



(11) **EP 3 851 680 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.07.2021 Patentblatt 2021/29

(51) Int Cl.:
F04D 19/04^(2006.01) **F04D 29/52^(2006.01)**
G01M 3/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20217527.9**

(22) Anmeldetag: **29.12.2020**

(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

(72) Erfinder:
• **Birkenfeld, Max**
35649 Bischoffen (DE)
• **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)

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

(30) Priorität: **27.01.2020 EP 20153779**

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

(54) **MOLEKULARVAKUUMPUMPE UND VERFAHREN ZUM BEEINFLUSSEN DES SAUGVERMÖGENS EINER SOLCHEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beeinflussen des Saugvermögens einer Molekularvakuumpumpe, welche wenigstens eine molekulare Pumpstufe umfasst, mittels derer ein gasförmiges Medium entlang eines Strömungspfades von einem Einlass zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe förderbar ist, wobei die Pumpstufe eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist, wo-

bei das Beeinflussen des Saugvermögens an einer ersten Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe erfolgt, nämlich durch Vorsehen eines Blockierelements an einer zweiten, von der ersten Stelle verschiedenen Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist.

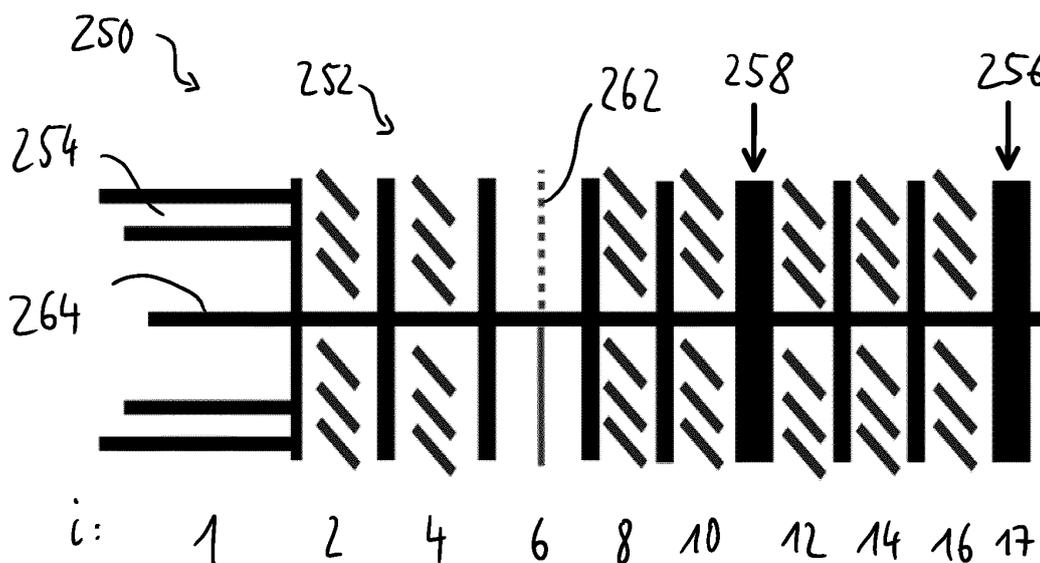


Fig. 9

EP 3 851 680 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Molekularvakuumpumpe, ein Verfahren zum Beeinflussen des Saugvermögens einer Molekularvakuumpumpe, ein Lecksuchgerät mit einer Molekularvakuumpumpe sowie die Verwendung einer Molekularvakuumpumpe zum Suchen eines Lecks in einem Vakuumsystem.

[0002] In verschiedenen Vakuumanwendungen werden spezielle Anforderungen an die Vakuumpumpe einer Molekularvakuumpumpe, insbesondere hinsichtlich des Saugvermögens, gestellt.

[0003] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, das Saugvermögen einer Molekularvakuumpumpe auf einfache Weise und gezielt an einer bestimmten Stelle des Strömungspfades der Molekularvakuumpumpe zu beeinflussen.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Dieses dient zum Beeinflussen des Saugvermögens, insbesondere eines internen Saugvermögens, einer Molekularvakuumpumpe, welche wenigstens eine molekulare Pumpstufe umfasst, mittels derer ein gasförmiges Medium entlang eines Strömungspfades von einem Einlass zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe förderbar ist, wobei die Pumpstufe eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist. Das Beeinflussen des Saugvermögens erfolgt an einer ersten Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe, nämlich durch Vorsehen eines Blockierelements an einer zweiten, von der ersten Stelle verschiedenen Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist.

[0005] Ein der Erfindung zugrundeliegender Gedanke besteht in einer gezielten Schwächung des Saugvermögens an der zweiten Stelle, um an anderer Stelle, nämlich der ersten Stelle, das Saugvermögen gezielt zu beeinflussen. Das Vorsehen des Blockierelements erlaubt eine gezielte Beeinflussung des Saugvermögens an der zweiten Stelle. Ein Blockierelement ist als solches besonders einfach aufgebaut und kostengünstig herstellbar, sodass die gezielte Beeinflussung des Saugvermögens an der zweiten Stelle mit besonders einfachen Mitteln erreicht werden kann. Es versteht sich, dass das Saugvermögen an der zweiten Stelle durch das Blockierelement an der ersten Stelle nicht vollkommen beliebig, d. h. nicht grenzenlos einstellbar ist. Vielmehr ist das Saugvermögen an der zweiten Stelle typischerweise durch verschiedene Gegebenheiten, insbesondere den sonstigen Aufbau der Molekularvakuumpumpe begrenzt. Es kann grundsätzlich auch der Fall sein, dass sich das Saugvermögen an der zweiten Stelle durch das Blockierelement an der ersten Stelle lediglich reduzieren lässt. Auch wenn bei vielen Vakuumanwendungen häufig ein allgemein hohes Saugvermögen angestrebt wird, kann bei speziellen Vakuumanwendungen auch das Reduzieren des Saugvermögens an der zweiten Stelle nötig oder vorteilhaft sein. Letztlich kann durch das erfindungs-

gemäße Verfahren auch ein Rückströmen des gasförmigen Mediums insgesamt oder für einzelne Gasbestandteile verstärkt werden.

[0006] Das Blockierelement bewirkt durch die lokale Reduzierung des Durchlassquerschnitts insbesondere eine lokale Reduzierung des Leitwerts an der zweiten Stelle.

[0007] Insbesondere erweist es sich als vorteilhaft, wenn das Blockierelement ein statisches Element ist und/oder an einem Stator der Pumpe angeordnet ist, da insbesondere aufgrund von dynamischen Kräften am Rotor dessen konstruktive Änderung allgemein deutlich aufwendiger wäre. Die Erfindung kann also durch Modifizieren einer bestehenden Pumpe realisiert werden, ohne deren Rotor verändern zu müssen. Grundsätzlich kann ein Blockierelement aber beispielsweise auch am Rotor angeordnet sein.

[0008] Die erste Stelle, an der das Saugvermögen beeinflusst werden soll, kann zum Beispiel ein Einlassbereich der Molekularvakuumpumpe sein. Bevorzugt kann die erste Stelle allerdings von einem Einlassbereich eines in Pumprichtung ersten oder einzigen Einlasses der Molekularvakuumpumpe verschieden sein. Mit anderen Worten liegt die erste Stelle also insbesondere nicht an einem sogenannten Hochvakuumeinlass. Bevorzugt kann die erste Stelle allerdings zum Beispiel an einem Zwischeneinlass angeordnet sein. Alternativ kann die erste Stelle beispielsweise auch außerhalb von allen Einlassbereichen vorgesehen sein.

[0009] Die erste Stelle kann insbesondere innerhalb eines Gehäuses der Molekularvakuumpumpe und/oder innerhalb einer Einhüllenden von pumpaktiven Elementen liegen. Ein dort wirksames Saugvermögen wird als internes Saugvermögen bezeichnet. Im Zusammenhang mit dem vorherigen Absatz kann die erste Stelle insbesondere in einem Bereich vorgesehen sein, welcher innerhalb des Gehäuses angeordnet und direkt - also ohne dazwischengeschaltetes pumpaktives Element - mit einem Einlass verbunden ist. Man kann auch vom internen Saugvermögen beim Einlass sprechen, welches beeinflusst werden soll. Dies gilt wiederum insbesondere für einen Zwischeneinlass. Im Falle einer Turbomolekularpumpstufe oder einer Holweckpumpstufe kann die erste Stelle insbesondere in einem Axialbereich eines Einlasses bzw. Zwischeneinlasses vorgesehen sein bzw. ein internes Saugvermögen im Axialbereich des Einlasses kann beeinflusst werden.

[0010] Insbesondere im Kontext eines Zwischeneinlasses unterscheidet sich das interne Saugvermögen beim Zwischeneinlass typischerweise vom Saugvermögen des Zwischeneinlasses selbst. Dies wird z.B. anhand eines Beispiels einer üblichen Splitflow-Pumpe deutlich. Hier kann ein Zwischeneinlass z.B. als Ausnehmung im Gehäuse einer Turbomolekularpumpstufe ausgeführt sein. Diese Ausnehmung weist einen Leitwert auf, welcher das Saugvermögen des Zwischeneinlasses selbst beeinflusst. Im Axialbereich des Zwischeneinlasses innerhalb des Gehäuses hat dieser Leitwert hingegen kei-

nen Einfluss. Dort herrscht das interne Saugvermögen. Das Ziel kann hier insbesondere in der Beeinflussung des internen Saugvermögens beim betreffenden Einlass bestehen. Allerdings kann eine Beeinflussung des internen Saugvermögens beim Einlass grundsätzlich auch das Saugvermögen des Einlasses selbst beeinflussen.

[0011] Bevorzugt kann das Blockierelement innerhalb einer Pumpstufe vorgesehen sein. Dies bedeutet, dass die Pumpstufe sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts des Blockierelements ein pumpaktives Element aufweist. Das Blockierelement ist dabei also insbesondere nicht am Ende der betreffenden Pumpstufe angeordnet.

[0012] Grundsätzlich können auch mehrere erste Stellen vorgesehen sein, d. h. das Saugvermögen an mehreren Stellen kann beeinflusst werden. Ebenso können mehrere Blockierelemente an einer jeweiligen zweiten Stelle vorgesehen sein, zum Beispiel um das Saugvermögen an einer ersten Stelle oder an mehreren ersten Stellen zu beeinflussen.

[0013] Insbesondere kann die zweite Stelle von der ersten Stelle beabstandet sein. Dies bedeutet für die vorliegende Offenbarung, dass wenigstens ein pumpaktives Element zwischen der ersten und der zweiten Stelle vorgesehen ist.

[0014] Die zweite Stelle kann bevorzugt stromabwärts der ersten Stelle angeordnet sein. Das Blockierelement bewirkt stromaufwärts desselben bzw. der ersten Stelle auf einfache und vorteilhafte Weise eine Beeinflussung des Saugvermögens.

[0015] Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist vorgesehen, dass das, insbesondere interne, Saugvermögen an der ersten Stelle derart beeinflusst wird, dass dort eine Differenz und/oder ein Verhältnis zwischen einem partiellen Saugvermögen, insbesondere internen partiellen Saugvermögen, für ein erstes Gas und einem partiellen Saugvermögen, insbesondere internen partiellen Saugvermögen, für ein zweites Gas erhöht wird. Hierbei wird auf vorteilhafte Weise ausgenutzt, dass sich durch das Blockierelement die partiellen Saugvermögen für unterschiedliche Gase an der ersten Stelle auf unterschiedliche Weise beeinflussen lassen. Durch gezielte Anordnung und Ausgestaltung des Blockierelements lassen sich somit die partiellen Saugvermögen gezielt dahingehend beeinflussen, dass die Differenz bzw. das Verhältnis zwischen zwei partiellen Saugvermögen für unterschiedliche Gase möglichst groß ist. Durch Erhöhung der Differenz bzw. des Verhältnisses der partiellen Saugvermögen ändert sich insbesondere das Mengenverhältnis von entgegen der Pumprichtung zurückströmendem ersten Gas zum zurückströmenden zweiten Gas. Hierdurch kann zum Beispiel eine Art Selektion realisiert werden. Je größer die Differenz ist, desto stärker ist die Selektion.

[0016] Allgemeiner betrifft diese Idee und damit die Erfindung außerdem ein Verfahren zum Erhöhen der Differenz und/oder eines Verhältnisses zwischen einem partiellen Saugvermögen für ein erstes Gas und einem

partiellen Saugvermögen für ein zweites Gas umfassend ein Verfahren nach vorstehend beschriebener Art.

[0017] Die Differenz lässt sich insbesondere dann wirksam erhöhen, wenn das erste und das zweite Gas eine unterschiedliche molare Masse aufweisen. Das erste Gas kann bevorzugt eine molare Masse von mehr als 10 g/mol, insbesondere von mehr als 20 g/mol, aufweisen. Bei dem ersten Gas kann es sich z.B. um Stickstoff, nachfolgend auch bezeichnet als N₂, handeln. Stickstoff hat eine molare Masse von ca. 28 g/mol. Bei dem ersten Gas kann es sich z.B. auch um Luft handeln. Das zweite Gas kann bevorzugt eine molare Masse von weniger als 10 g/mol, insbesondere weniger als 5 g/mol, aufweisen. Bei dem zweiten Gas kann es sich z.B. um Helium, nachfolgend auch bezeichnet als He, handeln. Helium hat eine molare Masse von ca. 4 g/mol. Bei dem zweiten Gas kann es sich beispielsweise auch um Wasserstoff handeln. Wasserstoff hat eine molare Masse von ca. 2 g/mol. Das zweite Gas kann beispielsweise ein Prüfgas für eine Lecksuche sein.

