

(19)



(11)

EP 3 623 634 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.03.2020 Patentblatt 2020/12

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) F04D 23/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 19191378.9

(22) Anmeldetag: 13.08.2019

(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

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

(72) Erfinder:
• Stoll, Tobias
35644 Hohenaar (DE)

• Schweighöfer, Michael
35641 Schöffengrund (DE)
• Südwasser, Sebastian
35686 Wetzlar (DE)
• Hofmann, Jan
35305 Grünberg (DE)

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

(54) **VAKUUMPUMPE UMFASSEND EINE HOLWECKPUMPSTUFE UND EINE SEITENKANALPUMPSTUFE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, umfassend eine Holweckpumpstufe, eine stromabwärts der Holweckpumpstufe

angeordnete Seitenkanalpumpstufe, und einen Pumpenrotor, der einen gemeinsamen Pumpenrotor von Holweckpumpstufe und Seitenkanalpumpstufe bildet.

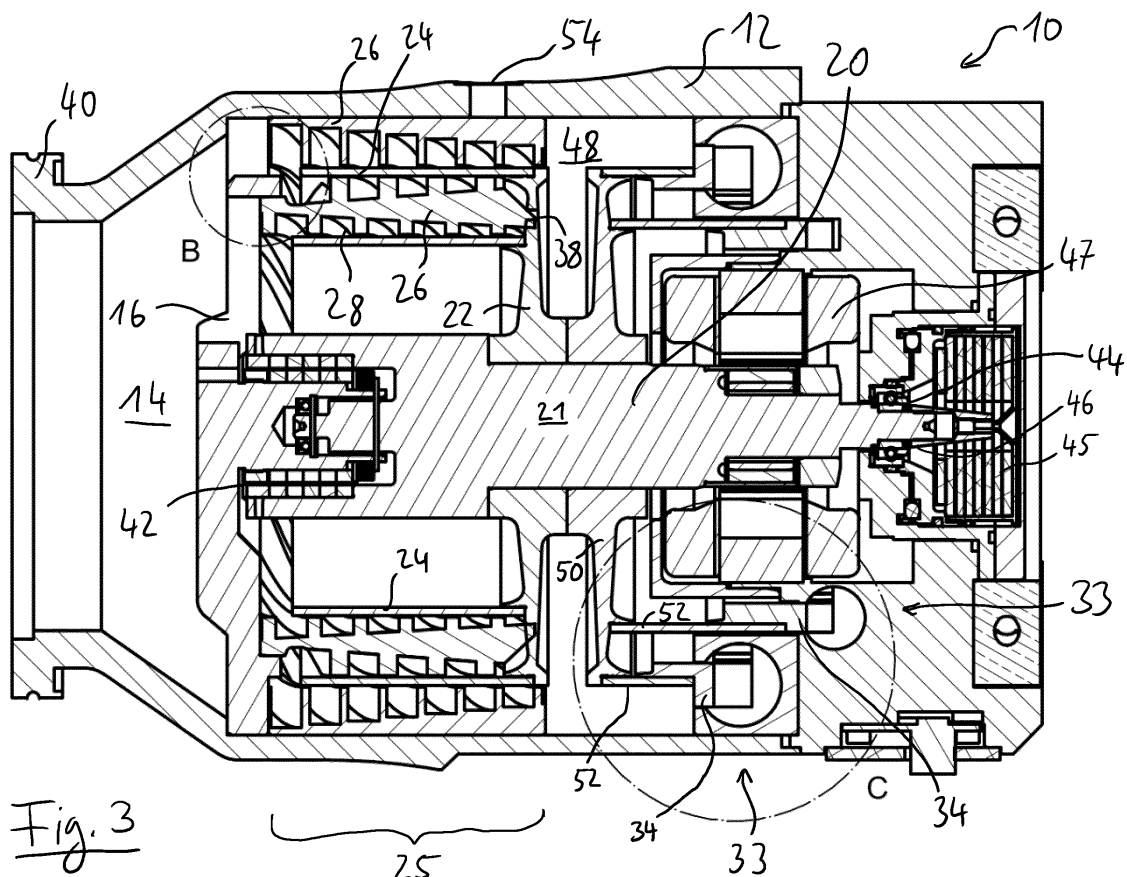


Fig. 3

EP 3 623 634 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, umfassend eine Holweckpumpstufe und eine stromabwärts der Holweckpumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe.

[0002] Eine Boosterpumpe ist eine Pumpe, die beispielsweise in einer Mehrkammer-Vakuumanwendung, wie etwa einem Massenspektrometriesystem, typischerweise zwischen einer Turbomolekularpumpe, z.B. einer Splitflow-Pumpe, und einer Vorvakuumpumpe eingesetzt wird. Sie dient meistens dazu, den Einlassdruck an der Vorvakuumpumpe zu erhöhen, sodass die Vorvakuumpumpe deutlich kleiner dimensioniert werden kann.

[0003] Es ist eine Aufgabe, eine Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, der eingangs genannten Art bereitzustellen, die besonders kompakt aufgebaut ist, aber dennoch eine gute Pumpperformance liefert und/oder einen kompakten Systemaufbau bei effektiver Pumpwirkung ermöglicht.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass die Pumpe einen Pumpenrotor aufweist, der einen gemeinsamen Pumpenrotor von Holweckpumpstufe und Seitenkanalpumpstufe bildet.

[0005] Hierdurch können separate Antriebs- und Lagerungsmaßnahmen für Holweck- und Seitenkanalpumpstufe entfallen. Außerdem lässt sich die Pumpe durch den gemeinsamen Rotor vorteilhaft und auf einfache Weise betreiben. Die Holweck- und Seitenkanalpumpstufen werden nachfolgend vereinfacht auch als Holweck- und Seitenkanalstufen bezeichnet.

