radiale Außenfläche 36 und eine radiale Innenfläche 38 auf, die jeweils die Form eines geraden, axialen Zylindermantels aufweisen und jeweils die pumpaktive Fläche einer der Holweckstufen 12, 14 bilden. Diese pumpaktiven Flächen 36, 38 wirken dabei mit wie in Fig. 1 dargestellten und in Fig. 6 nicht eigens gezeigten Holweckstatorhülsen 40, 42 (vgl. Fig. 1) zusammen. Die Holweckstatorhülsen weisen an ihren der jeweiligen pumpaktiven Fläche 36, 38 des Rotororgans 32 zugewandten, zylinderrförmigen Innen- bzw. Außenseiten jeweils ein Holweckgewinde mit schrauben- bzw. spiralförmigen Holweckkanälen auf, durch die das Gas pumpend angetrieben wird.

[0102] Das Gas gelangt aus dem Gasströmungskanal 106 zuerst in die Holweckstufe 12 und strömt durch die Holweckstufe 12 in axialer Richtung nach unten von dem Pumpeneinlass 24 weg und daraufhin in die Holweckstufe 14, in der es in axialer Richtung nach oben in Richtung auf den Pumpeneinlass 24 zu gefördert wird. Die zwei Holweckstufen 12, 14 bewirken somit eine Richtungsumkehr der Strömungsrichtung des Gases und gleichzeitig eine Beförderung des Gases von radial außen nach radial innen. An dem der Rotornabe 30 zugewandten Ende der Holweckstufe 14 weist die Rotornabe 30 eine axiale Durchbrechung 108 auf, welche als Gasauslass der Holweckstufe 14 und als Gaseinlass der Seitenkanalpumpstufe 18 dient und über die das Gas in einen in den Seitenkanal 64 führenden Strömungskanal 110 des Seitenkanalstators 62 gelangt. In Fig. 6 ist nur der linke Teil des Seitenkanalstators 62 gezeigt, welcher bevorzugt rotationssymmetrisch zur Rotationsachse 20 ausgebildet ist. Zwischen der Rotornabe 30 und dem Seitenkanalstator 62 ist ein in radialer Richtung verlaufender Spalt 112 ausgebildet, der eine geringe axiale Ausdeh-

nung aufweist, um eine Dichtwirkung zwischen der Rotornabe 30 und dem Seitenkanalstator 62 zu erzielen und zu gewährleisten, dass das Gas zumindest annähernd vollständig aus der Durchbrechung 108 in den Strömungskanal 110 gelangt. Vorzugsweise umfasst die Rotornabe 30 über ihren Umfang verteilt mehrere wie in Fig. 6 gezeigte Durchbrechungen 108. Ebenso kann der Seitenkanalstator 62 mehrere entsprechende Strömungskanäle 110 aufweisen. Das Holweckgewinde der Holweckstufe 14 kann prinzipiell homogen mit sich über die gesamte axiale Länge erstreckenden Stegen und Holweckkanälen ausgebildet sein. Das Holweckgewinde kann auch wie in Fig. 2 gezeigt ausgeführt sein, um ein gezieltes Einleiten des Gases in den Einlass der Seitenkanalpumpe zu erreichen. Das in Fig. 6 nicht eigens dargestellte Holweckgewinde kann sich dabei an dem, ebenfalls nicht dargestellten, Holweckstator oder an der radialen Innenfläche des Rotororgans 32 befinden.