[0018] Ferner kann nicht nur eine Differenz im betragsmäßigen Sinn beeinflusst werden, sondern auch eine Differenz im vorzeichenbehafteten Sinn. Die Erhöhung der Differenz im vorzeichenbehafteten Sinn umfasst, dass das partiellen Saugvermögen für ein erstes Gas um einen möglichst hohen Wert größer ist als das partielle Saugvermögen für ein zweites Gas. Ziel ist es somit auch, dass die Differenz kein negatives Vorzeichen annimmt.

[0019] Es versteht sich, dass sich auch partielle Saugvermögen für drei oder mehr Gase in ihrer Differenz und/oder im Verhältnis zueinander durch das erfindungsgemäße Blockierelement vorteilhaft beeinflussen lassen.

[0020] Mit Vorteil kann es vorgesehen sein, dass die erste Stelle innerhalb eines Gehäuses der Molekularvakuumpumpe, in einem mit einem Einlass direkt verbundenen Bereich und/oder in einem Axialbereich eines Einlasses angeordnet ist. Bei dem Einlass kann es sich bevorzugt um einen Zwischeneinlass handeln. Mithilfe des Blockierelements an der zweiten Stelle lässt sich das an der ersten Stelle wirksame, insbesondere interne, Saugvermögen auf einfache Weise gezielt beeinflussen.

[0021] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass die zweite Stelle bzw. das Blockierelement außerhalb eines Einlassbereichs, insbesondere außerhalb aller Einlassbereiche, angeordnet ist. Allgemein bevorzugt ist die zweite Stelle bzw. das Blockierelement innerhalb eines Gehäuses der Molekularvakuumpumpe vorgesehen. Weiter allgemein bevorzugt kann die zweite Stelle bzw. das Blockierelement innerhalb einer Pumpstufe vorgesehen sein. Hierbei wird ausgenutzt, dass das Blockierelement in seiner unmittelbaren Nähe eine recht drastische lokale Reduzierung des Saugvermögens bewirken kann. Wenn die zweite Stelle in einem Einlassbereich angeordnet ist, kann dies dazu führen, dass das Saugvermögen am betreffenden Einlass stark reduziert ist, was häufig nicht erwünscht ist. Wenn das Blockiere-

lement hingegen mit einem gewissen Abstand zum Einlass angeordnet wird, so kann das Saugvermögen an diesem Einlass ohne eine drastische Reduzierung beeinflusst werden. Dies erweist sich insbesondere im Zusammenhang mit der gezielten Beeinflussung einer Differenz oder eines Verhältnisses zwischen partiellen Saugvermögen als vorteilhaft. So sind eben häufig nicht lediglich die Differenz bzw. das Verhältnis der partiellen Saugvermögen, sondern auch die Höhe der partiellen Saugvermögen für sich genommen von Interesse.

[0022] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Blockierelement derart ausgebildet, dass ein partielles Saugvermögen für ein erstes Gas und ein partielles Saugvermögen für ein zweites Gas an der zweiten Stelle zumindest im Wesentlichen gleich sind. Dies kann zum Beispiel auf einfache Weise dadurch realisiert werden, dass das Blockierelement eine pumpaktive Struktur und/oder wenigstens ein pumpaktives Merkmal aufweist. Es hat sich in Simulationen gezeigt, dass sich die Differenz der partiellen Saugvermögen an der ersten Stelle durch diese Weiterbildung besonders stark erhöhen lässt. Als im Wesentlichen gleich ist eine Abweichung von höchstens 2 Liter pro Sekunde (L/s), bevorzugt höchstens 1 L/s, zu verstehen.

[0023] Ferner betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Auslegung einer Molekularvakuumpumpe umfassend ein Verfahren nach vorstehend beschriebener Art. Zudem betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Herstellung einer Molekularvakuumpumpe umfassend ein Verfahren nach vorstehend beschriebener Art.

[0024] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch eine Molekularvakuumpumpe nach dem hierauf gerichteten, unabhängigen Anspruch gelöst. Dieser lehrt eine Molekularvakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe, mittels derer ein gasförmiges Medium entlang eines Strömungspfades von einem Einlass zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe förderbar ist, wobei die Pumpstufe eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist, wobei ein, insbesondere statisches, Blockierelement vorgesehen ist, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist.

[0025] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Molekularvakuumpumpe einen Zwischeneinlass umfasst, der innerhalb der Pumpstufe angeordnet ist. Ein Zwischeneinlass kann bei einem ebenfalls vorteilhaften Beispiel auch zwischen zwei Pumpstufen angeordnet sein. Eine Molekularvakuumpumpe mit Zwischeneinlass wird auch als Splitflow-Pumpe bezeichnet. Bei einer solchen lassen sich die erfindungsgemäßen Vorteile besonders effektiv ausnutzen.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Blockierelement in Pumprichtung nach einem Einlass, insbesondere nach einem Zwischeneinlass, angeordnet ist, bevorzugt in einer Pumpstufe, welche einer in Pumprichtung ersten Pumpstufe nachgeordnet ist.

[0027] Bei einer weiteren Ausführungsform ist das Blockierelement außerhalb eines Einlassbereichs angeord-

net. Dies bedeutet, dass in Pumprichtung zwischen dem betreffenden Einlass und dem Blockierelement wenigstens ein pumpaktives Element angeordnet ist. Das Blockierelement kann somit insbesondere zu einem Einlassbereich beabstandet sein.

[0028] Das Blockierelement kann bevorzugt außerhalb jedes Einlassbereichs bzw. nicht in einem Einlassbereich angeordnet sein und/oder zu allen Einlässen beabstandet sein. Insbesondere kann das Blockierelement auch außerhalb eines bzw. jedes Auslassbereichs angeordnet sein.

[0029] Ein Blockierelement in einem Einlassbereich, insbesondere unmittelbar vor einem Einlassbereich, einer Molekularvakuumpumpe kann dazu dienen, das einströmende gasförmige Medium zu leiten und ein Rückströmen entgegen der Pumprichtung zu verringern. Wenn das Blockierelement hingegen außerhalb des Einlassbereichs angeordnet ist, kann beim Einlass insbesondere das, insbesondere interne, Saugvermögen für unterschiedliche Gase unterschiedlich beeinflusst werden und insbesondere eine Differenz und/oder ein Verhältnis eines partiellen Saugvermögens für ein erstes Gas zu einem partiellen Saugvermögen für ein zweites Gas erhöht werden. Dies beeinflusst zwar auch die Wahrscheinlichkeit, mit der ein gegebenes Gasmolekül entgegen der Pumprichtung zurückströmt, jedoch nicht unmittelbar durch eine leitende Funktion des Blockierelements, sondern durch Beeinflussung des Saugvermögens an einer ersten Stelle durch das Blockierelement an einer zweiten Stelle. Das Blockierelement weist also im Hinblick auf das lokale Saugvermögen an anderen Stellen im Strömungspfad eine Art Fernwirkung auf.

[0030] Wenn die partiellen Saugvermögen für unterschiedliche Gase an einer Stelle innerhalb des Gehäuses unterschiedlich beeinflusst werden, verändern sich insbesondere die Anteile der unterschiedlichen Gase am Rückstrom. Hierdurch wird letztlich eine Selektion der unterschiedlichen Gase erreicht. Zwar lassen sich die betreffenden Gase auf diese Weise nicht vollständig voneinander trennen. Gleichwohl kann es für bestimmte Anwendungen vorteilhaft sein, die Anteile der Gase am Rückstrom - wenn auch nur leicht - zu verändern.

[0031] Das Blockierelement kann insbesondere innerhalb einer Pumpstufe, d.h. zwischen zwei pumpaktiven Elementen der Pumpstufe, angeordnet sein.

[0032] Bevorzugt kann das Blockierelement in Pumprichtung zwischen zwei Einlässen oder zwischen einem Einlass und einem Auslass angeordnet sein.

[0033] Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass das Blockierelement über einen Winkelbereich in Bezug auf eine Rotationsachse eines Pumpenrotors geschlossen ist, insbesondere über einen Winkelbereich von mehr als 180°, insbesondere mehr als 270°. Der Rest des Winkelbereichs kann beispielsweise vollständig offen sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das Blockierelement eine pumpaktive Struktur. Vorteilhafterweise kann das Blockierelement über einen bestimmten Winkelbereich geschlossen sein und im restli-

chen Winkelbereich eine pumpaktive Struktur aufweisen. Durch eine pumpaktive Struktur im Blockierelement lassen sich die partiellen Saugvermögen für unterschiedliche Gase beim Blockierelement, d. h. an der zweiten Stelle, besonders ähnlich, bestenfalls zumindest im Wesentlichen gleich, dimensionieren. Dies kann insbesondere an einer anderen, also ersten, Stelle eine besonders starke Beeinflussung des Saugvermögens, insbesondere Erhöhung der Differenz bzw. des Verhältnisses zweier partieller Saugvermögen für unterschiedliche Gase zur Folge haben.

[0034] Die pumpaktive Struktur kann insbesondere eine Anzahl, insbesondere eine effektive Anzahl, pumpaktiver Merkmale und/oder an Durchgängen zwischen pumpaktiven Merkmalen aufweisen, wobei die Anzahl bevorzugt wenigstens 1 und/oder höchstens 10 beträgt. Dieser Bereich hat sich als besonders vorteilhaft im Hinblick auf eine möglichst hohe Differenz von partiellen Saugvermögen an der ersten Stelle erwiesen. Als weiter besonders vorteilhaft hat sich eine Anzahl von höchstens 4 erwiesen.

[0035] Die Molekularvakuumpumpe kann bevorzugt wenigstens eine von oder eine beliebige Kombination aus Turbomolekularpumpe, Holweckpumpe und/oder Siegbahnpumpe umfassen. Die Pumpstufen können insbesondere in Reihe geschaltet sein. Die Pumpstufen weisen insbesondere Rotoren bzw. Rotorabschnitte auf, die auf einer gemeinsamen Rotorwelle angeordnet sind, bzw. sind bevorzugt durch eine gemeinsame Rotorwelle angetrieben.

[0036] Das Blockierelement kann z.B. an oder innerhalb einer Turbomolekularpumpe, einer Holweckpumpe oder einer Siegbahnpumpe angeordnet sein. Es können auch mehrere Blockierelemente bspw. in unterschiedlichen oder gleichartigen Pumpstufen vorgesehen sein.

[0037] In einer Turbomolekularpumpe wird ein pumpaktives Element durch eine Turborotorscheibe oder eine Turbostatorscheibe gebildet. Ein pumpaktives Merkmal wird durch eine Turborotorscheibe oder eine Turbostatorscheibe gebildet.

[0038] In einer Holweckpumpe wird ein pumpaktives Element durch einen Axialabschnitt in Bezug auf eine Rotationsachse eines Pumpenrotors gebildet, wobei in diesem Axialabschnitt Holwecksteg über den, insbesondere zumindest im Wesentlichen gesamten, Umfang verteilt angeordnet sind. Ein pumpaktives Merkmal wird durch einen Holweckstegabschnitt gebildet.

[0039] In einer Siegbahnpumpe wird ein pumpaktives Element durch einen Radialabschnitt in Bezug auf eine Rotationsachse eines Pumpenrotors gebildet, wobei in diesem Radialabschnitt Siegbahnsteg über den, insbesondere zumindest im Wesentlichen gesamten, Umfang verteilt angeordnet sind. Ein pumpaktives Merkmal wird durch einen Siegbahnstegabschnitt gebildet.

[0040] Das Blockierelement kann beispielsweise auch in einer von mehreren Pumpstufen angeordnet werden, insbesondere um das Saugvermögen an einer Stelle,

insbesondere einer direkt mit einem Einlass verbundenen Stelle innerhalb des Gehäuses, zu beeinflussen, die in oder an einer anderen Pumpstufe angeordnet ist. Es kann also beispielsweise vorgesehen sein, dass die Molekularvakuumpumpe eine Holweckpumpe aufweist, innerhalb derer ein Blockierelement angeordnet ist, wobei das Saugvermögen an einem Zwischeneinlass beeinflusst wird, der innerhalb einer der Holweckpumpe vorgeschalteten Turbomolekularpumpe oder zwischen zwei der Holweckpumpe vorgeschalteten Turbomolekularpumpen angeordnet ist.

[0041] Ein weiteres Beispiel sieht vor, dass das Blockierelement zwischen zwei Pumpstufen, insbesondere zwischen einer Holweckpumpe und einer Turbomolekularpumpe angeordnet ist. Dies kann ebenfalls dazu dienen, das Saugvermögen an einem Zwischeneinlass zu beeinflussen, der innerhalb einer der Holweckpumpe vorgeschalteten Turbomolekularpumpe oder zwischen zwei der Holweckpumpe vorgeschalteten Turbomolekularpumpen angeordnet ist.

[0042] Grundsätzlich kann das Blockierelement beispielsweise auch zwischen zwei Einlässen, insbesondere zwischen zwei Zwischeneinlässen vorgesehen sein. So kann das Blockierelement etwa in einer Pumpstufe angeordnet sein, vor und nach welcher ein Einlass bzw. Zwischeneinlass vorgesehen ist. Ein Blockierelement zwischen zwei Einlässen kann beispielsweise dafür sorgen, dass sich die Kompression der Pumpstufe zwischen den Einlässen ändert bzw. beeinflusst wird. Hierdurch wird also das Druckverhältnis zwischen den betreffenden Einlässen beeinflusst.

[0043] Das Blockierelement kann gemäß einem technisch einfachen Beispiel aus Blech hergestellt sein, insbesondere wenn das Blockierelement in oder an einer Turbomolekularpumpe angeordnet ist. Das Blockierelement kann beispielsweise pumpaktive Merkmale, z.B. Turbostatorschaufeln, umfassen, die durch Stanzen und/oder Biegen hergestellt sind.