[0006] Die nachfolgend beschriebenen Merkmale können - sowohl in Kombination als auch unabhängig voneinander - die Vakuumpumpe des Anspruchs 1 vorteilhaft weiterbilden. Sie können aber jeweils auch generell und entsprechend vorteilhaft zur Weiterbildung einer Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, herangezogen werden, welche eine Holweckpumpstufe und eine stromabwärts der Holweckpumpstufe angeordnete Seitenkanalpumpstufe sowie wenigstens einen Pumpenrotor aufweist, der kein gemeinsamer Pumpenrotor von Holweckpumpstufe und Seitenkanalpumpstufe ist. Das gleiche gilt für das weiter unten beschriebene Vakuumsystem und dessen Weiterbildungen. Diese lassen sich vorteilhaft auch ohne gemeinsamen Rotor betreiben. Ein solcher ist aber dennoch vorteilhaft.

[0007] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das oder die Rotorelemente der Holweckpumpstufe einerseits und das oder die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe andererseits unabhängig voneinander mit dem Pumpenrotor oder mit einer Rotorwelle des Pumpenrotors verbunden sind, insbesondere entweder mittelbar über einen Träger oder unmittelbar.

[0008] Hierdurch sind z.B. Ausgestaltungen ausgeschlossen, bei denen die Rotorelemente der Seitenkanalpumpstufe von einer ein Rotorelement der Holweckpumpstufe bildenden Holweckhülse getragen sind. Nicht

ausgeschlossen sind z.B. Ausgestaltungen, bei denen die Holweckpumpstufe und die Seitenkanalpumpstufe jeweils einen mit dem Pumpenrotor oder dessen Rotorwelle verbundenen Träger für das jeweilige Rotorelement oder für die jeweiligen Rotorelemente aufweisen. Dabei können der Träger für die Holweckpumpstufe und der Träger für die Seitenkanalpumpstufe als separate Bauteile oder einstückig miteinander ausgebildet sein. Der Pumpenrotor kann beispielsweise jeweils ein oder mehrere Rotorelemente der Pumpstufen tragen, z.B. über einen Rotorelemententräger, der beispielsweise auf dem Rotor angeordnet sein kann.

[0009] Bei einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vakuumpumpe wenigstens zwei parallel wirkende Holweckstufen aufweist. Dies verspricht ein hohes Saugvermögen und somit eine gute Pumpperformance. Dabei bleibt die Vakuumpumpe kompakt. Insbesondere können auch mindestens zwei, insbesondere drei, parallel geschaltete Holweckstufen vorgesehen sein. Parallelgeschaltete Holweckstufen können insbesondere zu einer Seitenkanalstufe hin fördern oder ausstoßen.

[0010] Generell vorteilhaft kann für den Gasstrom in den Holweckstufen z.B. zumindest im Wesentlichen keine Richtungsänderung vorgesehen sein. Weiter generell kann vorgesehen sein, dass der Gasstrom in einer Holweckstufe, insbesondere allen Holweckstufen, zumindest im Wesentlichen nur axial verläuft.

[0011] Wenigstens zwei, insbesondere parallelgeschaltete, Holweckstufen können insbesondere axial überlappend, besonders bevorzugt im Wesentlichen den gleichen Axialbereich abdeckend, angeordnet sein, wodurch sich vorteilhaft ein besonders kompakter Aufbau bei guter Pumpperformance realisieren lässt. Insbesondere können die Holweckstufen verschachtelt angeordnet sein.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die, vorzugsweise überlappend angeordneten, Holweckstufen die gleiche Kompression aufweisen. Hierdurch kann auf einfache und vorteilhafte Weise sichergestellt werden, dass nicht durch eine Stufe Gas zurückströmt, während die andere pumpt. Vorzugsweise kann alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, dass eine radial innenliegende der Holweckstufen ein kleineres Saugvermögen aufweist, als eine radial weiter außen liegende Holweckstufe. Dies führt zu einer weiteren Verbesserung der Pump-Performance. Bei drei oder mehr Stufen ist eine entsprechende Abstufung vorteilhaft, d.h. alle Stufen besitzen dann die gleiche Kompression, wobei das Saugvermögen der Stufen in radialer Richtung von außen nach innen abnimmt.

[0013] Die Holweckstufen können beispielsweise rotorseitig durch eine oder mehrere, insbesondere zwei, rotierende Holweckhülsen gebildet sein. Generell können zwei Holweckstufen beispielsweise ein gemeinsames Rotorelement aufweisen. Eine jeweilige Holweckhülse kann beispielsweise aus einem Verbundwerkstoff, wie etwa GFK oder CFK, oder einem Metall, wie etwa Titan, hergestellt sein und/oder durch einen Rotorele-

mentträger aus Metall getragen sein. Diese Ausführungsformen sind auch auf die unten beschriebenen Zwischenelemente vorteilhaft anwendbar.

[0014] Bevorzugt kann ein Statorelement ein gemeinsames Statorelement für zwei Holweckstufen bilden. Das Statorelement kann dabei vorteilhaft ring- oder hülsenförmig ausgebildet sein. Generell kann bevorzugt wenigstens ein Statorelement einer Holweckstufe ein Holweckgewinde aufweisen. Im Falle eines gemeinsamen Statorelements kann das Statorelement beispielsweise zwei Holweckgewinde, jeweils eines für eine jeweilige Holweckstufe, aufweisen. Die Gewinde können beispielsweise innen und außen am, insbesondere ring- oder hülsenförmigen, Statorelement angeordnet sein.

[0015] Es kann vorgesehen sein, dass die Vakuumpumpe wenigstens zwei, insbesondere in Reihe wirksame, Seitenkanalpumpstufen aufweist. Dies bewirkt einen besonders zuverlässigen Abtransport des Gases von der bzw. den Holweckstufen und damit eine gute Pumpperformance. Dabei bleibt die Pumpe jedoch kompakt. Insbesondere können zwei in Reihe geschaltete Seitenkanalstufen mehreren, insbesondere drei, parallel geschalteten Holweckstufen nachgeschaltet sein. Generell kann bevorzugt vorgesehen sein, dass das gesamte von den Holweckstufen geförderte Gas durch die eine oder mehreren, insbesondere in Reihe geschalteten, Seitenkanalstufen gefördert wird.