[0103] Die pumpaktive Struktur der Seitenkanalpumpstufe 18 ist prinzipiell wie vorstehend in Bezug auf Fig. 1 beschrieben ausgebildet. Die Seitenkanalpumpstufe 18 umfasst schaufelförmige Rotorelemente 48, die auf einer Rotornabe 114 angeordnet sind, welche in axialer Richtung von der Rotornabe 30 der Holweckstufen 12, 14 beabstandet ist. Die Rotornabe 114 ist scheibenförmig ausgebildet und erstreckt sich in radialer Richtung. Die Rotorelemente 48 stehen von dem Rand der Rotornabe 114 in radialer Richtung ab und in den in radialer Richtung geöffneten Seitenkanal 64 hinein. Dadurch wird ein großer Durchmesser der Seitenkanalpumpstufe 18 und eine entsprechend gute Pumpwirkung bei gleichzeitig kompaktem Aufbau der Pumpe erreicht. Die in Fig. 6 gezeigte Pumpe kann auf der axialen Höhe der Seitenkanalpumpstufe 18 einen mit einem Auslass der Seitenkanalpumpstufe 18 verbundenen und beispielsweise von einem Kleinflansch umgebenen Pumpenauslass aufweisen.

[0104] Die in Fig. 6 gezeigte Pumpe könnte neben den Holweckstufen 12, 14 noch weitere, mit den Holweckstufen 12, 14 in Serie geschaltete und bevorzugt in radialer Richtung ineinander angeordnete Holweckstufen aufweisen.

[0105] Die Montage der in Fig. 6 nicht gezeigten Holweckstatorhülsen ist dabei besonders einfach möglich, da das in Fig. 6 unten gezeigte, von der Rotornabe 30 abgewandte axiale Ende der Holweckstufen 12, 14 frei zugänglich ist und der Zugang insbesondere nicht durch die Seitenkanalpumpstufe 18 blockiert wird, so dass ein besonders einfacher und kompakter Aufbau der Vakuumpumpe erreicht wird.

[0106] Fig. 7 zeigt eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Axialschnitt, welche im Wesentlichen der in Fig. 6 gezeigten Vakuumpumpe entspricht.

[0107] Die in Fig. 7 gezeigte Pumpe umfasst neben der Seitenkanalpumpstufe 18 mehrere als Holweckstufen ausgebildete molekulare Pumpstufen 12, 14, 116, 118, die zwei zylindermantelförmige Rotororgane 32 und

entsprechende in Fig. 7 nicht dargestellte Holweckstatorhülsen umfassen. Die Holweckstufen 12, 14, 116, 118 sind dabei jeweils so ausgebildet wie vorstehend in Bezug auf Fig. 6 beschrieben. Auch bei der in Fig. 7 gezeigten Vakuumpumpe ist die Seitenkanalpumpstufe 18 zwischen dem Pumpeneinlass 24 und den als Holweckstufen ausgebildeten molekularen Pumpstufen 12, 14, 116, 118 angeordnet.

[0108] Die Rotorelemente 48 der Seitenkanalpumpstufe 18 und die Rotororgane 32 der Holweckstufen 12, 14, 116, 118 sind auf einer gemeinsamen Rotornabe 30 angeordnet, wobei die Rotorelemente 48 von dem Rand der Rotornabe 30 in radialer Richtung und über die radiale Erstreckung der Rotornabe 30 hinaus abstehen. Die Rotorelemente 48 erstrecken sich dabei in den in radialer Richtung geöffneten Seitenkanal 64 hinein und führen in diesem eine Umlaufbewegung um die Rotationsachse 20 aus.