[0044] In oder an einer Holweckpumpe oder Siegbahnpumpe kann das Blockierelement beispielsweise als Querwand ausgebildet sein, welche ein oder mehrere Holwecknuten oder Siegbahnnuten blockiert. Beispielsweise können mehrere oder alle Holweck- bzw. Siegbahnnuten einer Pumpstufe an einer Axial- bzw. Radialposition durch einen Steg senkrecht zur Pumprichtung geschlossen sein, wobei nur eine Nut oder nur einzelne Nuten normal ausgeführt - d.h. offen - sind.

[0045] Das Blockierelement kann grundsätzlich beispielsweise als Blende ausgeführt sein.

[0046] Die Erfindung betrifft ferner ein Lecksuchgerät umfassend eine Molekularvakuumpumpe nach vorstehend beschriebener Art und eine Detektionseinrichtung, insbesondere für ein Prüfgas. Die erfindungsgemäßen Vorteile lassen sich in einem Lecksuchgerät besonders wirksam ausnutzen. Das Lecksuchgerät kann bevorzugt als Gegenstromlecksucher ausgebildet sein. Als Prüfgas kann bevorzugt Helium oder Wasserstoff zum Einsatz kommen - insbesondere im Fall von Wasserstoff z.B. in

Form eines Gasgemisches, welches das Prüfgas bzw. Wasserstoff enthält. Die Detektionseinrichtung kann z.B. als Massenspektrometer ausgebildet sein.

[0047] Die Molekularvakuumpumpe des Lecksuchgeräts umfasst gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung einen ersten Einlass und einen Zwischeneinlass, wobei der erste Einlass an die Detektionseinrichtung angeschlossen ist und wobei der Zwischeneinlass an einem auf Lecks zu untersuchenden Vakuumsystem angeschlossen oder anschließbar ist.

[0048] Das Blockierelement kann bevorzugt stromabwärts des Zwischeneinlasses vorgesehen sein, wobei vorteilhafterweise wenigstens ein pumpaktives Element in Pumprichtung zwischen dem Zwischeneinlass und dem Blockierelement vorgesehen sein kann. Das Blockierelement ist also insbesondere außerhalb des Bereichs des Zwischeneinlasses angeordnet und/oder zu diesem beabstandet.

[0049] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer Molekularvakuumpumpe nach vorstehend beschriebener Art zum Suchen eines Lecks in einem Vakuumsystem.

[0050] Ein Durchlassquerschnitt ist die offene Fläche innerhalb einer Pumpstufe im Querschnitt gemessen an einer gewählten Stelle entlang der Pumprichtung bzw. des Strömungspfad. Der Durchlassquerschnitt ist also insbesondere durch die Summe der Öffnungen in dem betreffenden Querschnitt gebildet, durch die zu fördernde Gasteilchen hindurchtreten können. Bei einer rotorbetriebenen Molekularvakuumpumpe bezieht sich der Durchlassquerschnitt insbesondere auf einen Querschnitt an einer gewählten Stelle entlang der Rotorachse, wobei die Schnittebene insbesondere senkrecht zur Rotorachse verläuft.

[0051] Der Durchlassquerschnitt der Pumpstufe ist insbesondere durch ein oder mehrere Statorelemente, im Falle einer Turbomolekularpumpstufe insbesondere Statorscheiben, definiert, nämlich insbesondere ein oder mehrere Statorelemente, die dem Blockierelement in Pumprichtung vor- oder nachgeordnet sind. Die Pumpstufe kann grundsätzlich entlang ihrer axialen Erstreckung einen variablen Durchlassquerschnitt aufweisen. Entscheidend ist die lokale Reduzierung durch das Blockierelement.

[0052] Der Durchlassquerschnitt wird durch das Blockierelement erfindungsgemäß lediglich reduziert, nicht aber gänzlich versperrt. Das Blockierelement kann also zum Beispiel einen Teil des Durchlassquerschnitts verdecken. Eine Förderung von Gas durch die Pumpstufe vorbei am Blockierelement und z.B. zu einer nächsten Pumpstufe bleibt somit möglich.

[0053] Der Durchlassquerschnitt ist also insbesondere durch den offenen Bereich eines Querschnitts durch einen Rotor der Pumpe im Bereich der Pumpstufe gebildet. Bei einer Turbomolekularpumpe oder -pumpstufe ist ein Durchlassquerschnitt einer Turbostatorscheibe beispielsweise nach radial außen durch eine radial äußere Begrenzung der Turbostatorschaufeln begrenzt. Nach

innen ist der Durchlassquerschnitt dabei durch eine radial innere Begrenzung der Turbostatorschaufeln, nämlich durch einen sogenannten Schaufelgrund, begrenzt. Der Durchlassquerschnitt weist in Umfangsrichtung durch die Schaufeln separierte, offene Abschnitte auf. Entsprechendes gilt für einen Turborotor bzw. eine Turborotorscheibe. Bei einer Holweckpumpstufe ist der Durchlassquerschnitt zum Beispiel nach außen oder nach innen von einem jeweiligen Grund mehrerer Holwecknuten begrenzt. In der entgegengesetzten Richtung, also nach innen bzw. nach außen, ist der Durchlassquerschnitt insbesondere durch einen Holweckrotor begrenzt. Der Durchlassquerschnitt weist in Umfangsrichtung durch Holweckstege separierte, offene Abschnitte auf, nämlich die Holwecknuten. Allgemein entspricht der Durchlassquerschnitt bei einer Holweckpumpstufe insbesondere im Wesentlichen der Summe der Querschnitte der Holwecknuten. Entsprechendes gilt für Siegbahnumpfstufen in radialer Richtung.

[0054] Insbesondere kann der Durchlassquerschnitt durch das Blockierelement um mindestens 25%, insbesondere mindestens 50%, weiter bevorzugt mindestens 75%, reduziert sein, insbesondere bezogen auf die Querschnittsfläche des Durchlassquerschnitts der Pumpstufe vor und/oder nach dem Blockierelements.

[0055] Ein Zwischeneinlass einer mehrstufigen Molekularvakuumpumpe wird beispielsweise auch als "interstage-port" bezeichnet und eine Molekularvakuumpumpe mit einem solchen Zwischeneinlass wird auch als "Split-flow-Pumpe" bezeichnet.

[0056] Insbesondere kann der Durchlassquerschnitt durch das Blockierelement lokal asymmetrisch, insbesondere in Bezug auf eine Rotorachse der Pumpstufe, sein. Z.B. kann das Blockierelement derart angeordnet sein, dass auf einer dem Zwischeneinlass zugewandten Seite einer Rotorwelle der Pumpstufe das Blockierelement einen größeren Anteil des Durchlassquerschnitts blockiert als auf einer dem Zwischeneinlass abgewandten Seite des Rotors, oder umgekehrt. Allgemein kann das Blockierelement auf einer dem Zwischeneinlass zugewandten oder abgewandten Seite der Rotorwelle angeordnet sein. Beispielsweise kann das Blockierelement lediglich in einem Teilwinkelbereich in Bezug auf die Rotorachse angeordnet sein, der insbesondere dem Zwischeneinlass zugeordnet oder nicht zugeordnet sein kann. Das Blockierelement kann den Durchlassquerschnitt z.B. in einem Bereich blockieren, der radial zwischen der Rotorachse und dem Zwischeneinlass liegt.

[0057] Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass das Blockierelement zumindest in einem dem Zwischeneinlass zugeordneten oder nicht zugeordneten Umfangsabschnitt, insbesondere im Wesentlichen nur in diesem Umfangsabschnitt, undurchlässig ausgebildet ist. Ein dem Zwischeneinlass radial gegenüberliegender Bereich oder ein dem Zwischeneinlass radial zugewandter Bereich kann insbesondere durchlässig und/oder pumpaktiv ausgebildet sein. In dem dem Zwischeneinlass radial gegenüberliegenden bzw. zugewandten Be-

reich kann der Stator insbesondere durchlässig und allgemein wie ein "normaler" Stator ausgebildet sein.

[0058] Die Geometrie des Blockierelements kann beispielsweise veränderbar sein. So lässt sich je nach gewählter Geometrie eine unterschiedliche Performance bezüglich des Saugvermögens einstellen.

[0059] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Blockierelement als Wand und/oder als durchgehendes Flächenelement ausgebildet ist und/oder sich quer zur Pumprichtung erstreckt. Dies bildet eine konstruktiv einfache Möglichkeit, die erfindungsgemäßen Vorteile zu erreichen. Das Blockierelement kann sich insbesondere senkrecht und/oder quer zur Pumprichtung und/oder zur Rotorachse erstrecken. Ein Flächenelement bzw. eine Wand kann beispielsweise parallel zu einer Begrenzung des Zwischeneinlasses und/oder schräg oder senkrecht in Bezug auf eine Rotorachse angeordnet sein.

[0060] Bei einigen Ausführungsformen erstreckt sich das Blockierelement in radialer Richtung nur über einen Teil des Durchlassquerschnitts der Pumpstufe, dies insbesondere in Bezug auf den benachbarten, insbesondere vor- und/oder nachgeordneten, Durchlassquerschnitt vor- bzw. nach der lokalen Reduzierung. Insbesondere kann das Blockierelement einen radial inneren Teil verdecken und/oder einen radial äußeren Teil nicht verdecken. Beispielsweise ist auch eine Kombination mit einem Blockierelement bzw. einem Abschnitt desselben Blockierelements in einem anderen Umfangsbereich mit Erstreckung über die gesamte radiale Breite möglich.

[0061] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Blockierelement als Teil einer Turbostatorscheibe ausgebildet ist. Grundsätzlich kann das Blockierelement beispielsweise unmittelbar mit einer Statorscheibe, insbesondere einer Teilstatorscheibe, verbunden und/oder einer solchen axial zugeordnet sein. Axial zugeordnet bedeutet, dass das Blockierelement zumindest teilweise im selben Axialbereich wie die Statorscheibe bzw. Teilstatorscheibe angeordnet ist. Insbesondere kann das Blockierelement einen dem Zwischeneinlass zugewandten oder abgewandten Abschnitt der Turbostatorscheibe ersetzen. Im Querschnitt betrachtet und auf axialer Höhe des Blockierelements können beispielsweise auf der einen, insbesondere dem Zwischeneinlass zugewandten oder abgewandten, Seite der Rotorwelle Statorschaufeln vorgesehen sein, während auf einer anderen, dem Zwischeneinlass zugewandten Seite der Rotorwelle das Blockierelement oder ein geschlossener Bereich desselben und insbesondere keine Statorschaufeln vorgesehen sind.

[0062] Das Blockierelement kann gemäß einem konstruktiv einfachen Ausführungsbeispiel als Blech ausgebildet sein. Turbostatorscheiben sind häufig ebenfalls als Blechteile ausgebildet und das Blockierelement lässt sich allgemein auf ähnliche Weise wie eine Turbostatorscheibe herstellen bzw. ausbilden, wobei aber insbesondere in einem geschlossenen Bereich des Blockierelements keine separierten Schaufeln vorgesehen werden.

[0063] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Blockierelement einen, insbesondere radial inneren, Schaufelgrund für ein oder mehrere Statorschaufeln definiert. Insbesondere kann ein vom Blockierelement definierter Schaufelgrunddurchmesser größer sein als der Schaufelgrunddurchmesser einer vor- oder nachgeordneten Rotor- und/oder Statorscheibe, insbesondere um wenigstens 20% größer.

[0064] Bevorzugt ist das Blockierelement zumindest im Wesentlichen und zumindest mit einem geschlossenen Bereich des Blockierelements eben ausgeführt. Das Blockierelement kann beispielsweise aber auch schalen- und/oder trichterförmig ausgebildet sein, insbesondere teilring-, teilschalen- und/oder teiltrichterförmig, wobei sich der Begriff "teil-" insbesondere auf einen Winkelbereich um die Rotorwelle bezieht.

[0065] Allgemein kann die Pumpe z.B. einen dem Zwischeneinlass in Bezug auf die Pumprichtung vorgeordneten pumpaktiven Rotorabschnitt und einen in Bezug auf die Pumprichtung nachgeordneten pumpaktiven Rotorabschnitt aufweisen, wobei insbesondere beide Rotorabschnitte mit derselben Rotorwelle verbunden und/oder in Reihe geschaltet sein können. Allgemein kann die Molekularvakuumpumpe zum Beispiel nur eine Rotorwelle aufweisen, wobei insbesondere alle Pumpstufen und Pumpstufenabschnitte von der Rotorwelle angetrieben sein können und/oder in Reihe geschaltet sein können.

[0066] Generell kann der Zwischeneinlass bevorzugt in einen Axialbereich, insbesondere in einem Pumpengehäuse, münden, über den hinweg die dem Zwischeneinlass vorgeschaltete Pumpstufe bzw. der Pumpstufenabschnitt in Reihe mit einer bzw. der dem Zwischeneinlass nachgeschalteten Pumpstufe bzw. dem Pumpstufenabschnitt verbunden ist. Bei diesem Axialbereich kann es sich beispielsweise um einen Zwischenstufenbereich oder um einen Axialbereich innerhalb einer Pumpstufe, beispielsweise einen Axialbereich einer Turborotorscheibe, handeln. Allgemein kann die Förderung von Gas insbesondere über den Axialbereich, in den der Zwischeneinlass mündet, und/oder über den Zwischenstufenbereich hinweg erfolgen.

[0067] Es versteht sich, dass die hierin beschriebenen Verfahren auch entsprechend der in Bezug auf die Vorrichtungen beschriebenen Ausführungsformen und Einzelmerkmale weitergebildet werden können und umgekehrt.

[0068] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

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 Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- Fig. 6 eine Auftragung eines internen Saugvermögensverlaufs einer Molekularvakuumpumpe,
- Fig. 7 eine Molekularvakuumpumpe,
- Fig. 8 eine Auftragung eines internen Saugvermögensverlaufs einer Molekularvakuumpumpe mit einem Blockierelement,
- Fig. 9 eine Molekularvakuumpumpe mit Blockierelement,
- Fig. 10 ein Blockierelement,
- Fig. 11 ein weiteres Blockierelement,
- Fig. 12 eine Auftragung eines internen Saugvermögensverlaufs einer Molekularvakuumpumpe mit einem Blockierelement,
- Fig. 13 ein Lecksuchgerät.