[0016] Generell kann eine Seitenkanalstufe beispielsweise als axiale oder als radiale Seitenkanalstufe ausgebildet sein. Bei einer axialen Seitenkanalstufe erstreckt sich ein Rotorelement in axialer Richtung in einen Ringkanal hinein. Bei einer radialen Seitenkanalstufe erstreckt sich ein Rotorelement in radialer Richtung in einen Ringkanal hinein.

[0017] Seitenkanalstufen bzw. deren Ringkanäle können zum Zwecke eines kompakten Aufbaus beispielsweise radial oder axial versetzt angeordnet sein. Bei einem besonders vorteilhaften Beispiel weist die Vakuumpumpe wenigstens zwei, insbesondere genau zwei, Seitenkanalpumpstufen auf, die axial und radial zueinander versetzt angeordnet sind. Dies erlaubt einen besonders kompakten Aufbau, insbesondere wenn die Seitenkanalstufen als radiale Seitenkanalstufen ausgebildet sind. Durch die Versetzung in axialer und radialer Richtung kann der nötige Bauraum vorteilhaft ausgenutzt werden.

[0018] Ein Rotorelement einer jeweiligen Seitenkanalstufe kann beispielsweise von einem Rotorelementträger getragen sein, insbesondere wobei das Rotorelement separat vom Rotorelementträger ausgebildet ist. Als Rotorelement ist generell ein pumpaktives Element zu verstehen. Bei der Seitenkanalstufe weist dieses eine Mehrzahl an Rotorschaukeln auf, die im Ringkanal rotieren. Das Rotorelement kann bevorzugt über ein, insbesondere ring- oder hülsenförmiges, Zwischenelement vom Rotorelementträger getragen sein. Das Zwischenelement kann z.B. ein Verbundmaterial, wie etwa GFK oder CFK, oder ein Metall, insbesondere Titan, umfassen oder hieraus hergestellt sein. Das Zwischenbauteil ermöglicht

eine vorteilhafte und platzsparende Anordnung der wenigstens einen Seitenkanalstufe, insbesondere wobei der eigentliche Rotorelementträger aber einfach zu fertigen ist.

[0019] Alternativ oder zusätzlich kann das Zwischenbauteil pumpaktiv ausgebildet sein, beispielsweise in Zusammenarbeit mit einer gegenüberliegenden, statischen, pumpaktiven Struktur, wie etwa einem Holweckgewinde. Durch ein pumpaktives Zwischenbauteil kann z.B. eine Leckage aus einem Ringkanal der Seitenkanalstufe verringert werden und somit die Pumpperformance verbessert werden.

[0020] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass für den Pumpenrotor, insbesondere an einem ansaugseitigen Ende des Rotors, eine Magnetlagerung und/oder, insbesondere an einem anderen oder dem ansaugseitigen Ende gegenüberliegenden Ende, eine Wälzlagerung vorgesehen sind. Die Kombination von Magnet- und Wälzlager wird auch als Hybridlagerung bezeichnet und ist im Stand der Technik bei Turbomolekularpumpen verbreitet. Insbesondere im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Lösung mit einem gemeinsamen Rotor erlaubt die Hybridlagerung einen besonders kompakten Aufbau. Insbesondere kann das Magnetlager mit der oder den Holweckstufen axial überlappend angeordnet und/oder von der oder den Holweckstufen umgeben sein. Vorzugsweise kann der ansaugseitige, axiale Anfang des Magnetlagers, insbesondere gekennzeichnet durch einen in axialer Richtung ersten Magneten, im Wesentlichen auf gleicher axialer Höhe wie der ansaugseitige, axiale Anfang der Holweckstufe bzw. der Holweckstufen angeordnet sein.

[0021] Das Wälzlager kann z.B. als Kugellager ausgebildet sein. Für das Wälzlager kann allgemein beispielsweise eine Filzschmierung und/oder eine kegelförmige Schmiermittelfördereinrichtung zur Förderung eines Schmiermittels zum Wälzlager auch entgegen der Schwerkraft vorgesehen sein.

[0022] Die Vakuumpumpe kann beispielsweise einen Einlass und ein den Einlass überspannendes, statisches Element aufweisen. Dabei kann ein Statorelement der wenigstens einen Holweckstufe von diesem Element getragen sein. Hierdurch wird das Vorhandensein des statischen Elements vorteilhaft ausgenutzt, sodass im Ergebnis eine besonders kompakte Bauform erreicht werden kann.

[0023] Bei dem statischen Element kann es sich beispielsweise um einen Träger für ein Lagerelement handeln. Das Lagerelement kann beispielsweise ein Magnetlager sein. Der Träger kann bevorzugt als Stern ausgebildet sein und/oder mehrere, insbesondere drei, Arme aufweisen, die einen das Lagerelement tragenden Zentralbereich am Pumpengehäuse abstützen.

[0024] Bei einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass wenigstens ein Rotorelement wenigstens einer Pumpstufe von einem Rotorelementträger getragen ist. Der Rotorelementträger kann beispielsweise separat vom oder einteilig mit dem Rotor und/oder dem

Rotorelement ausgebildet sein. Der Rotorelementträger kann insbesondere stromaufwärts oder stromabwärts des Rotorelements angeordnet sein.

[0025] Der Rotorelementträger kann beispielsweise einen Durchgang für ein von dem Rotorelement gefördertes oder zu förderndes Gas aufweisen. Dies erlaubt einen besonders kompakten Aufbau. Es wurde erkannt, dass ein Gasstrom nicht notwendigerweise an einem Rotorelementträger vorbeigeleitet werden muss. Vielmehr kann nun insbesondere auch ein radial innerer Bereich des Rotorelements pumpwirksam ausgebildet sein. Dieser radial innere Bereich wird somit zur weiteren Verbesserung der Pumpwirkung ausgenutzt, ohne dass sich die äußeren Abmessungen der Pumpe verändern müssen.