[0109] Wie in Fig. 7 durch den Gasströmungspfeil 84 angedeutet, gelangt das Gas bei dem Betrieb der Pumpe über den Pumpeneinlass 24 in die Turbomolekularstufe 10 und wird dort in axialer Richtung zu der Rotornabe 30 gefördert. Die Rotornabe 30 weist ein oder mehrere axiale Durchbrechungen 120 auf, die einen Gasströmungsweg von der Turbomolekularstufe 10 an der pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe 18 radial innen vorbei in die Holweckstufe 12 bereitstellen und einen Gaseinlass für die Holweckstufe 12 darstellen. Wie vorstehend in Bezug auf die Holweckstufen 12, 14 der in Fig. 6 gezeigten Pumpe beschrieben, wird das Gas durch die Holweckstufen 12, 14, 116, 118 in axialer Richtung jeweils zweimal von oben nach unten und von unten nach oben gefördert, so dass insgesamt eine Richtungsumkehr der Gasströmungsrichtung bewirkt wird. Im Gegensatz zu der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform werden die Holweckstufen 12, 14, 116, 118 allerdings in der Reihenfolge von radial innen nach radial außen durchströmt, so dass sich eine Gasströmungsrichtung von radial innen nach außen ergibt. An dem dem Pumpeneinlass 24 zugewandten Ende der radial am weitesten außen gelegenen Holweckstufe 118 gelangt das Gas direkt über einen Strömungskanal 122 des Seitenkanalstators 62, welcher dem Rand der Rotornabe 30 in radialer Richtung gegenüberliegend angeordnet ist, in die Seitenkanalpumpstufe 18. Nach Durchlaufen der Seitenkanalpumpstufe 18 kann das Gas zu einem Pumpenauslass gelangen, der bevorzugt auf der axialen Höhe der Seitenkanalpumpstufe 18 angeordnet ist.

[0110] Aufgrund der Anordnung der Holweckhülsen 32 und der Rotorelemente 48 der Seitenkanalpumpstufe 18 auf einer gemeinsamen Rotornabe 30 wird bei der in Fig. 7 gezeigten Ausführung eine in axialer Richtung äußerst kompakte Bauform erreicht. Es könnte aber auch eine von der Rotornabe 30 separate Rotornabe 114 (siehe Fig. 6) für die Seitenkanalpumpstufe 18 vorgesehen sein. Diese könnte dann gegebenenfalls Durchbrechungen aufweisen, durch die das Gas an der pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe radial innen vorbei geför-

dert werden kann. Prinzipiell könnte die Seitenkanalpumpstufe 18 auch radial außen umströmt werden, beispielsweise durch einen in dem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordneten Umgehungskanal 106 (Fig. 6).

[0111] Auch bei der in Fig. 7 gezeigten Pumpe ist das von dem Pumpeneinlass 24 abgewandte Ende der Holweckstufen 12, 14, 116, 118 frei zugänglich. Die zugehörigen Statorhülsen, die in Fig. 7 nicht dargestellt sind, können somit ohne Weiteres an einer Außenwand der Vakuumpumpe angeordnet werden, die dem freien axialen Ende der Rotororgane 32 gegenüberliegt.

Bezugszeichenliste

10	turbomolekulare Pumpstufe
12, 14, 16	molekulare Pumpstufe
18	Seitenkanalpumpstufe
20	Rotationsachse
22	Rotorwelle
24	Pumpeneinlass
26	Flansch
28	Rotorscheibe
30	Rotornabe
32, 34	Rotororgan
36	radiale Außenfläche
38	radiale Innenfläche
39	Holweckspalt
40	Holweckstatorhülse
41, 43	Holweckgewinde
44	Basisteil
46	Trägerteil, Trägerhülse
48	Rotorelemente
50	50, 54
52, 55, 56	radiale Außenfläche
57	radiale Innenfläche
58	Holweckgewinde
60	Freiraum
62	Tragefläche
64	Seitenkanalstator
66, 68	Seitenkanal, Statorkanal
70	Abschnitt
72	Gewindevorsprung
74	Gewindekanal
76	Sammelbereich
78	Zufuhrkanal
80	Vorsprung
84	Schnittlinie
86	Pfeil
88	Statorscheibe
90	Antrieb
92	Dichtung
94	Drehlager
95	Pumpenauslass
96	Gasauslass
98	Anzapfung
100	Abstreifer
	Verbindungsabschnitt

102	Trägerabschnitt
104	Wuchtbohrung
106	Gasströmungsweg
108	Durchbrechung
110	Strömungskanal
112	Spalt
114	Rotornabe
116, 118	molekulare Pumpstufe
120	Durchbrechung
122	Strömungskanal