[0069] 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.

[0070] 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.

[0071] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die

kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0072] 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, eingebracht 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.

[0073] 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.

[0074] Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0075] 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.

[0076] 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 Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0077] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0078] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-

lass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0079] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0080] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0081] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0082] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine 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-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0083] 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 Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber 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 dritte Holweck-Pumpstufe.

[0084] 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. Außerdem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial

innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Dadurch 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.

[0085] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils 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.

[0086] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0087] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0088] 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 größer 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.

[0089] 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 Deckelement 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.

[0090] 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.

[0091] 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.

[0092] 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 wer-

den, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0093] 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.

[0094] Die nachfolgend beschriebenen Pumpen und Systeme sind teilweise stark schematisiert und vereinfacht dargestellt. Sie sind zwecks praktischer Umsetzung vorteilhaft mit einzelnen oder mehreren Merkmalen der vorstehend beschriebenen Pumpe ausführbar. Ebenso kann die vorstehend beschriebene Pumpe vorteilhaft mit einem Blockierelement, insbesondere anstelle einer der gezeigten Statorscheiben, ausgestattet werden.

[0095] In Fig. 6 ist eine Auftragung zweier partieller Saugvermögen für unterschiedliche Gase innerhalb einer beispielhaften Molekularvakuumpumpe 250 gezeigt, welche in Fig. 7 dargestellt ist. Die Molekularvakuumpumpe 250 umfasst eine Turbopumpstufe 252 und eine Holweckpumpstufe 254.

[0096] Die Ordinate der Auftragung in Fig. 6 ist dem Saugvermögen S in L/s zugeordnet. Die Abszisse ist einer betrachteten Stelle i entlang des Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe 250 zugeordnet. Die Turbopumpstufe 250 umfasst 16 Scheiben, die jeweils eine "Stelle" im Sinne der Auftragung der Fig. 6 darstellen. Die Holweckpumpstufe 254 stellt als Ganzes eine Stelle im Sinne der Auftragung der Fig. 6 dar. Alle Stellen i sind innerhalb des hier nicht dargestellten Gehäuses der Molekularvakuumpumpe 250 angeordnet. Die Auftragung zeigt also den Verlauf der internen partiellen Saugvermögen für die unterschiedlichen Gase.

[0097] Die Nummerierung der Stellen des Strömungspfad erfolgt hier entgegen der Pumprichtung. Die Turborotorscheibe an Stelle 17 bildet das hochvakuumseitige Ende der Molekularvakuumpumpe 250, wohingegen die Holweckpumpstufe 254 an Stelle 1 das druckseitige Ende der Molekularvakuumpumpe 250 bildet. Die Pumprichtung verläuft also in Fig. 6 und 7 von rechts nach links. Turborotorscheiben weisen geradzahlige Stellennummern auf, wohingegen Turborotorscheiben ungeradzahlige Nummern aufweisen, wobei letztere zwecks Übersichtlichkeit nicht gesondert aufgeführt sind. In Fig. 7 sind aber zur Erleichterung des Verständnisses die Stellen 1 und 17 bezeichnet.

[0098] Im Allgemeinen ist das Saugvermögen S am hochvakuumseitigen Ende der Molekularpumpe 250, rechts in Fig. 6, recht groß und nimmt zum druckseitigen Ende der Molekularvakuumpumpe 250, in Fig. 6 nach links hin, ab.

[0099] Die in Fig. 6 dargestellten Saugvermögensverläufe betreffen die partiellen Saugvermögen für Helium und für Stickstoff. Entsprechend werden die Saugvermögensverläufe mit S_{N_2} bzw. S_{He} bezeichnet. Diese Saugvermögensverläufe wurden - wie auch die nachfolgend

noch beschriebenen Saugvermögensverläufe - durch Simulation ermittelt.

[0100] Die Molekularvakuumpumpe 250 umfasst einen in Pumprichtung ersten Einlass 256, welcher an Stelle 17 bzw. bei der hochvakuumseitigen Turborotorscheibe mündet. Außerdem umfasst die Molekularvakuumpumpe 250 einen Zwischeneinlass 258, welcher bei Stelle 11 bzw. bei der entsprechenden Turborotorscheibe mündet.

[0101] Die Einlässe 256 und 258 sind sowohl in Fig. 6 als auch in Fig. 7 angedeutet. Ferner ist in Fig. 6 eine Differenz 260 zwischen den partiellen Saugvermögen für Helium und Stickstoff beim Zwischenanschluss 258 bzw. an Stelle 11 angedeutet. Die Differenz 260 entspricht damit $\Delta S_{11} = S_{N_2;11} - S_{He;11}$.

[0102] Die Fig. 8 und 9 zeigen zu den Fig. 6 und 7 ähnliche Darstellungen, weshalb bezüglich der Fig. 8 und 9 lediglich auf Besonderheiten eingegangen wird. Die betrachtete Molekularvakuumpumpe 250 ist grundsätzlich wie diejenige der Fig. 7 aufgebaut. An Stelle 6 ist allerdings keine gewöhnliche Turbostatorscheibe vorgesehen, sondern ein statisches Blockierelement 262. Das Blockierelement 262 ist sowohl in Fig. 8 als auch in Fig. 9 angedeutet.

[0103] Das Blockierelement 262 bewirkt eine lokale Reduzierung des Durchlassquerschnitts der Molekularvakuumpumpe 250. Dies wird zum Beispiel dadurch bewirkt, dass das Blockierelement 262 bereichsweise als geschlossene Scheibe und bereichsweise als zumindest teilweise offene Scheibe ausgebildet ist, wie es in Fig. 9 durch eine Volllinie einerseits der Rotorwelle 264 bzw. eine gestrichelte Linie andererseits der Rotorwelle 264 angedeutet ist.

[0104] Wie aus Fig. 8 hervorgeht, sind die partiellen Saugvermögen S_{N_2} und S_{He} bei Stelle 6 bzw. beim Blockierelement 262 stark reduziert. Dies entspricht den Erwartungen des Fachmanns, da das Blockierelement 262 den Durchlassquerschnitt der Turbopumpstufe 252 lokal reduziert. Es hat sich darüber hinaus gezeigt, dass die Saugvermögen S_{N_2} und S_{He} hierdurch auch an anderen Stellen entlang des Strömungspfades beeinflusst werden, insbesondere auch an Stellen, die vom Blockierelement 262 beabstandet sind. Dies ergibt sich aus einem Vergleich der Fig. 6 und 8. Ferner hat sich gezeigt, dass die partiellen Saugvermögen S_{N_2} und S_{He} nicht in gleicher Weise, sondern unterschiedlich beeinflusst werden. Es wurde erkannt, dass im Allgemeinen ein Blockierelement 262 zur gezielten Beeinflussung eines Saugvermögens an einer von der Stelle des Blockierelement 262 verschiedenen Stelle eingesetzt werden kann und dass im Besonderen der unterschiedliche Einfluss auf partielle Saugvermögen für unterschiedliche Gase ausgenutzt werden kann, um eine Differenz und/oder ein Verhältnis zwischen den partiellen Saugvermögen gezielt zu beeinflussen.

[0105] Insbesondere wurden durch das Blockierelement 262 die partiellen Saugvermögen $S_{N_2;11}$ und $S_{He;11}$ derart beeinflusst, dass die Differenz 260 zwischen die-

sen beiden partiellen Saugvermögen im Vergleich zu Fig. 6 bzw. zur Molekularvakuumpumpe 250 ohne Blockierelement gemäß Fig. 7 vergrößert wurde. Am Zwischeneinlass 258 wurde also letztlich das partielle Saugvermögen für Stickstoff relativ zum partiellen Saugvermögen für Helium erhöht.

[0106] In Fig. 10 ist ein beispielhaftes Blockierelement 262 dargestellt. Die Blickrichtung des Betrachters ist hier parallel zur Rotorwelle. Das Blockierelement 262 ist als eine Scheibe ausgebildet, die über einen Winkelbereich in Bezug auf die Rotorwelle geschlossen ausgebildet ist. Der geschlossene Winkelbereich 264 erstreckt sich hier über etwa 270° . Im übrigen Winkelbereich 266 ist das Blockierelement 262 schlicht offen. Der Bereich 266 ist also ein durchlässiger Bereich. Das hier gezeigte Blockierelement 262 bildet eine besonders einfache Ausführungsform. Die Saugvermögensverläufe gemäß Fig. 8 basieren insbesondere auf einem derartigen Blockierelement 262.

[0107] In seiner Mitte weist das Blockierelement 262 einen in Fig. 10 freien Zentralbereich 268 auf, durch den sich im montierten Zustand die Rotorwelle hindurch erstreckt. Somit bildet der Zentralbereich 268 keinen offenen Durchlassquerschnitt. Ein solcher wird hingegen nur durch den Winkelbereich 266 gebildet. Gleichwohl kann ein offener Zentralbereich beispielsweise auch größer als die Rotorwelle sein, sodass ein Radialbereich zwischen Blockierelement und Rotorwelle offen bzw. durchlässig ist. Dies betrifft den Innenumfang des Blockierelements. Es versteht sich, dass dies auch entsprechend für seinen Außenumfang gilt, d.h. auch am Außenumfang kann ein offener Radialbereich vorgesehen sein.

[0108] In Fig. 11 ist eine weitere Ausführungsform eines Blockierelement 262 perspektivisch dargestellt. Das Blockierelement 262 der Fig. 11 umfasst einen geschlossenen Winkelbereich 264, der hier größer als 300° ist. In einem Bereich 270 ist das Blockierelement 262 durchlässig ausgebildet, weist allerdings im Gegensatz zum Bereich 266 in Fig. 10 eine pumpaktive Struktur auf. Die pumpaktive Struktur ist hier durch Turbostatorschaufeln 272 gebildet.

[0109] Konkret weist die pumpaktive Struktur bzw. der Bereich 270 Turbostatorschaufeln 272 mit zwei dazwischenliegenden Durchgängen 274 auf. Die Turbostatorschaufel 272.2 ist gewissermaßen als "normale" Turbostatorschaufel ausgebildet, insbesondere bildet sie eine vollständige Turbostatorschaufel. Die Turbostatorschaufeln 272.1 und 272.3 sind hingegen lediglich als teilweise oder "halbe" Turbostatorschaufeln ausgebildet. Somit weist die pumpaktive Struktur des Blockierelements 262 effektiv zwei Turbostatorschaufeln auf, was der Anzahl der Durchgänge 274 zwischen den Turbostatorschaufeln 272 entspricht.

[0110] Die pumpaktive Struktur des Blockierelement 262 bewirkt eine relative Angleichung der partiellen Saugvermögen für unterschiedliche Gase im Bereich des Blockierelements 262.

[0111] Fig. 12 zeigt eine Auftragung der partiellen

Saugvermögen für Stickstoff und Helium in einer Pumpe gemäß Fig. 9, wobei das Blockierelement 262 gemäß Fig. 11 ausgebildet ist und ebenfalls an Stelle 6 vorgesehen ist. Ein Vergleich der Auftragungen der Fig. 8 und 12 an Stelle 6 zeigt, dass mit dem Blockierelement 262 gemäß Fig. 11 die partiellen Saugvermögen S_{N_2} und S_{He} an der Stelle des Blockierelements 262, hier also an Stelle 6, ähnlicher sind, als beim Blockierelement 262 gemäß Fig. 10 bzw. ohne pumpaktive Struktur, insbesondere zumindest im Wesentlichen gleich.

[0112] Außerdem zeigt ein Vergleich der Auftragungen der Fig. 8 und 12 an Stelle 11 bzw. am Zwischeneinlass 258, dass die Differenz 260 zwischen den partiellen Saugvermögen in Fig. 12 größer ist, als dies in Fig. 8 der Fall ist. Die pumpaktive Struktur sorgt hier also für eine weitere Erhöhung der Differenz 260 der partiellen Saugvermögen bzw. für eine weitere Erhöhung des partiellen Saugvermögens $S_{N_2;11}$ relativ zum partiellen Saugvermögen $SH_2;11$.

[0113] In Fig. 13 ist ein Lecksuchgerät 280 dargestellt. Das Lecksuchgerät 280 umfasst eine Molekularvakuumpumpe 282, eine Detektionseinrichtung 284, welche als Massenspektrometer ausgebildet ist, und einen Anschluss 286 für ein hier nicht dargestelltes Vakuumsystem, welches auf Lecks überprüft werden soll.

[0114] Die Molekularvakuumpumpe 282 ist als Splitflow-Pumpe ausgeführt. Sie umfasst einen ersten Einlass 288, einen Zwischeneinlass 290, einen weiteren Zwischeneinlass 292 sowie einen Auslass 294.

[0115] Die Molekularvakuumpumpe 282 umfasst eine Turbopumpstufe 296 und eine Holweckpumpstufe 298. Eine Pumprichtung und ein Strömungspfad verlaufen vom ersten Einlass 288 zum Auslass 294. Der Zwischeneinlass 290 mündet in der Turbopumpstufe 296. Der Zwischeneinlass 292 mündet am Eingang der Holweckpumpstufe 268. Der Auslass 294 mündet am Ende der Holweckpumpstufe 298.

[0116] Das Lecksuchgerät 280 umfasst ferner eine Vorvakuumpumpe 300. Über ein Leitungssystem ist der Anschluss 286 insbesondere an die Zwischeneinlässe 290 und 292 angeschlossen und die Vorvakuumpumpe 300 ist insbesondere an den Auslass 294 angeschlossen. Das Leitungssystem ist ferner so ausgebildet und durch Ventile 302 flexibel dahingehend ansteuerbar, dass sowohl der Anschluss 286 als auch die Vorvakuumpumpe 300 im Wesentlichen beliebig mit den Zwischeneinlässen 290 und 292 sowie dem Auslass 294 verbindbar bzw. von diesen trennbar sind.