[0026] Der Durchgang kann insbesondere in einen stromabwärts der Pumpstufe angeordneten Bereich, insbesondere einen Zwischenstufenbereich zwischen Holweck- und Seitenkanalstufen, münden. Generell kann der Durchgang insbesondere an einem Rotorelementträger der wenigstens einen Holweckstufe angeordnet sein. Für Holweckstufe und Seitenkanalstufe können generell separate oder ein gemeinsamer Rotorelementträger vorgesehen sein. Bei dem Durchgang kann es sich allgemein vorteilhaft um einen axialen Durchgang handeln.

[0027] Der Rotorelementträger kann beispielsweise als im Wesentlichen scheibenförmiges Bauteil ausgebildet sein. Das wenigstens eine Rotorelement kann beispielsweise mit dem Rotorelementträger verklebt sein, beispielsweise an einer Umfangsfläche, insbesondere Innen- oder Außenumfangsfläche, des Rotorelementträgers, die beispielsweise durch einen axialen Vorsprung definiert ist.

[0028] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Rotorelement ringförmig oder hülsenförmig ausgebildet ist. Dabei kann das Rotorelement insbesondere zumindest über eine Innenseite des Rotorelements zum Erzeugen einer Pumpwirkung mit einem Statorelement der Pumpstufe zusammenwirken, insbesondere einer Außenseite desselben. Der Durchgang kann dabei insbesondere an einem stromabwärtsseitigen Ende der Pumpstufe angeordnet sein.

[0029] Der Durchgang kann insbesondere für zwei, insbesondere parallele, Pumpstufen, insbesondere Holweckstufen, vorgesehen sein. Allgemein kann der Durchgang bevorzugt radial innerhalb eines radial äußersten Rotorelements angeordnet sein.

[0030] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Durchgang pumpwirksam ausgebildet ist. Hierdurch wird die Pumpwirkung insgesamt verbessert. Dabei ist aber praktisch kein zusätzlicher Bauraum nötig, sodass dies auf die Kompaktheit der Pumpe keinen negativen Einfluss hat.

[0031] Der Durchgang kann allgemein als Bohrung ausgebildet sein. Eine Pumpwirkung kann dem Durchgang beispielsweise auf einfache Weise verliehen werden, indem der Durchgang schräg, insbesondere als schräge Bohrung, ausgebildet ist, insbesondere schräg

in Umfangs- und/oder Rotationsrichtung.

[0032] Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Seitenkanalpumpstufe einen Ringkanal und ein darin rotierendes Rotorelement aufweist, wobei zwischen dem Rotorelement und einem den Ringkanal definierenden Bauteil ein Spalt ausgebildet ist. Ein derartiger Spalt ist aufgrund von Lagetoleranzen des Rotors im Betrieb für dessen freie Rotation notwendig, auch wenn der Spalt konstruktiv stets möglichst klein ausgelegt wird, um eine möglichst geringe Leckage zu erreichen. Im und/oder benachbart zum Spalt, insbesondere außerhalb vom Ringkanal, kann eine pumpaktive Struktur vorgesehen sein, die eine Pumpwirkung entgegen einer Leckage aus dem Ringkanal durch den Spalt aufweist. Hierdurch wird die konstruktiv nicht vollständig vermeidbare Leckage verringert. Allerdings wird hier nicht wie oben beschrieben am Zielkonflikt zwischen Sicherheitsabstand von Rotor und Statorelement einerseits und Dichtheit andererseits angesetzt. Vielmehr wird eine zusätzliche Maßnahme zur Verringerung der Rückleckage geschaffen. Diese benötigt zudem kaum eigenen Bauraum, sondern wird im Wesentlichen durch ohnehin vorgesehene Bauteile realisiert. Somit wird die Pumpperformance bei guter Kompaktheit weiter verbessert.

[0033] Bei der pumpaktiven Struktur kann es sich vorteilhaft um eine Holweckstruktur handeln. Diese wirkt vorteilhaft als Sperrstufe. Generell kann die pumpaktive Struktur entweder im Förderweg des Gases oder auf einem bloßen Leckagepfad angeordnet sein. Die pumpaktive Struktur kann z.B. zwischen zwei Pumpstufen und/oder auf einem Leckagepfad zu einem Motorbereich der Pumpe angeordnet sein. Insbesondere kann die pumpaktive Struktur auf einem Leckagepfad zwischen zwei Seitenkanalpumpstufen angeordnet sein.

[0034] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Vakuumpumpe keine der wenigstens einen Holweckstufe vorgeschaltete, insbesondere überhaupt keine, Turbomolekularpumpstufe auf und/oder es sind ausschließlich Holweck- und Seitenkanalstufen vorhanden.

[0035] Generell kann die Vakuumpumpe vorteilhaft einen Einlassflansch aufweisen, der einen kleineren Durchmesser und/oder eine kleinere Querschnittsfläche aufweist als wenigstens eine radial größte Holweckstufe. Generell kann der Einlassflansch bevorzugt an einem kegelförmig zulaufenden Gehäuseende ausgebildet sein. Z.B. kann der Einlassflansch als DN63-Flansch ausgebildet sein, wobei insbesondere wenigstens eine Holweckhülse, insbesondere die radial größte Holweckhülse, einen Durchmesser von wenigstens 80 mm, insbesondere wenigstens 85 mm, aufweist. Hierdurch wird eine besonders gute Pumpperformance bei kompakten Abmessungen und insbesondere bei kompakter Flanschverbindung erreicht.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Pumpe einen Vakuumananschluss zwischen zwei Pumpstufen, insbesondere zwischen Holweckpumpstufe und Seitenkanalpumpstufe und/oder zwischen zwei Seitenkanalpumpstufen, aufweist. Dieser

Vakuumananschluss kann auch als Zwischenstufen- oder Interstage-Port bezeichnet werden. Am Vakuumananschluss können beispielsweise Betriebsparameter gemessen oder bestimmt werden, wie etwa Druck und/oder Saugvermögen. Der Vakuumananschluss kann aber beispielsweise auch als Zwischeneinlass verwendet werden, beispielsweise in einem Mehrkammer-Vakuumsystem. Der Vakuumananschluss bietet also eine besondere Flexibilität in der Anwendung der Pumpe, wobei aber kaum zusätzlicher Bauraum nötig ist, wobei die Pumpe also kompakt ausgeführt werden kann.