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe (12), insbesondere einer Holweckstufe, welche ein Rotororgan (34) umfasst, das die pumpaktive Fläche (50) der molekularen Pumpstufe (12) bildet, und mit wenigstens einer stromabwärts der molekularen Pumpstufe (12) angeordneten Seitenkanalpumpstufe (18), welche mehrere Rotorelemente (48) umfasst, wobei die Rotorelemente (48) der Seitenkanalpumpstufe (18) von dem Rotororgan (34) der molekularen Pumpstufe (12) getragen sind.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorelemente (48) außerhalb eines von dem Rotororgan (34) umhüllten Bereichs (58) angeordnet sind.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotororgan (34) von einer Rotornabe (30) getragen ist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorelemente (48) an einem freien axialen Ende des Rotororgans (34) angeordnet sind und/oder in axialer Richtung von dem Rotororgan (34) abstehen, und/oder dass sich die Rotorelemente (48) in axialer Richtung über die pumpaktive Fläche (50) des Rotororgans (34) und bevorzugt über das Rotororgan (34) hinaus erstrecken.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotororgan (34) einen bevorzugt ringförmigen Träger (46) umfasst, an dem die Rotorelemente (48) angeordnet sind, insbesondere wobei der Träger (46) das freie axiale Ende und/oder einen in radialer Richtung abstehenden Absatz oder Überstand des Rotororgans (34) bildet.
6. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotororgan (34) und/oder ein Träger (46) des Rotororgans (34), an dem die Rotorelemente (48) angeordnet sind, im Wesentlichen als Hülse ausgebildet ist.
7. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotororgan (34) eine Basis (44) umfasst, welche im Wesentlichen als Hülse ausgebildet ist und sich von einer das Rotororgan (34) tragenden Rotornabe (30) bis zu einem Träger (46) des Rotororgans (34) erstreckt, an dem die Rotorelemente (48) angeordnet sind.
8. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rotororgan (34) mehrteilig ausgebildet ist, wobei eine Basis (44), die von einer Rotornabe (30) getragen ist, und ein Träger (46), an dem die Rotorelemente (48) angeordnet sind, jeweils ein Teil des Rotororgans (34) bilden.
9. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die molekulare Pumpstufe (12) einen stromaufwärtigen ersten Abschnitt (66) und einen stromabwärtigen, zur Seitenkanalpumpstufe (18) führenden zweiten Abschnitt (68) umfasst, in dem eine geringere Anzahl von Strömungskanälen (72, 76) ausgebildet ist als in dem ersten Abschnitt (66), und/oder dass eine im Bereich eines die Rotorelemente (48) tragenden Trägers (46) des Rotororgans (34) angeordnete Wuchtebene vorgesehen ist.
10. Vakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118), insbesondere einer Holweckstufe, und mit wenigstens einer stromabwärts der molekularen Pumpstufe angeordneten Seitenkanalpumpstufe (18), die mehrere Rotorelemente (48) umfasst, wobei die Seitenkanalpumpstufe (18) zwischen einem Pumpeneinlass (24) und der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) angeordnet ist.
11. Vakuumpumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gasströmungsweg von dem Pumpeneinlass (24) an der pumpaktiven Struktur der Seitenkanalpumpstufe (18) radial innen und/oder radial außen vorbei in die molekulare Pumpstufe (12, 14, 116, 118) führt, wobei der Gasströmungsweg vorzugsweise durch eine oder mehrere Öffnungen (120) einer die Rotorelemente (48) tragenden, insbesondere scheibenförmigen, Rotornabe (30, 114) hindurch verläuft.
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein aus der mole-

kularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) in die Seitenkanalpumpstufe führender Gasströmungsweg durch eine oder mehrere Öffnungen (108) einer ein Rotororgan (32) der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) tragenden, insbesondere scheibenförmigen, Rotornabe (30) hindurch verläuft. 5

13. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 10 bis 12, 10
dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorelemente (48) der Seitenkanalpumpstufe (18) von einer bevorzugt scheibenförmigen Rotornabe (30, 114) getragen sind und bevorzugt im Bereich einer radialen Außenseite der Rotornabe (30, 114) angeordnet sind, wobei die Rotorelemente (48) insbesondere 15
von einem Rand der Rotornabe (30, 114), vorzugsweise in radialer Richtung, abstehen.
14. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 10 bis 13, 20
dadurch gekennzeichnet, dass ein Rotororgan (32) der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118), das die pumpaktive Fläche der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) bildet, und die Rotorelemente (48) der Seitenkanalpumpstufe (18) von einer gemeinsamen, bevorzugt scheibenförmigen, Rotornabe (30) getragen sind. 25
15. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 10 bis 14, 30
dadurch gekennzeichnet, dass mehrere hintereinander angeordnete molekulare Pumpstufen (12, 14, 116, 118) vorgesehen sind, über die ein Gasströmungsweg von radial innen nach radial außen oder von radial außen nach radial innen führt, und/oder 35
dass wenigstens eine stromaufwärts der molekularen Pumpstufe angeordnete weitere Pumpstufe (10), insbesondere eine turbomolekulare Pumpstufe, vorgesehen ist, wobei die Seitenkanalpumpstufe (18) bevorzugt zwischen der weiteren Pumpstufe (10) und der molekularen Pumpstufe (12, 14, 116, 118) angeordnet ist. 40