[0117] Das Lecksuchgerät 280 wird zum Beispiel mit Helium als Prüfgas betrieben. Alternativ können beispielsweise auch Wasserstoff oder ein Wasserstoff enthaltendes Gasgemisch als Prüfgas zum Einsatz kommen. Die vorliegenden Beschreibungen der Figuren beziehen sich weitgehend lediglich auf Helium, gelten jedoch für Wasserstoff entsprechend.

[0118] Bei der Suche nach einem Leck wird Helium im Bereich des auf Lecks zu untersuchenden, hier nicht dargestellten Vakuumsystems verteilt und das Vakuumsys-

tem wird über den Anschluss 286 evakuiert. Wenn das Vakuumsystem ein Leck aufweist, gelangt - neben der Umgebungsluft - Helium in das Vakuumsystem hinein und zum Anschluss 286. Dieser ist insbesondere mit dem Zwischeneinlass 290 verbunden, sodass das Helium zusammen mit den Gasbestandteilen der Umgebungsluft zum Zwischeneinlass 290 und in die Molekularvakuumpumpe 282 gelangt.

[0119] Die Detektionseinrichtung 284 dient der Detektion des Heliums. So wird ein gewisser Teil des Heliums vom Zwischeneinlass 290 entgegen der Pumprichtung strömen und über den ersten Einlass 288 zur Detektionseinrichtung 284 gelangen. Aus diesem Grund wird ein Lecksuchgerät nach der hier dargestellten Art auch als Gegenstromlecksuchgerät bezeichnet.

[0120] Grundsätzlich werden auch gewisse Mengen der Luftbestandteile entgegen der Pumprichtung strömen und zur Detektionseinrichtung 284 gelangen. Diese können die Detektionsgenauigkeit bezüglich Helium beeinträchtigen. Da Luft zum weitaus größten Teil aus Stickstoff besteht, wird dieser hier vorrangig betrachtet. Zur Verbesserung der Detektionsgenauigkeit der Detektionseinrichtung 284 bezüglich Helium wäre es also vorteilhaft, wenn ein möglichst großer Anteil an Stickstoff in Pumprichtung zum Auslass 294 abgepumpt wird, während ein möglichst großer Anteil an Helium entgegen der Pumprichtung zur Detektionseinrichtung 284 gelangt.

[0121] Die Molekularvakuumpumpe 282 ist mit einem Blockierelement 262 ausgestattet. Dieses ist an einer Stelle stromabwärts des Zwischeneinlasses 290 und beabstandet zu diesem angeordnet. Konkret sind mehrere pumpaktive Elemente in Pumprichtung zwischen dem Blockierelement 262 und dem Zwischeneinlass 290 vorgesehen.

[0122] Durch das Blockierelement 262 wird bewirkt, dass an der Stelle des Zwischeneinlasses 290 in Bezug auf den Strömungspfad das partielle Saugvermögen für Stickstoff relativ zum partiellen Saugvermögen für Helium erhöht wird, insbesondere dass die Differenz zwischen diesen partiellen Saugvermögen erhöht wird. Dies erfolgt in ähnlicher Weise, wie es bezüglich der Fig. 8 und 12 für den Zwischeneinlass 258 bzw. Stelle 11 beschrieben ist.

[0123] Durch Veränderung der partiellen Saugvermögen für Stickstoff und Helium relativ zueinander verändert sich auch das Verhältnis von rückströmendem Helium zu rückströmendem Stickstoff. Insbesondere bewirkt ein partielles Saugvermögen für Stickstoff am Zwischeneinlass 290, welches relativ zum partiellen Saugvermögen für Helium groß ist, dass ein großer Teil des Stickstoffs in Pumprichtung abtransportiert wird und nur ein geringer Teil des Stickstoffs entgegen der Pumprichtung strömt. Umgekehrt bewirkt dies, dass ein geringer Teil des Heliums in Pumprichtung abtransportiert wird und ein großer Teil des Heliums entgegen der Pumprichtung strömt. Das Mengenverhältnis von rückströmendem Helium zu rückströmendem Stickstoff wird somit verbessert und hierdurch wird die Detektionsgenauigkeit des

Lecksuchgeräts 280 verbessert.

Bezugszeichenliste

[0124]

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
 143 Schraube
 145 Lagerdeckel
 147 Befestigungsbohrung
 148 Kühlmittelleitung
 149 Rotor
 151 Rotationsachse
 153 Rotorwelle
 155 Rotorscheibe
 157 Statorscheibe
 159 Abstandsring
 161 Rotornabe
 163 Holweck-Rotorhülse
 165 Holweck-Rotorhülse
 167 Holweck-Statorhülse
 169 Holweck-Statorhülse
 171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 179 Verbindungskanal
 181 Wälzlager
 183 Permanentmagnetlager
 185 Spritzmutter
 187 Scheibe
 189 Einsatz
 191 rotorseitige Lagerhälfte
 193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder

215 Not- bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 5 223 Labyrinthdichtung
 250 Molekularvakuumpumpe
 252 Turbopumpstufe
 254 Holweckpumpstufe
 256 erster Einlass
 10 258 Zwischeneinlass
 260 Differenz
 262 Blockierelement
 264 geschlossener Bereich
 266 durchlässiger Bereich
 15 268 Zentralbereich
 270 durchlässiger Bereich
 272 Turbostatorschaufel
 274 Durchgang
 280 Lecksuchgerät
 20 282 Molekularvakuumpumpe
 284 Detektionseinrichtung
 286 Anschluss
 288 erster Einlass
 290 Zwischeneinlass
 25 292 Zwischeneinlass
 294 Auslass
 296 Turbopumpstufe
 298 Holweckpumpstufe
 300 Vorvakuumpumpe
 30 302 Ventil

Patentansprüche

- 35 1. Verfahren zum Beeinflussen des Saugvermögens, insbesondere eines internen Saugvermögens, einer Molekularvakuumpumpe (250, 280), welche wenigstens eine molekulare Pumpstufe (252, 254, 296, 298) umfasst, mittels derer ein gasförmiges Medium
- 40 entlang eines Strömungspfades von einem Einlass (256, 258, 288, 290) zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe (250, 280) förderbar ist, wobei die Pumpstufe (252, 254, 296, 298) eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist,
- 45 wobei das Beeinflussen des Saugvermögens an einer ersten Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe (250, 280) erfolgt, nämlich durch Vorsehen eines Blockierelements (262) an einer
- 50 zweiten, von der ersten Stelle verschiedenen Stelle im Strömungspfad der Molekularvakuumpumpe (250, 280), durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist.
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die zweite Stelle von der ersten Stelle beabstandet ist und/oder wobei die zweite Stelle stromabwärts der ersten Stelle angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
wobei das, insbesondere interne, Saugvermögen an
der ersten Stelle derart beeinflusst wird, dass dort
eine Differenz und/oder ein Verhältnis zwischen ein-
em partiellen Saugvermögen für ein erstes Gas und
einem partiellen Saugvermögen für ein zweites Gas
erhöht wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3,
wobei das erste Gas eine molare Masse von mehr
als 10 g/mol, insbesondere von mehr als 20 g/mol,
aufweist, und/oder 10
wobei das zweite Gas eine molare Masse von we-
niger als 10 g/mol, insbesondere weniger als 5 g/mol,
aufweist, und/oder 15
wobei das erste Gas Stickstoff und/oder Luft ist
und/oder wobei das zweite Gas Helium und/oder
Wasserstoff ist. 20
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden
Ansprüche,
wobei die erste Stelle innerhalb eines Gehäuses der
Molekularvakuumpumpe (250), in einem mit einem
Einlass (258, 256, 288, 290) direkt verbundenen Be-
reich und/oder in einem Axialbereich eines Einlas-
ses (258, 256, 288, 290), insbesondere Zwischen-
einlass, angeordnet ist und/oder wobei die zweite
Stelle außerhalb eines Einlassbereichs angeordnet
ist. 25
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden
Ansprüche,
wobei das Blockierelement (262) derart ausgebildet
ist, dass ein partielles Saugvermögen für ein erstes
Gas und ein partielles Saugvermögen für ein zweites
Gas an der zweiten Stelle zumindest im Wesentli-
chen gleich sind. 30
7. Molekularvakuumpumpe (250, 282), insbesondere
Turbomolekularvakuumpumpe, mit 40
wenigstens einer molekularen Pumpstufe (252, 254,
296, 298), mittels derer ein gasförmiges Medium ent-
lang eines Strömungspfades von einem Einlass
(256, 258, 288, 290) zu einem Auslass (294) der
Molekularvakuumpumpe (250, 282) förderbar ist,
wobei die Pumpstufe (252, 254, 296, 298) eine
Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen
Durchlassquerschnitt aufweist, 45
wobei ein, insbesondere statisches, Blockierele-
ment (262) vorgesehen ist, durch welches der
Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist. 50
8. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach Anspruch
7,
wobei die Molekularvakuumpumpe (250, 282) einen
Zwischeneinlass (258, 290) umfasst, der innerhalb
der Pumpstufe (252, 296) oder zwischen zwei Pump-
stufen (252, 296) angeordnet ist. 55
9. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach Anspruch
7 oder 8,
wobei das Blockierelement (262) in Pumprichtung
nach einem Einlass (256, 258, 288, 290), insbeson-
dere nach einem Zwischeneinlass, angeordnet ist.
10. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach wenig-
stens einem der Ansprüche 7 bis 9,
wobei das Blockierelement (262) außerhalb eines
Einlassbereichs und/oder innerhalb einer Pumpstu-
fe (252, 254, 296, 298) angeordnet ist.
11. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach wenig-
stens einem der Ansprüche 7 bis 10,
wobei das Blockierelement (262) über einen Winkel-
bereich (264) in Bezug auf eine Rotationsachse ein-
es Pumpenrotors geschlossen ist, insbesondere
über einen Winkelbereich von mehr als 180°, insbe-
sondere mehr als 270°.
12. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach wenig-
stens einem der Ansprüche 7 bis 11,
wobei das Blockierelement (262) eine pumpaktive
Struktur aufweist.
13. Molekularvakuumpumpe (250, 282) nach wenig-
stens einem der Ansprüche 7 bis 12,
wobei die pumpaktive Struktur eine Anzahl, insbe-
sondere eine effektive Anzahl, pumpaktiver Merk-
male (272) aufweist, wobei die Anzahl wenigstens 1
und/oder höchstens 10, insbesondere höchstens 4,
beträgt. 30
14. Lecksuchgerät umfassend:
35
eine Molekularvakuumpumpe (282) nach einem
der Ansprüche 7 bis 13 und eine Detektionsein-
richtung (284) zur Detektion eines Prüfgases,
insbesondere wobei die Molekularvakuumpum-
pe (282)
einen ersten Einlass (288) und
einen Zwischeneinlass (290) umfasst,
wobei der erste Einlass (288) an die Detekti-
onseinrichtung (284), z.B. Massenspektrome-
ter, angeschlossen ist,
wobei der Zwischeneinlass (290) an einem auf
Lecks zu untersuchenden Vakuumsystem an-
geschlossen oder anschließbar ist,
wobei das Blockierelement (262) stromabwärts
des Zwischeneinlasses (290) vorgesehen ist,
und
wobei wenigstens ein pumpaktives Element in
Pumprichtung zwischen dem Zwischeneinlass
(290) und dem Blockierelement (262) vorgese-
hen ist.
15. Verwendung einer Molekularvakuumpumpe nach
einem der Ansprüche 7 bis 13 zum Suchen eines

Lecks in einem Vakuumsystem.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