[0037] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Vakuumsystem, insbesondere Massenspektrometriesystem, gelöst, welches umfasst: eine erste Vakuumkammer; eine Turbomolekularpumpe mit einem Einlass, der an der ersten Vakuumkammer angeschlossen ist; eine zweite Vakuumkammer, die insbesondere mit der ersten Kammer verbunden ist, insbesondere über eine Blende; eine Vakuumpumpe nach vorstehend beschriebener Art mit einem Vakuumanschluss zwischen Holweckpumpstufe und Seitenkanalpumpstufe, wobei die Vakuumpumpe einen Haupteinlass aufweist, der mit einem Auslass der Turbomolekularpumpe verbunden ist; wobei der Vakuumanschluss einen Zwischeneinlass bildet, der an der zweiten Vakuumkammer angeschlossen ist.

[0038] Den Kammern wird hierdurch eine gute Pumpperformance bereitgestellt, wobei die Pumpanordnung, insbesondere die Boosterpumpe, und das Vakuumsystem insgesamt kompakt ausgebildet werden können.

[0039] Die Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, kann vorteilhafter Weise einen Auslass aufweisen, der mit einem Einlass einer Vorvakuumpumpe verbunden ist. Die Vorvakuumpumpe stößt insbesondere gegen Atmosphäre aus.

[0040] Das Vakuumsystem kann z.B. eine dritte Vakuumkammer aufweisen, die insbesondere mit der zweiten Kammer verbunden sein kann. Der Einlass der Vorvakuumpumpe kann beispielsweise mit der dritten Kammer verbunden sein.

[0041] Bei dem Vakuumsystem bzw. Massenspektrometriesystem kann es sich insbesondere um ein Flüssigchromatographie-Massenspektrometriesystem (LC-MS von englisch "liquid chromatography-mass spectrometry") handeln, insbesondere um ein solches mit großer Gaslast. Bei einem LC-MS kommen die erfindungsgemäßen Vorteile besonders zur Geltung.

[0042] Bei der Turbomolekularpumpe und der Vakuumpumpe, insbesondere Boosterpumpe, handelt es sich insbesondere um getrennte Pumpen mit getrennten Rotoren.

[0043] Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft anhand der schematischen Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Boosterpumpe.

Fig. 2 zeigt einen in einem Rotorelementträger aus-

gebildeten Durchgang.

Fig. 3 zeigt eine weitere Boosterpumpe in einer Schnittansicht.

Fig. 4 zeigt den in Fig. 3 gekennzeichneten Ausschnitt B in vergrößerter Ansicht.

Fig. 5 zeigt den in Fig. 3 gekennzeichneten Ausschnitt C in vergrößerter Ansicht.

Fig. 6 zeigt die Boosterpumpe der Fig. 3 in einer weiteren Schnittansicht, wobei die Schnittebene um die Rotorachse verdreht ist.

Fig. 7 zeigt den in Fig. 6 gekennzeichneten Ausschnitt G in vergrößerter Ansicht.

Fig. 8 zeigt ein Mehrkammer-Vakuumsystem.

[0044] In Fig. 1 ist eine Vakuumpumpe 10 schematisch angedeutet. Diese umfasst ein Gehäuse 12, welches einen Einlass 14 und einen nicht dargestellten Auslass definiert.

[0045] Der Einlass 14 ist von einem Trägerelement 16 überspannt, welches ein nicht näher dargestelltes Lageelement 18 für einen Rotor 20 trägt. An einem dem Einlass abgewandten Ende ist eine weitere Lagerung für den Rotor 20 vorgesehen, die nicht gesondert dargestellt ist.

[0046] Der Rotor 20 umfasst eine Rotorwelle 21, auf der ein Rotorelementträger 22 drehfest angeordnet ist, der zwei Rotorelemente 24 trägt. Der Rotorelementträger 22 bildet in dieser Ausführungsform ein auf der Rotorwelle 21 angeordnetes Nabenteil und ist hier separat von den Rotorelementen 24 und separat von der Rotorwelle 21 ausgeführt.

[0047] Die Rotorelemente 24 bilden Rotorelemente von drei parallel geschalteten Holweckpumpstufen 25. Die Rotorelemente 24 wirken dabei mit zwei Statorelementen 26 der Holweckpumpstufen 25 zur Erzeugung einer Pumpwirkung zusammen.

[0048] Die Rotorelemente 24 sind als Hülsen ausgebildet, die zum Beispiel aus einem Verbundwerkstoff hergestellt sein können und mit dem Rotorelementträger 22 bzw. dem Rotor 20 im Betrieb der Pumpe 10 rotieren. Die Statorelemente 26 weisen jeweils auf einer einem benachbarten Rotorelement 24 zugewandten Seite eine pumpaktive Struktur auf, nämlich ein sogenanntes Holweck-Gewinde 28.

[0049] In Fig. 1 sind durch Pfeile 30 die durch die Holweckpumpstufen 25 bewirkten Gasförderwege angedeutet. Diese Gasförderwege 30 verlaufen parallel, und zwar in dieser Ausführungsform nicht nur in funktionaler Hinsicht, sondern auch im räumlichen Sinne. Die drei Holweckpumpstufen 25 sind ineinander verschachtelt und im gleichen Axialbereich angeordnet.

[0050] Das Trägerelement 16 ist, wie durch die Pfeile

30 angedeutet, gasdurchlässig ausgebildet. Zum Beispiel kann das Trägerelement 16 als mehrarmiger Stern ausgebildet sein, wobei das zu fördernde Gas durch Arm-zwischenräume vom Einlass 14 zu den Holweckstufen 25 hindurchtreten kann. Insbesondere wenigstens ein radial inneres Statorelement 26 kann am Trägerelement 16 gehalten bzw. von diesem getragen sein. Das äußere Statorelement 26 kann beispielsweise, wie dargestellt, ebenfalls vom Trägerelement 16 getragen sein oder beispielsweise vom Gehäuse 12 getragen sein.