45

50

55

Fig. 3

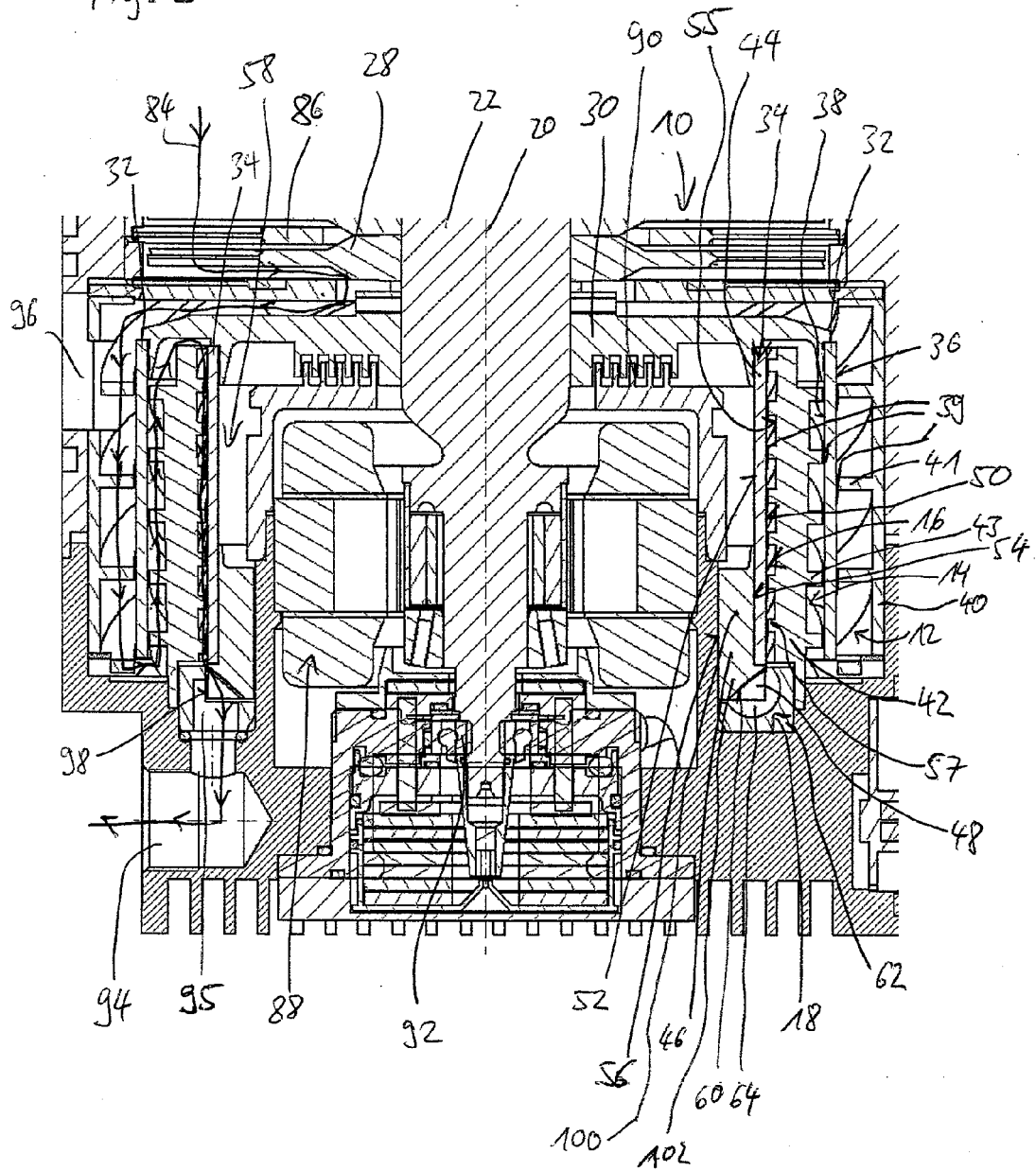


Fig. 4

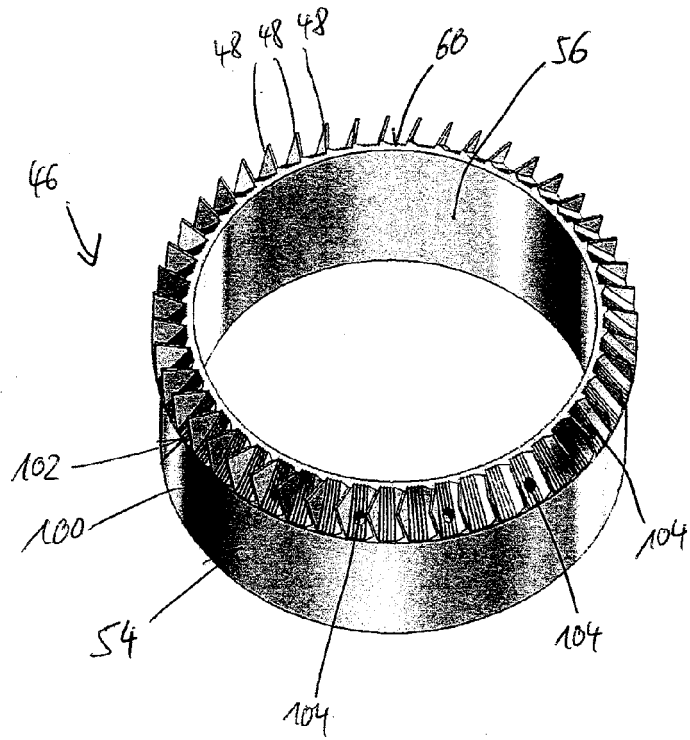