15

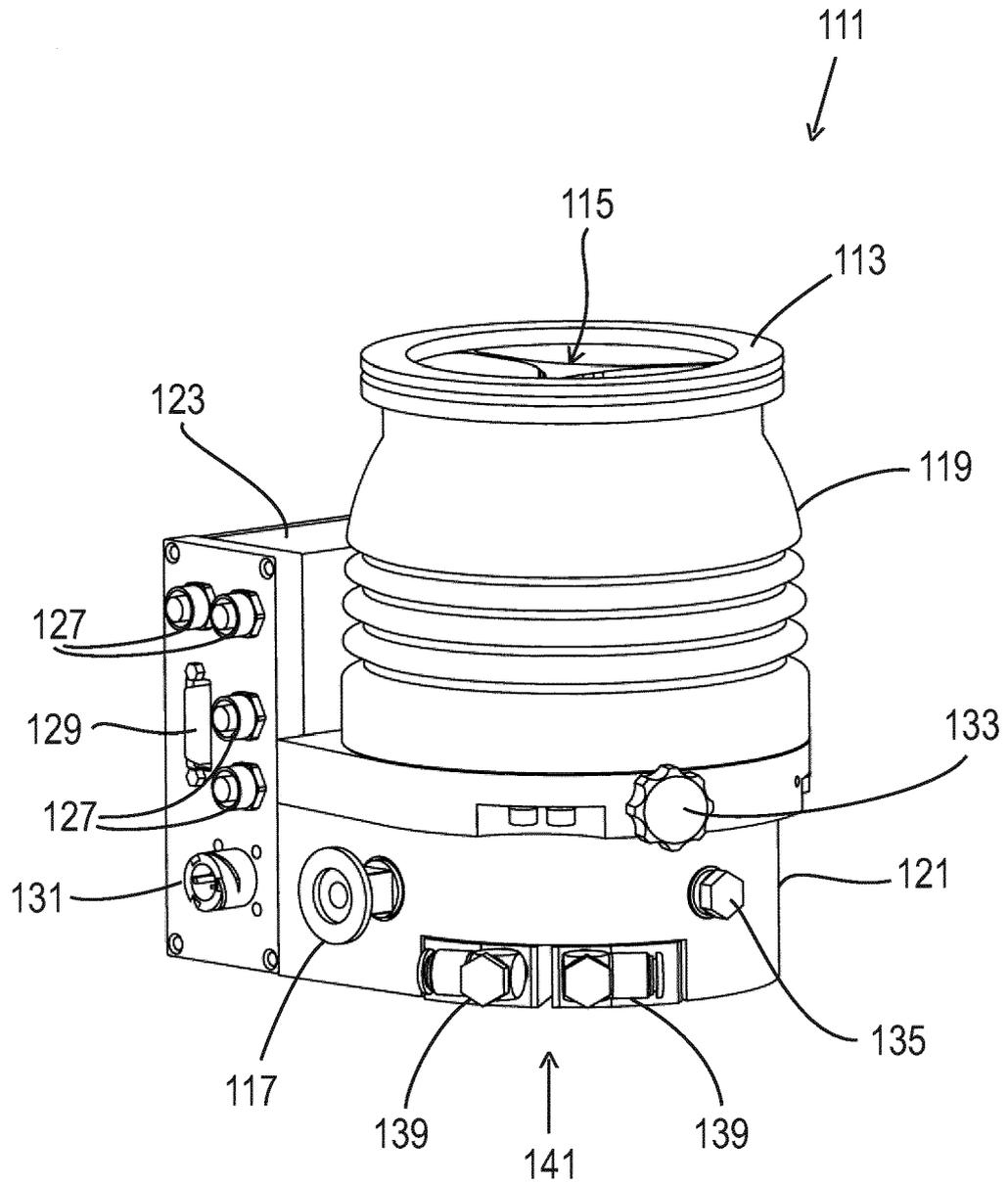


Fig. 1

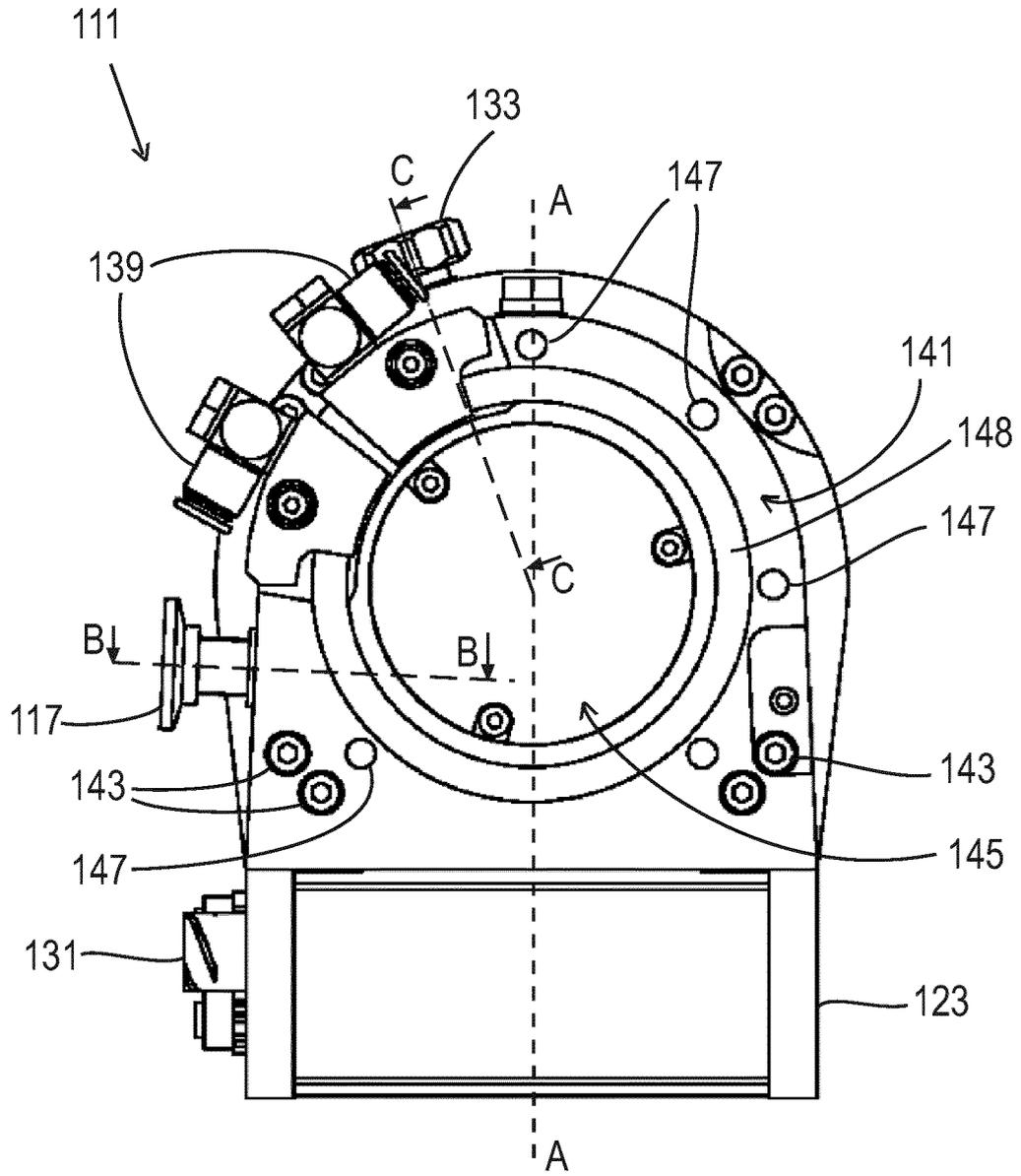


Fig. 2

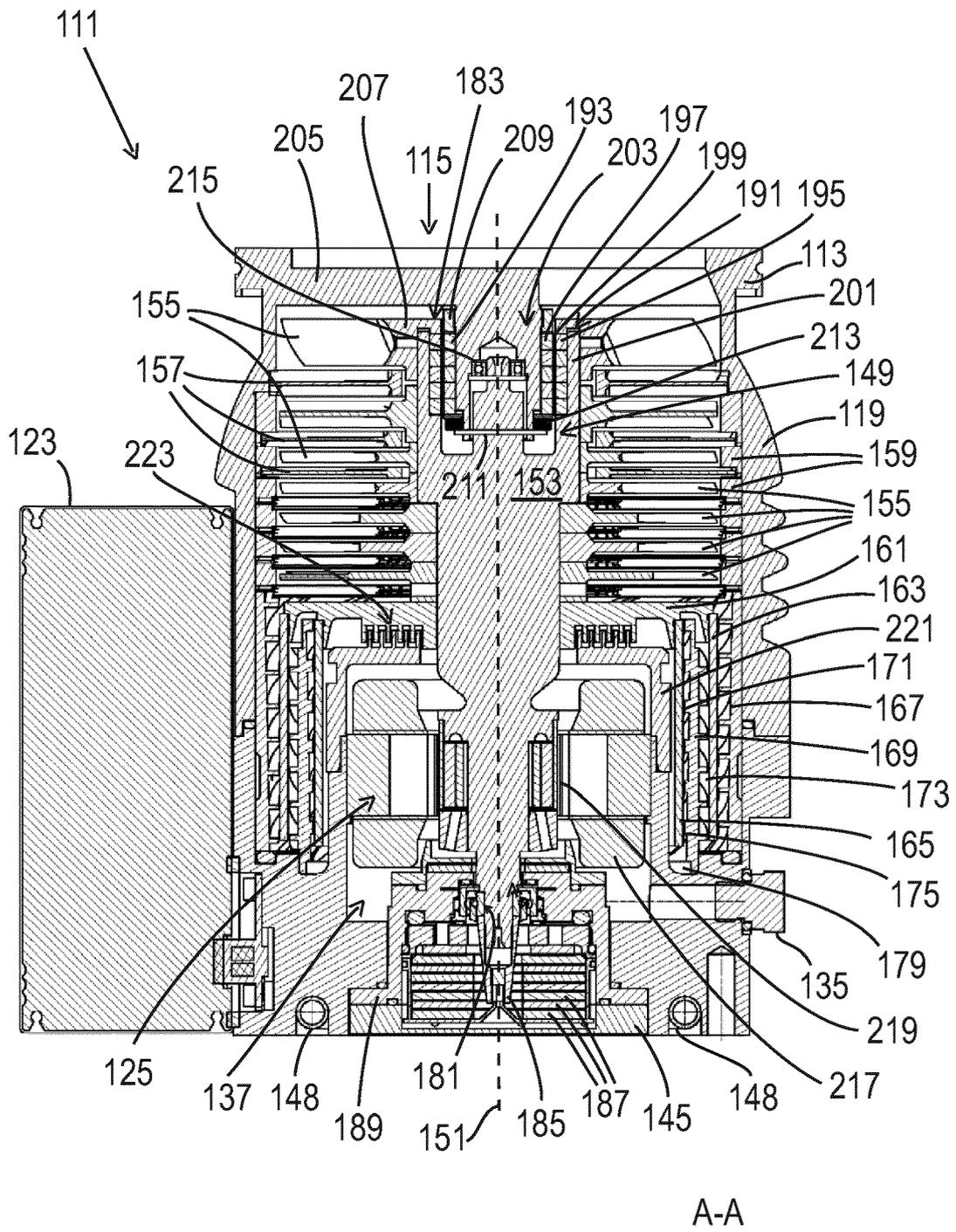


Fig. 3

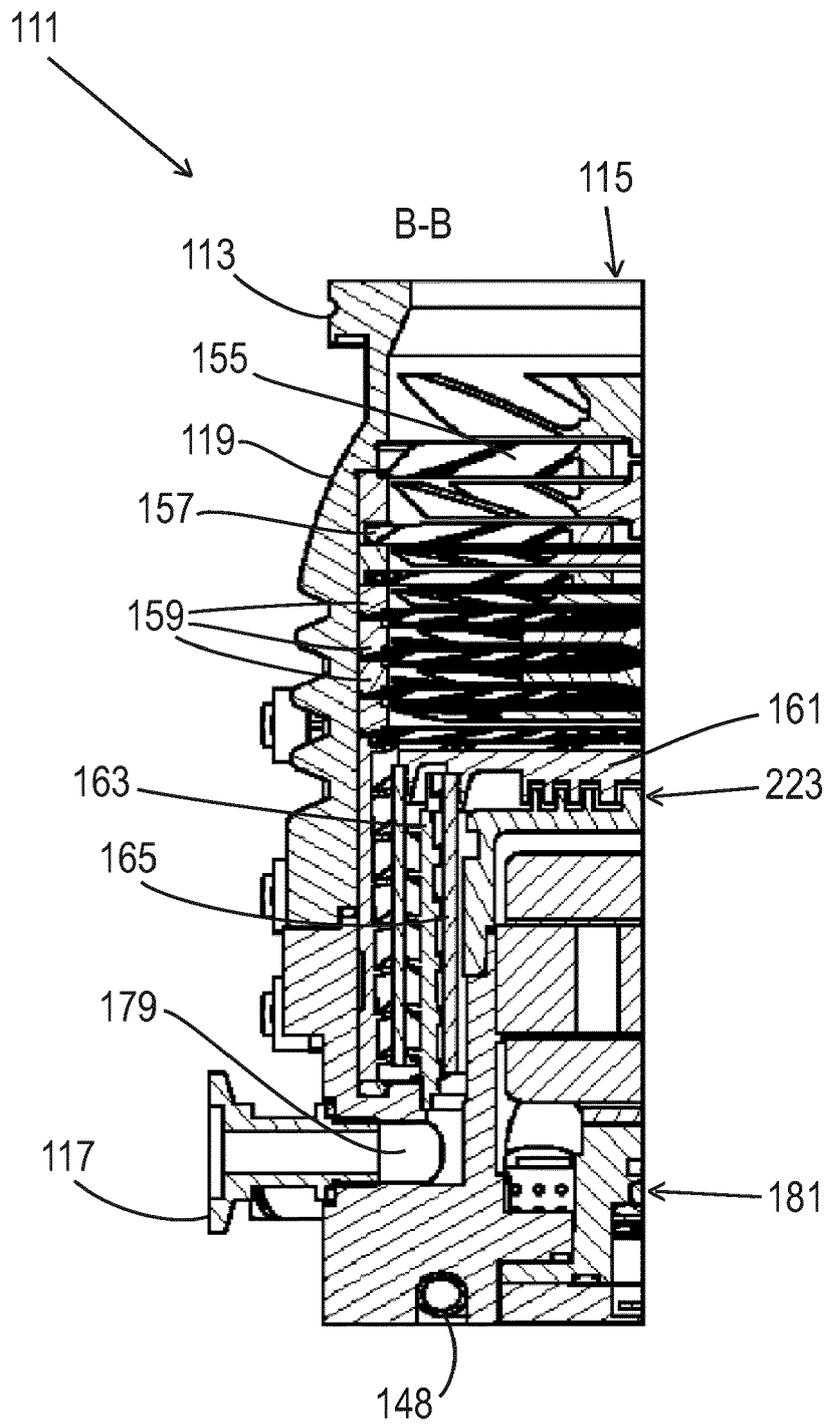


Fig. 4

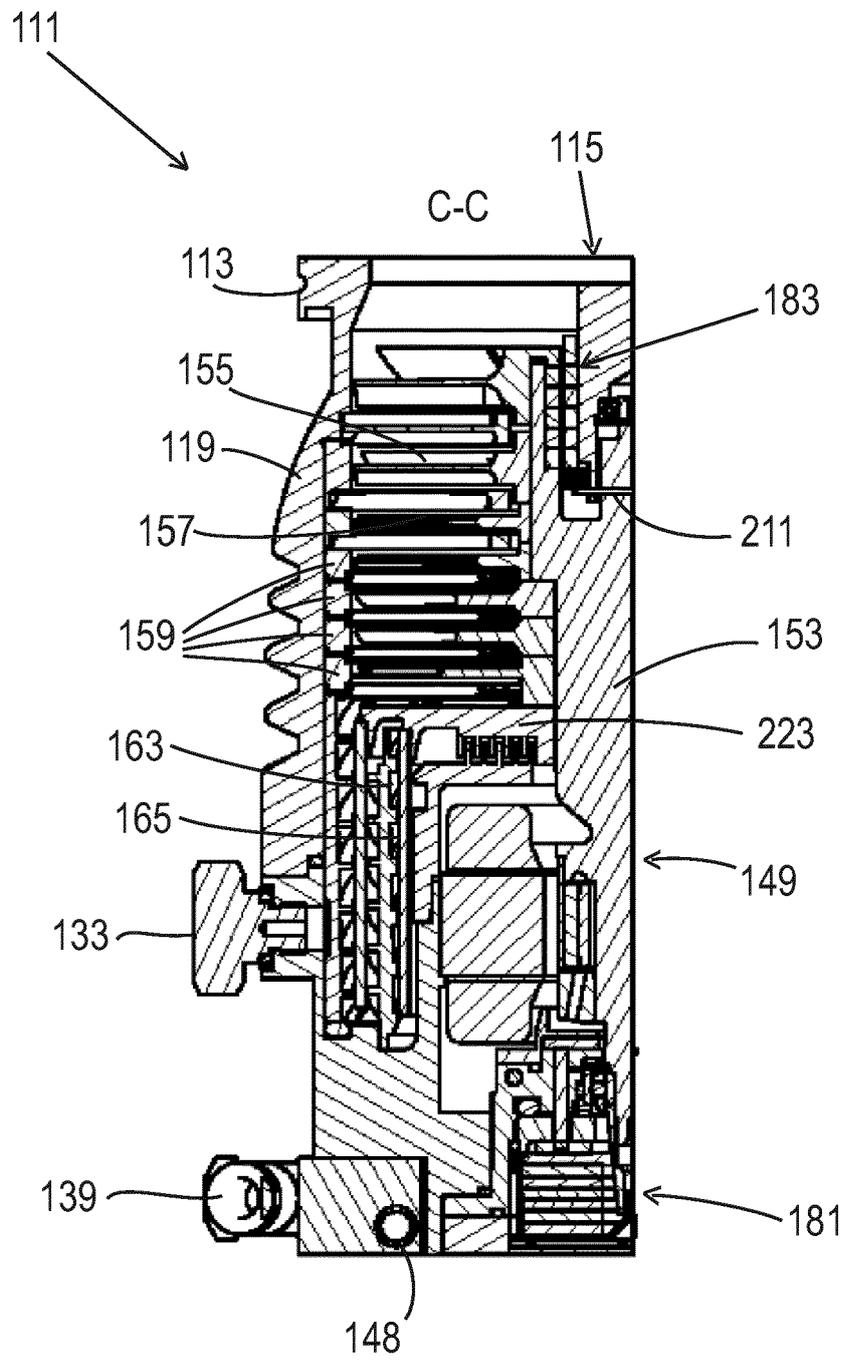


Fig. 5

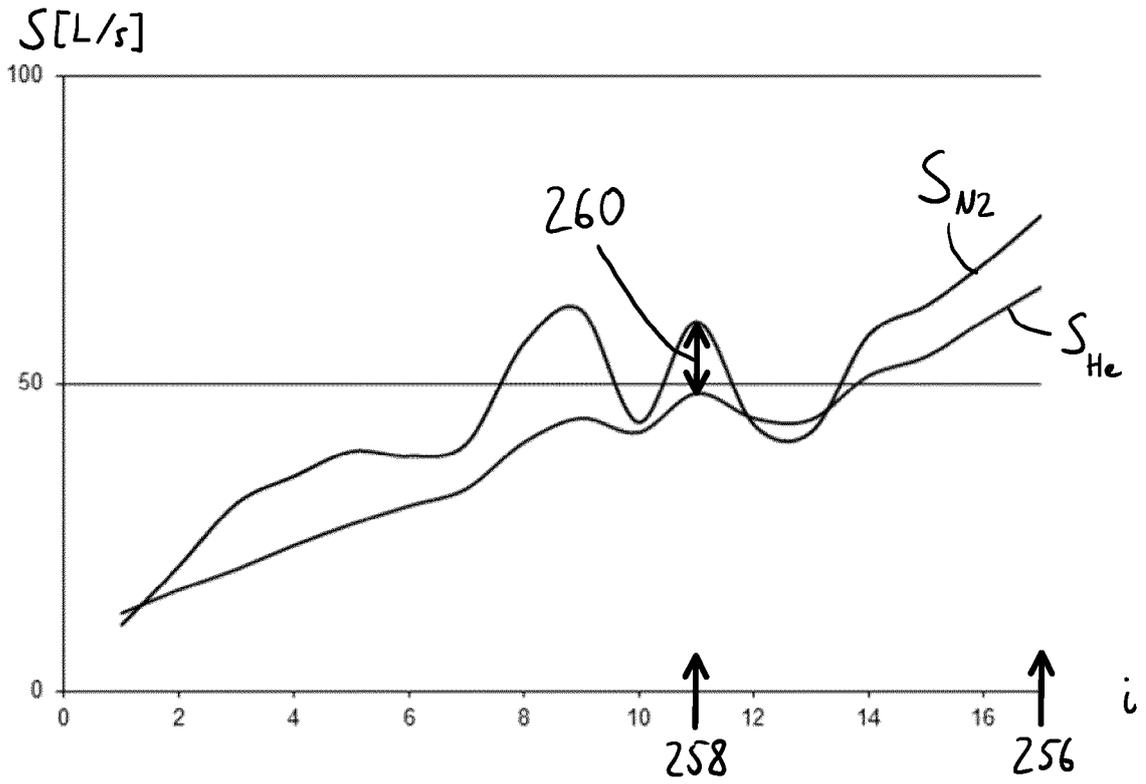


Fig. 6

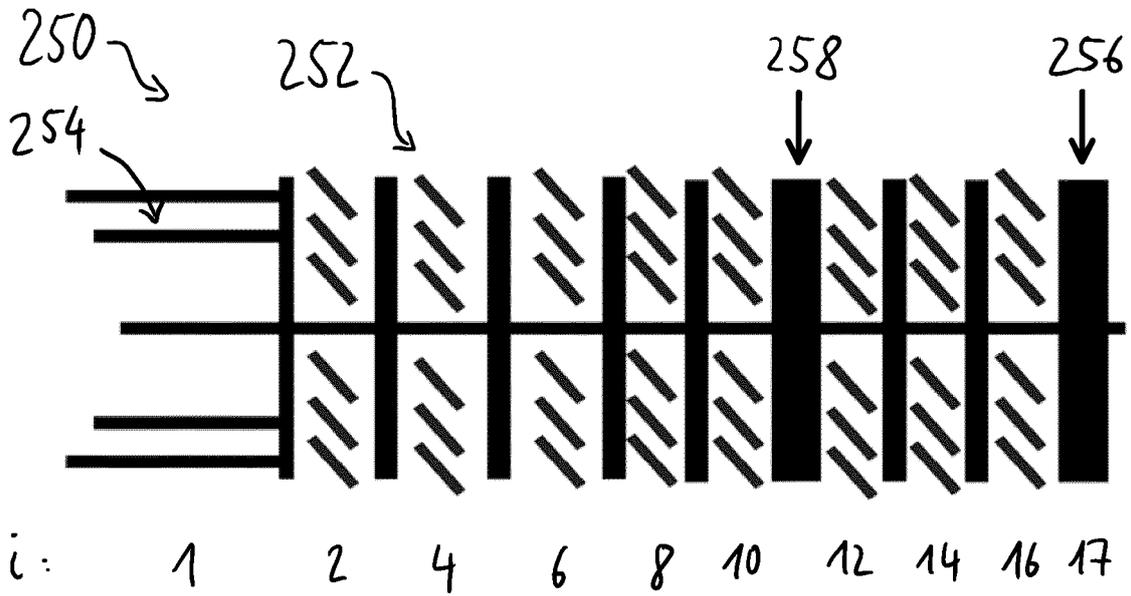


Fig. 7

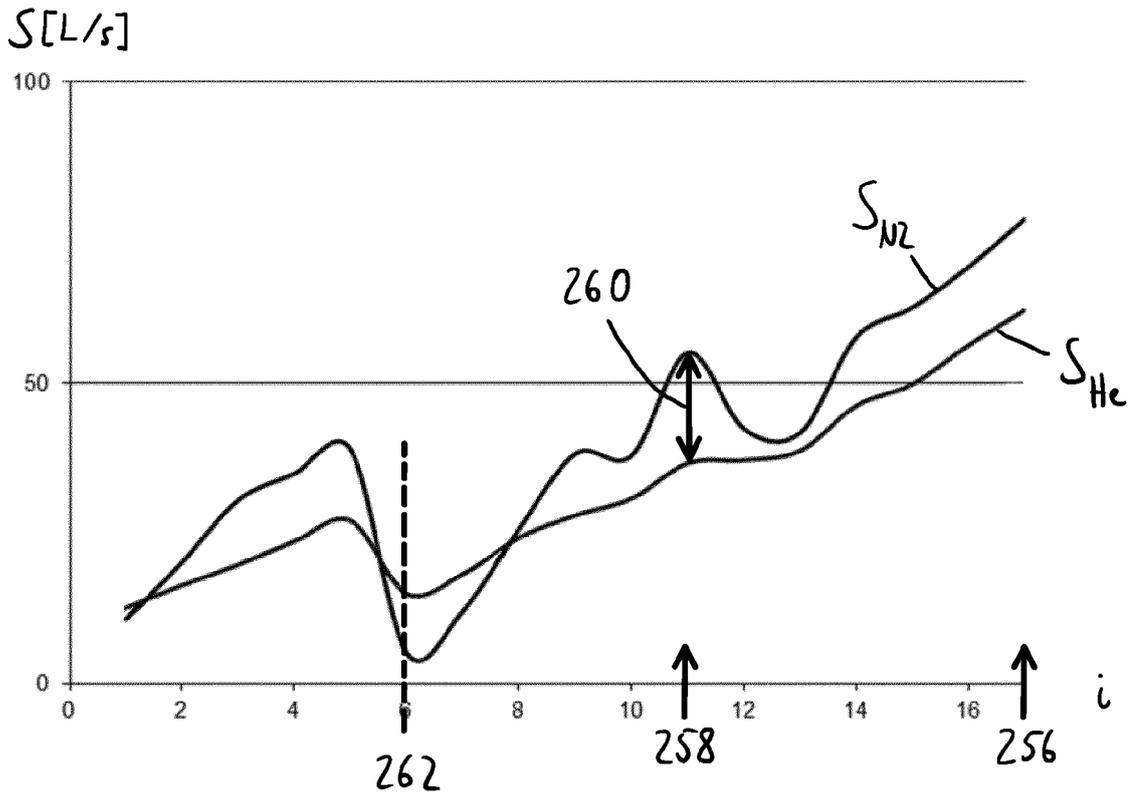


Fig. 8

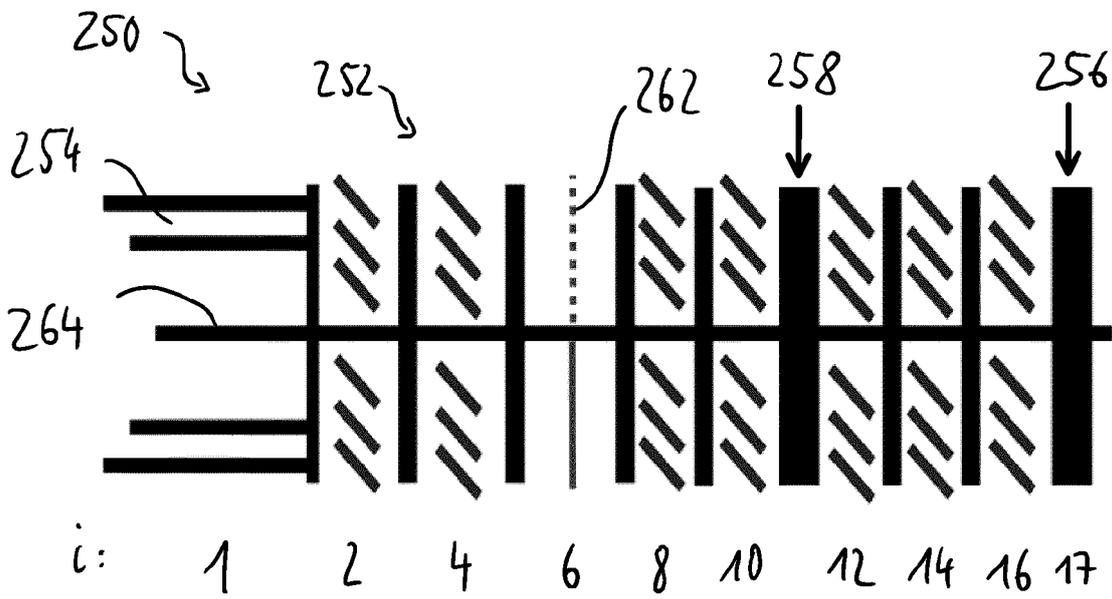


Fig. 9

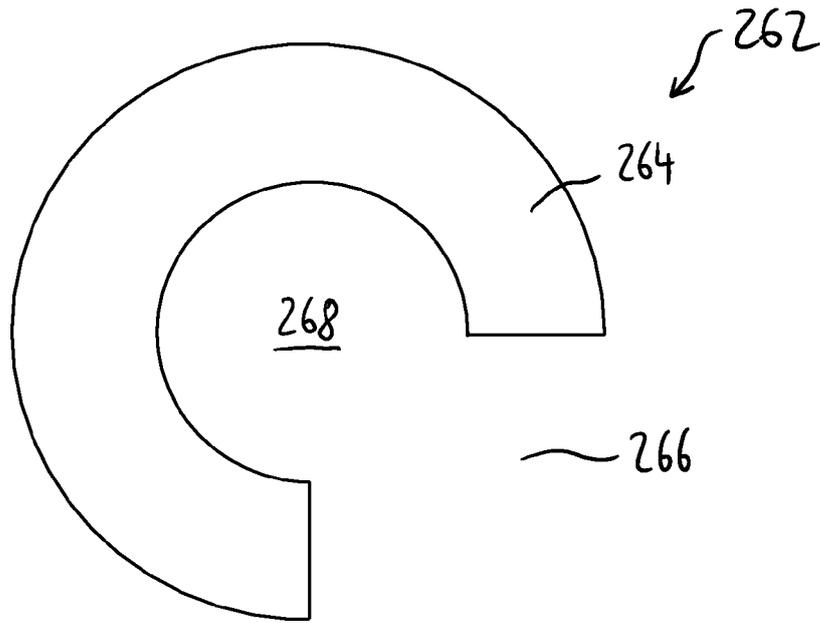


Fig. 10

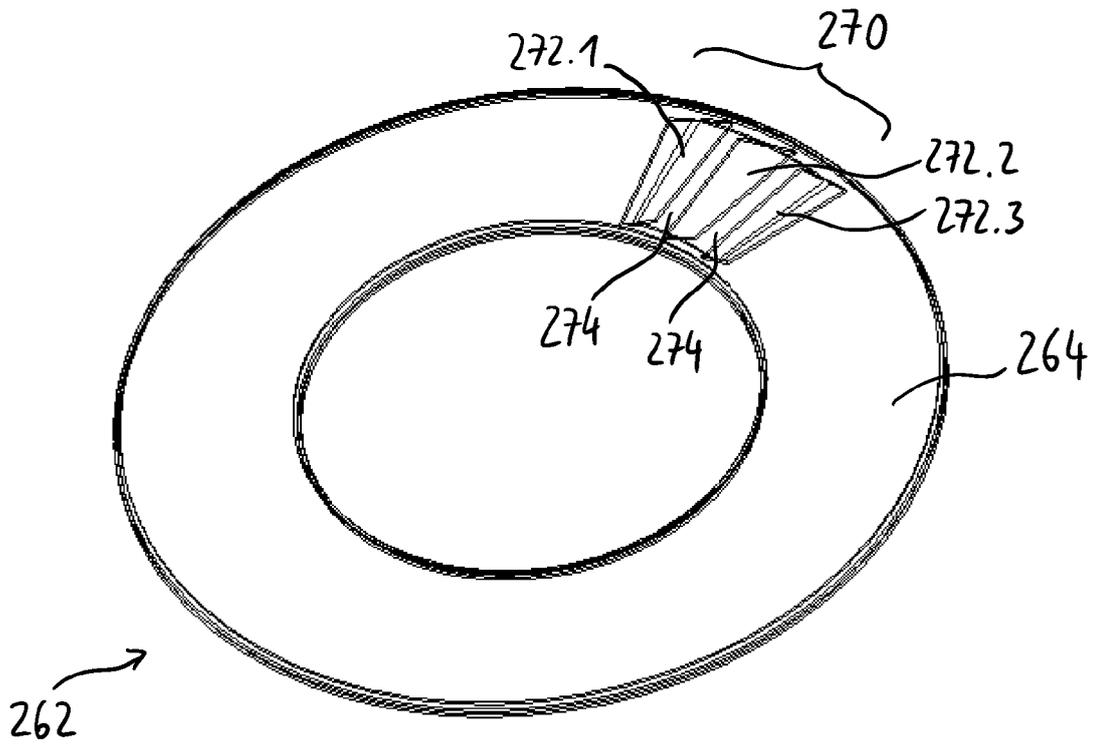


Fig. 11

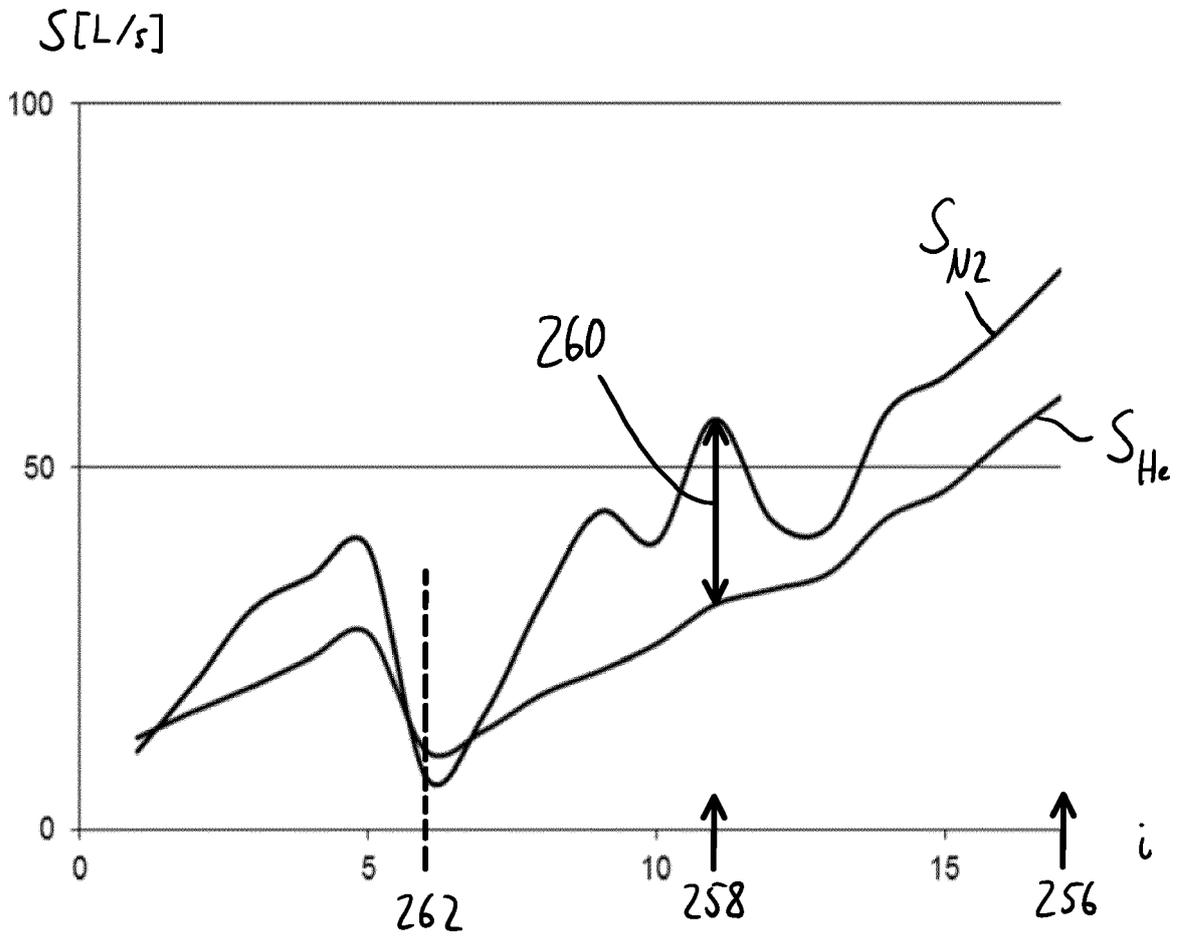


Fig. 12

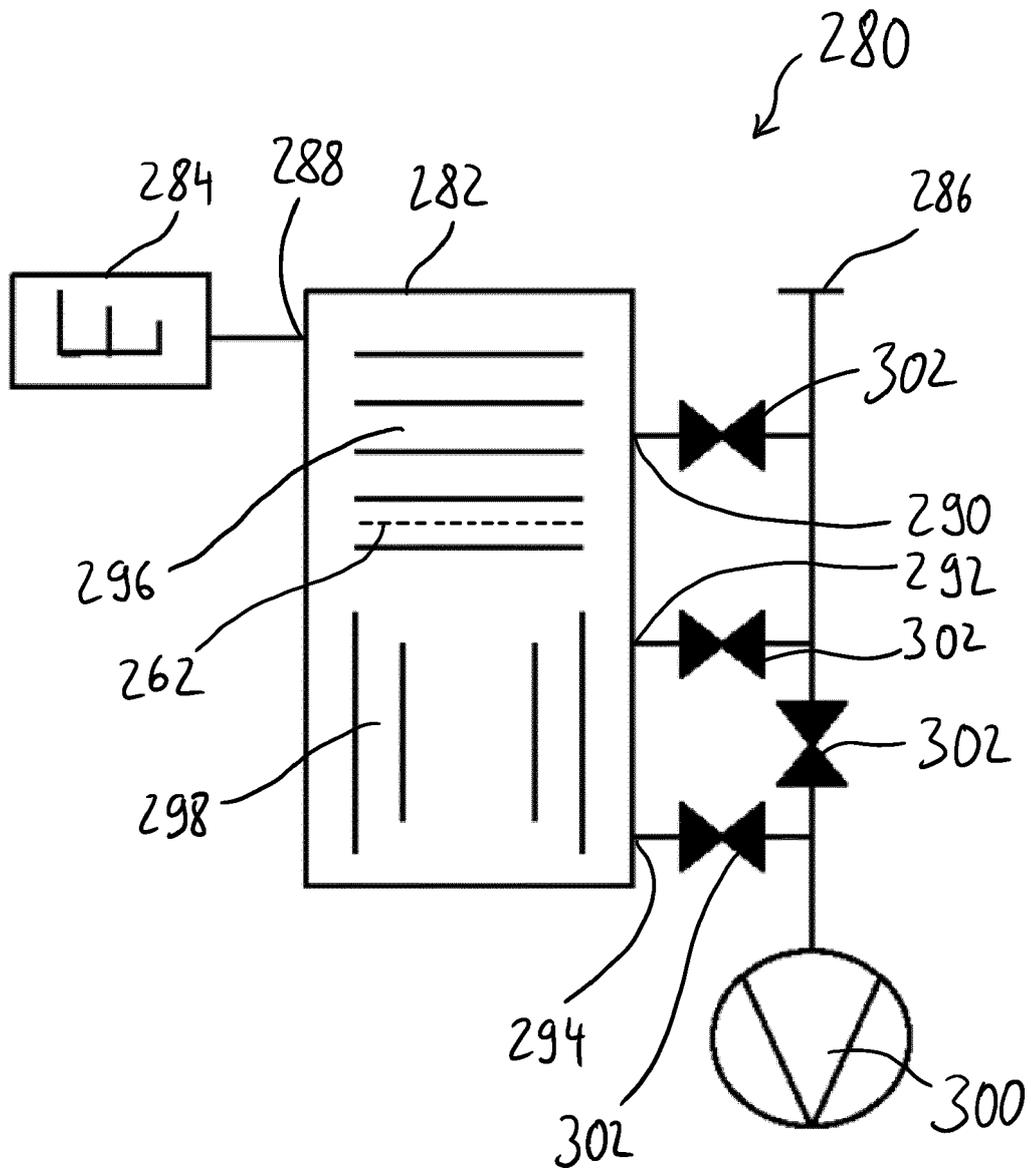


Fig. 13



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 21 7527

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	DE 42 28 313 A1 (LEYBOLD AG [DE]) 3. März 1994 (1994-03-03) * Spalte 1, Zeilen 48-62 * * Spalte 2, Zeilen 10-25 * * Spalte 2, Zeilen 51-64 * * Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 52 * * Ansprüche 1,7,8 * * Abbildungen 1,3-6 *	1-9, 12-15 11	INV. F04D19/04 F04D29/52 G01M3/02