[0051] Wie mit einem weiteren Pfeil 32 angedeutet, kann auch radial innerhalb des inneren Statorelements 26 axial durch das Trägerelement 16 hindurchgetretenes Gas von der radial inneren Holweckstufe 25 in Richtung Auslass gefördert werden.

[0052] Das von der radial äußeren Holweckstufe 25 geförderte Gas wird am Rotorelementträger 22 vorbei zu einer ersten Seitenkanalpumpstufe 33 gefördert. Diese umfasst ein Rotorelement 34, welches in einem Ringkanal 36 rotiert. Von der ersten Seitenkanalstufe 33 wird das Gas über einen nicht dargestellten Übergang zu einer zweiten Seitenkanalpumpstufe 33 gefördert, die zu der ersten Seitenkanalpumpstufe 33 in Reihe geschaltet ist. Die Seitenkanalstufen 33 sind hier als radiale Seitenkanalstufen ausgebildet. Sie sind außerdem axial und radial versetzt angeordnet.

[0053] Die radial inneren beiden Gasförderwege 30 der entsprechenden Holweckstufen 25 treten durch eine Mehrzahl von im Rotorelementträger 22 angeordneten Durchgängen 38 beim Austritt aus der entsprechenden Holweckstufe 25 hindurch. Dabei gelangt das Gas in einen Zwischenstufenbereich, von dem aus es in den ersten Ringkanal 36 bzw. die erste Seitenkanalstufe 33 eintreten und durch die Seitenkanalstufen 33 zum Auslass gefördert werden kann. Ein jeweiliger Durchgang 38 bildet dabei einen gemeinsamen Durchgang für die zwei radial inneren Holweckstufen 25. Die Durchgänge 38 sind als eine Mehrzahl von über den Rotorelementträger 22 in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Bohrungen ausgebildet.

[0054] In Fig. 2 ist ein Durchgang 38 in einer Schnittdarstellung näher veranschaulicht. Der Durchgang 38 ist als schräge Bohrung ausgebildet. In Fig. 2 verläuft die Umfangsrichtung bzw. Rotationsrichtung des Rotorelementträgers 22 von links nach rechts. Die Förderrichtung verläuft in Fig. 2 von oben nach unten. Die Innenwand der schrägen Bohrung bzw. des Durchgangs 38 bewirkt eine Pumpaktivität in Förderrichtung. Dabei wirkt sie ähnlich wie eine Rotorschaukel einer Turbomolekularpumpstufe.

[0055] In Fig. 3 ist eine Vakuumpumpe 10 in einem höheren Detailgrad geschnitten dargestellt. Diese umfasst einen Einlassflansch 40, welcher einen Einlass 14 definiert und hier als Teil eines Gehäuses 12 ausgebildet ist.

[0056] Die Vakuumpumpe 10 umfasst einen gemeinsamen Pumpenrotor 20, der einlass- bzw. ansaugseitig von einem Magnetlager 42 und an einem gegenüberlie-

genden Ende durch ein Wälzlager 44 gelagert ist. Die Pumpe 10 umfasst also eine Hybridlagerung für den Rotor 20. Für das Wälzlager 44 ist eine Filzschmierung vorgesehen, die ein Schmierölreservoir in Form eines Filzkörpers 45 sowie ein kegelförmiges Fördererelement 46 für das Schmieröl aufweist. Der Rotor 20 ist durch einen Elektromotor 47 angetrieben.

[0057] Das Magnetlager 42 ist durch ein Trägerelement 16, welches hier als Stern ausgebildet ist, getragen. Das Trägerelement 16 trägt außerdem ein radial inneres Statorelement 26 eines Satzes von parallel geschalteten Holweckstufen 25. Ein radial äußeres Statorelement 26 ist am Gehäuse 12 abgestützt und befestigt.

[0058] Es sind zwei Rotorelemente 24 vorgesehen, die von einem Rotorelementträger 22 getragen sind. Zwischen den Rotorelementen 24 und dem jeweils gegenüberliegenden Statorelement 26 sind drei parallel geschaltete Holweckpumpstufen 25 ausgebildet. Ähnlich der oben beschriebenen Ausführungsform wird das von der radial äußeren Holweckstufe 25 geförderte Gas am Rotorelementträger 22 vorbei in einen Zwischenstufenbereich 48 gefördert und das von den radial inneren Holweckstufen 25 geförderte Gas tritt durch einen Durchgang 38 des Rotorelementträgers 22 hindurch, um in den Zwischenstufenbereich 48 zu gelangen.

[0059] Den Holweckstufen 25 bzw. dem Zwischenstufenbereich 48 nachgeschaltet sind zwei in Reihe geschaltete Seitenkanalpumpstufen 33 vorgesehen. Die Seitenkanalstufen 33 sind als axiale Seitenkanalstufen ausgebildet und axial und radial versetzt angeordnet.

[0060] Die Rotorelemente 34 einer jeweiligen Seitenkanalpumpstufe 33 sind durch einen Rotorelementträger 50 getragen, der in dieser Ausführungsform separat von der Rotorwelle 21 und vom Rotorelementträger 22 der Holweckstufen 25 ausgebildet ist. Der Rotorelementträger 50 bildet insbesondere ein Nabenbauteil, welches auf der Rotorwelle 21 angeordnet ist. Die Rotorelemente 34 sind über ein jeweiliges Zwischenelement 52 an dem Rotorelementträger 50 befestigt.

[0061] Die Seitenkanalpumpstufen 33 besitzen in der dargestellten Ausführungsform also für ihre Rotorelemente 34 einen eigenen Träger 50. Dieser eigene Träger 50 kann alternativ beispielsweise an dem die Rotorelemente 24 tragenden Träger 22 angebracht sein (dieses Ausführungsbeispiel ist in den Figuren nicht dargestellt), und zwar insbesondere auf der Seite, welche den Rotorelementen 24 abgewandt ist. Generell können die Träger 22, 50 beispielsweise einteilig miteinander und/oder mit der Rotorwelle 21 ausgebildet sein. In Fig. 3 sind die Träger 22, 50 separat ausgebildet.