Fig. 5

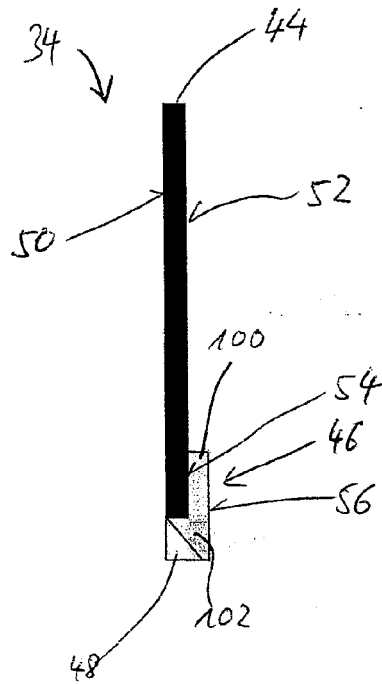


Fig. 6

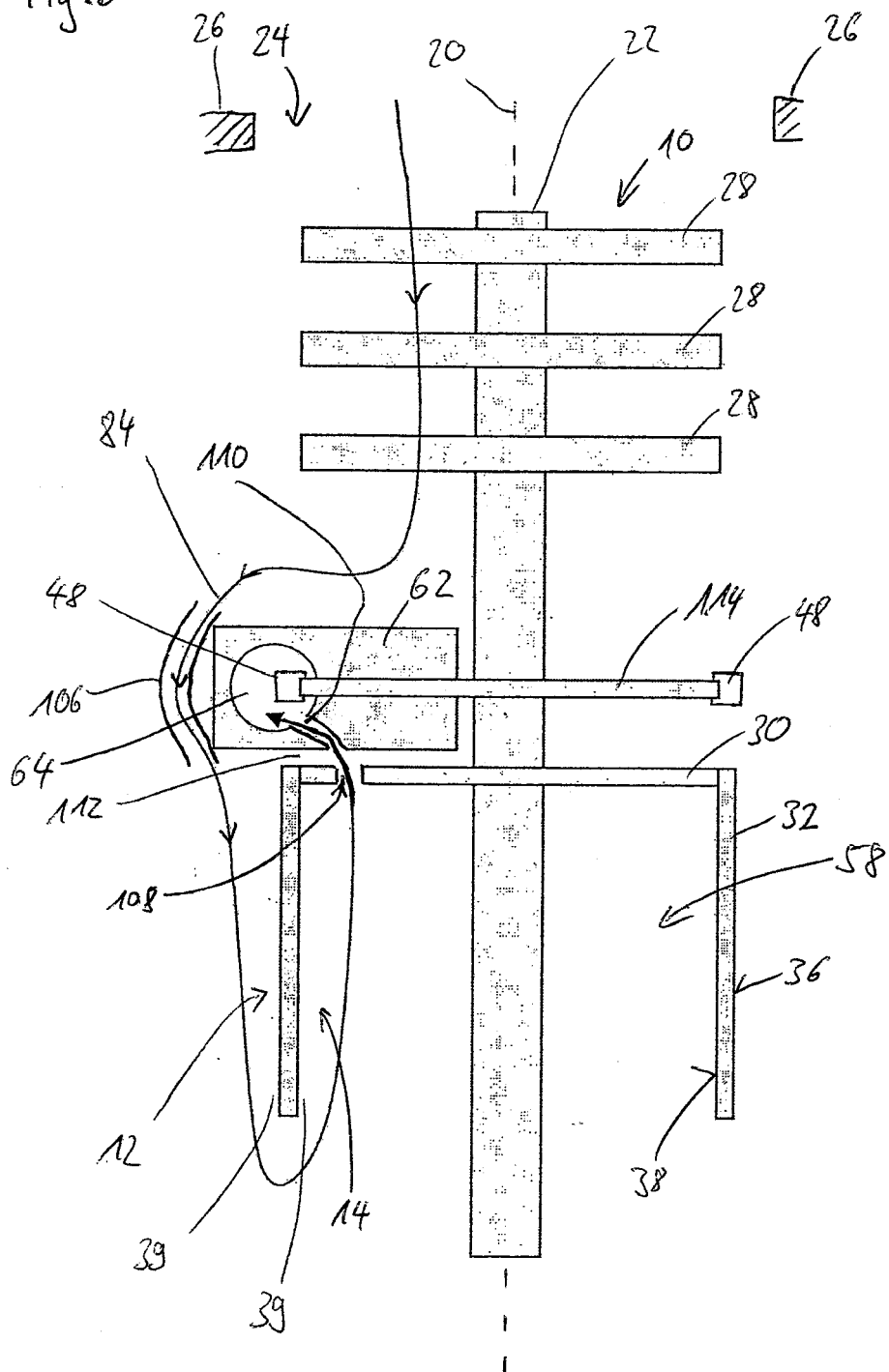