X A	DE 601 01 898 T2 (VARIAN SPA [IT]) 18. November 2004 (2004-11-18) * Absätze [0002], [0010], [0019] - [0024] * * Abbildungen 1,2,6 *	1-5, 7-12,14, 15 6,13	
X A	EP 3 085 963 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 26. Oktober 2016 (2016-10-26) * Absätze [0006], [0014], [0017], [0040] - [0046], [0058] * * Ansprüche 1-7 * * Abbildungen 1,2a,2b,7 *	1,2,5, 7-10,12, 13 3,4,6, 11,14,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D G01M
X A	US 5 733 104 A (CONRAD ARMIN [DE] ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) * Spalte 3, Zeilen 49-65 * * Spalte 6, Zeilen 9-43 * * Abbildungen 6-8 *	1,2,5, 7-13 3,4,6, 14,15	
X A	EP 2 039 941 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 25. März 2009 (2009-03-25) * Absätze [0011], [0018], [0023], [0024], [0030], [0031], [0035] - [0038] * * Abbildungen 1-5 *	1,2,5, 7-9, 11-13 3,4,6, 10,14,15	
----- -/--			
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Juni 2021	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03 02 (P04CC03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 21 7527

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
L	EP 3 693 610 A1 (PFEIFFER VACUUM TECH AG [DE]) 12. August 2020 (2020-08-12) * Ansprüche 1-8 * * Abbildungen 8-11,13 * -----	1-7,9-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Juni 2021	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 02 (P04CC03)

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

EP 20 21 7527

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

10-06-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4228313 A1	03-03-1994	DE 4228313 A1 EP 0657025 A1 JP 3140060 B2 JP H08500675 A US 5585548 A WO 9405990 A1	03-03-1994 14-06-1995 05-03-2001 23-01-1996 17-12-1996 17-03-1994
DE 60101898 T2	18-11-2004	KEINE	
EP 3085963 A1	26-10-2016	EP 3085963 A1 JP 6225213 B2 JP 2016205392 A	26-10-2016 01-11-2017 08-12-2016
US 5733104 A	31-03-1998	KEINE	
EP 2039941 A2	25-03-2009	DE 102007044945 A1 EP 2039941 A2 US 2009092484 A1	09-04-2009 25-03-2009 09-04-2009
EP 3693610 A1	12-08-2020	KEINE	

EPO FORM P0461

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