[0062] Die Vakuumpumpe 10 umfasst einen Vakuumanschluss 54, der mit dem Zwischenstufenbereich 48 verbunden ist. Hierzu weist das radial äußere Statorelement 26 einen in der Schnittansicht der Fig. 3 nicht sichtbaren Kanalabschnitt vom Vakuumanschluss 54 zum Zwischenstufenbereich 48 auf. Der Vakuumanschluss 54 könnte beispielsweise aber auch auf axialer Höhe des Zwischenstufenbereichs 48 angeordnet sein und bei-

spielsweise unmittelbar in diesen münden.

[0063] Der Vakuumanschluss 54 ist zwischen den Holweckstufen 25 und den Seitenkanalstufen 33 angeordnet und bildet einen Zwischenstufenanschluss. Er kann beispielsweise zum Messen oder Bestimmen von Betriebsparametern oder als Zwischenstufeneinlass, insbesondere in einem Mehrkammer-Vakuumsystem, eingesetzt werden, wie es anhand von Fig. 8 noch näher erläutert wird.

[0064] In Fig. 4 ist der Ausschnitt B, wie er in Fig. 3 eingezeichnet ist, vergrößert dargestellt. Hier ist die feste Verbindung zwischen dem Trägerelement 16 und dem hieran befestigten, radial inneren Statorelement 26 besonders gut sichtbar. Zum Zweck der Befestigung weist das Trägerelement 16 einen insbesondere umlaufenden Axialvorsprung 56 auf. Das Statorelement 26 ist an einer Umfangsfläche, hier an einem Innenumfang, des Vorsprungs 56 gehalten, beispielsweise durch eine Presspassung. Der Vorsprung 56 sorgt außerdem für eine exakte Positionierung des Statorelements 26. Das Gas, welches vom Einlass 14 kommend den Träger 16 radial außerhalb des Vorsprungs 56 passiert, teilt sich auf die zwei radial äußeren Holweckstufen 25 auf. Das Gas, welches das Trägerelement 16 radial innerhalb des Vorsprungs 56 passiert, tritt in die radial innerste Holweckstufe 25 ein, welche statorseitig durch ein innenseitiges Holweck-Gewinde 28 des radial inneren Statorelements 26 gebildet ist.

[0065] Die Fig. 5 zeigt den Ausschnitt C vergrößert. Es sind unter anderem die Seitenkanalstufen 33 sichtbar, welche axial überlappend mit dem Elektromotor 47 angeordnet sind. Durch die Zwischenelemente 52, die sich hier relativ lang erstrecken, und die axial und radial versetzte Anordnung der Seitenkanalstufen 33 ist eine verschachtelte und besonders kompakte Anordnung der Seitenkanalstufen 33 mit dem Elektromotor 47 realisiert. Hierdurch ist die Pumpe 10 insgesamt besonders kompakt ausgebildet.

[0066] Zwischen einem jeweiligen Rotorelement 34 und einem jeweiligen, den Ringkanal 36 definierenden Statorelement 56 der Seitenkanalstufe 33 sind zwei Spalte 58 vorgesehen, damit sich das Rotorelement 34 im Ringkanal 36 frei drehen kann. Durch diesen Spalt 58 kann eine gewisse Menge von zu förderndem Gas aus dem Ringkanal 36 austreten. Dies stellt grundsätzlich eine Leckage dar.

[0067] Um eine derartige Leckage zu verringern, kann beispielsweise im und/oder benachbart zum Spalt 58 eine pumpaktive Struktur vorgesehen sein. Insbesondere kann an einem statischen Bauteil ein Holweck-Gewinde vorgesehen sein, welches zum Beispiel mit einer im Wesentlichen glatten Umfangsfläche des Rotorelements 34 und/oder des Zwischenelements 52 zusammenwirken kann, um eine Pumpwirkung entgegen der Leckagerichtung zu bewirken. Derartige Holweck-Gewinde sind hier nicht dargestellt.

[0068] Ein Holweck-Gewinde könnte beispielsweise an einem Innenumfang des Statorelements 56 der radial

äußeren Seitenkanalstufe 33 und/oder gegenüberliegend des radial inneren Zwischenelements 52 angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann beispielsweise am Innenumfang des Gehäuses 12 und/oder gegenüberliegend des radial äußeren Zwischenelements 52 ein Holweck-Gewinde vorgesehen sein.

[0069] Ein Holweck-Gewinde könnte beispielsweise auch an einer Außenumfangsfläche eines Motorgehäuses 60 ausgebildet sein und so beispielsweise mit einem Innenumfang des radial inneren Rotorelements 34 oder mit einer Verbundwerkstoff-Innenumfangsfläche pumpwirksam zusammenwirken. Hierdurch kann beispielsweise eine Leckage durch den entsprechenden Spalt 58 hin zum Elektromotor 47 verringert werden.

[0070] Eine vom Außenumfang des radial inneren Zwischenelements 52 bzw. des radial inneren Rotorelements 34 erzeugte Pumpwirkung wirkt einer Leckage von der inneren, in Reihe nachgeschalteten Seitenkanalstufe 33 zur radial äußeren Seitenkanalstufe 33 entgegen. Eine vom Außenumfang des radial äußeren Zwischenelements 52 bzw. des radial äußeren Rotorelements 34 erzeugte Pumpwirkung wirkt einer Rückleckage in den Zwischenstufenbereich 48 entgegen.

[0071] Eine pumpaktive Struktur, insbesondere Holweck-Gewinde, zur Verminderung der Leckage kann allgemein beispielhaft unmittelbar an den beschriebenen Bauteilen oder an einem zusätzlichen Bauteil ausgebildet sein.