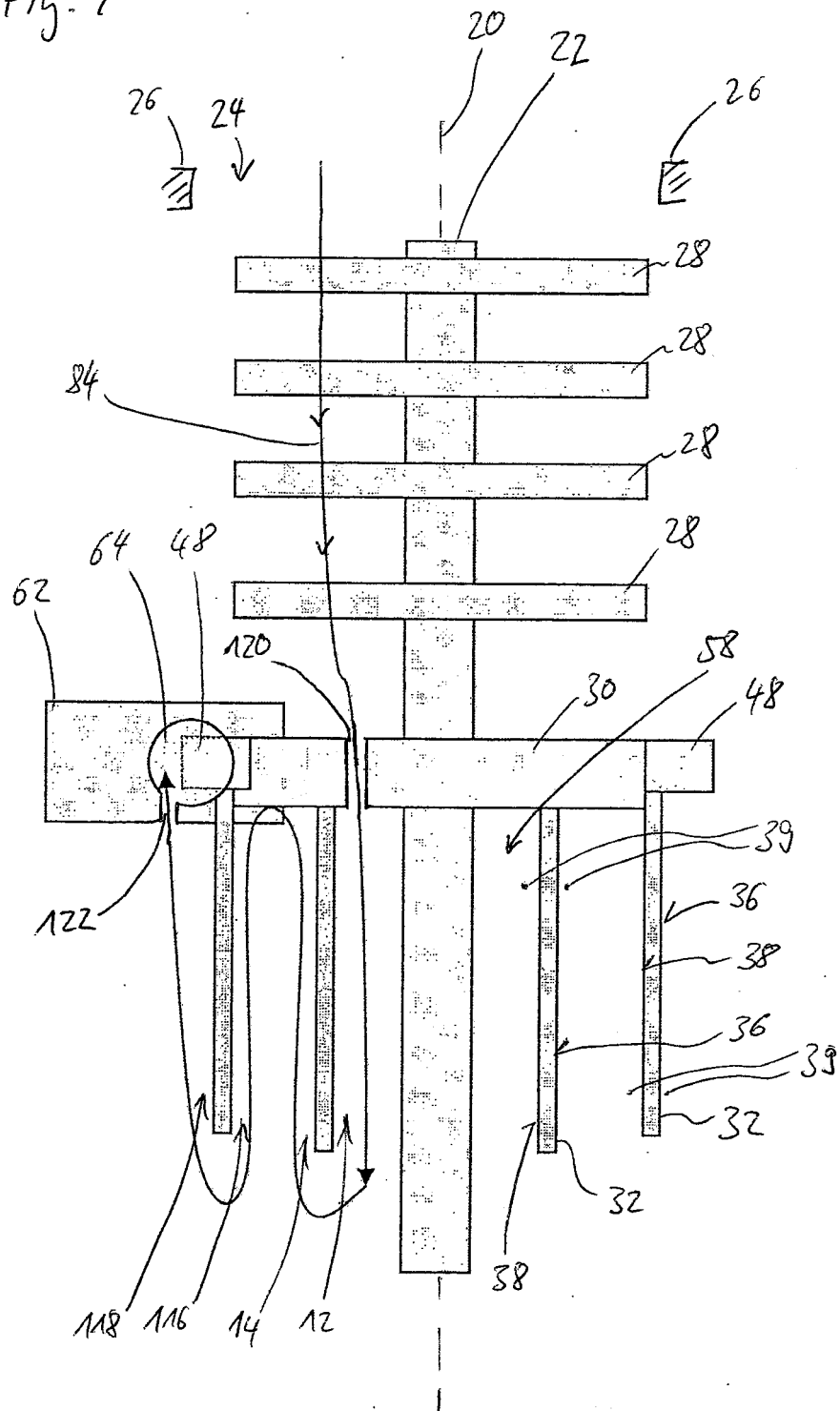


Fig. 7



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

- EP 1668255 A1 [0003]