[0072] Die Zwischenelemente 52 können bevorzugt als Hülsen aus einem Verbundwerkstoff ausgebildet sein. Sie sind vorzugsweise am Rotorelementträger 50 verklebt, insbesondere an einem jeweiligen Axialvorsprung desselben.

[0073] Die Vakuumpumpe 10 der Fig. 3 ist in Fig. 6 in einer abweichenden Schnittdarstellung gezeigt, wobei die Schnittebene um die Rotorachse rotiert wurde. Dabei ist zwischen den Seitenkanalstufen eine Verbindung 62 sichtbar. Diese verbindet die Seitenkanalstufen 33 in Reihe, nämlich einen Auslass der in Pumprichtung ersten Seitenkanalstufe 33 mit einem Einlass der in Pumprichtung zweiten Seitenkanalstufe 33. Die erste Seitenkanalstufe 33, welches hier die radial äußere ist, weist einen Einlass auf, der mit dem Zwischenstufenbereich 48 verbunden ist. Dieser Einlass ist allerdings weder in Fig. 3 noch in Fig. 6 sichtbar, da er sich nicht in den gewählten Schnittebenen, sondern in einem anderen Umfangsbereich befindet. Das gleiche gilt für einen Auslass der zweiten Seitenkanalstufe 33 bzw. den Auslass der Pumpe 10.

[0074] An der Verbindung 62 ist außerdem ein weiterer Vakuumanschluss 64 angeschlossen. Dieser bildet einen weiteren Zwischenstufenanschluss zwischen zwei Pumpstufen, hier zwischen den beiden Seitenkanalstufen 33. Ebenso wie der Vakuumanschluss 54 kann dieser Vakuumanschluss 64 zum Beispiel als Messanschluss oder auch als Zwischenstufeneinlass Verwendung finden.

[0075] In Fig. 7 ist der in Fig. 6 angedeutete Ausschnitt G vergrößert dargestellt. Dabei ist die Verbindung 62 zwi-

schen den Seitenkanalstufen 33 besonders gut sichtbar.

[0076] Die Verbindung 62 ist im Wesentlichen durch zwei zueinander senkrechte Bohrungen in den Statorelementen 56 ausgebildet. Dabei ist der Vakuumanschluss 64 durch eine der beiden Bohrungen gebildet.

[0077] In Fig. 8 ist ein Vakuumsystem 70 gezeigt, welches beispielsweise ein Massenspektrometriesystem umfasst. Das Vakuumsystem 70 umfasst eine erste Kammer 72, die an einen Einlass einer Turbomolekularpumpe 74 angeschlossen ist. Ein Auslass der Turbomolekularpumpe 74 ist mit einem Einlass einer Boosterpumpe 76 verbunden, der einen Haupteinlass der Boosterpumpe bildet. Die Boosterpumpe umfasst außerdem einen Zwischeneinlass, der mit einer zweiten Vakuumkammer 78 verbunden ist. Bei dem Zwischeneinlass der Boosterpumpe 76 kann es sich beispielsweise um einen der Vakuumanschlüsse 54 oder 64 der vorstehend beschriebenen Ausführungsform einer Booster- oder Vakuumpumpe handeln.

[0078] Ein Auslass der Boosterpumpe 76 ist mit einem Einlass einer Vorvakuumpumpe 80 verbunden, die mit einem Auslass gegen Atmosphäre ausstößt. Die Vorvakuumpumpe 80 kann wie gestrichelt angedeutet mit einer dritten Vakuumkammer 82 verbunden sein, beispielsweise mit einem Einlass, mit dem auch die Boosterpumpe 76 verbunden ist, oder mit einem Zwischeneinlass. Auch eine Kombination hiervon ist denkbar.

[0079] Die Vakuumkammern 72, 78 und 82 können insbesondere über jeweilige Blenden miteinander verbunden sein und/oder einen Ionenweg eines Massenspektrometers definieren. Im Betrieb des Vakuumsystems 70 herrscht dabei in der ersten Vakuumkammer 72 der im Vergleich zu den anderen Vakuumkammern 78 und 82 niedrigste Druck. Die Drücke in den Kammern 78 und 82 sind stufenweise größer. Es können beispielsweise auch weitere Kammern und/oder weitere Pumpen vorgesehen sein. Zum Beispiel kann eine zwischen die Kammern 78 und 82 geschaltete, vierte Kammer vorgesehen sein, die an einen Vakuumanschluss zwischen zwei Seitenkanalpumpstufen angeschlossen ist, wie etwa an den Vakuumanschluss 64. Die zweite Kammer 78 kann an einem Vakuumanschluss zwischen Holweckstufen und Seitenkanalstufen, insbesondere den Vakuumanschluss 64, angeschlossen sein.

Bezugszeichenliste

[0080]

10	Vakuumpumpe
12	Gehäuse
14	Einlass
16	Trägerelement
18	Lagerelement
20	Rotor
21	Rotorwelle
22	Rotorelementträger

24	Rotorelement
25	Holweckpumpstufe
26	Statorelement
28	Holweck-Gewinde
5 30	Gasförderweg/Pfeil
32	Gasförderweg/Pfeil
33	Seitenkanalpumpstufe
34	Rotorelement
36	Ringkanal
10 38	Durchgang
40	Einlassflansch
42	Magnetlager
44	Wälzlager
45	Filzkörper
15 46	Förderelement
47	Elektromotor
48	Zwischenstufenbereich
50	Rotorelementträger
52	Zwischement
20 54	Vakuumanschluss
56	Statorelement
58	Spalt
60	Motorgehäuse
62	Verbindung
25 64	Vakuumanschluss
70	Vakuumsystem
72	erste Vakuumkammer
74	Turbomolekularpumpe
76	Boosterpumpe
30 78	zweite Vakuumkammer
80	Vorvakuumpumpe
82	dritte Vakuumkammer

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (10), insbesondere Boosterpumpe, umfassend
eine Holweckpumpstufe (25),
eine stromabwärts der Holweckpumpstufe (25) angeordnete Seitenkanalpumpstufe (33), und
einen Pumpenrotor (20), der einen gemeinsamen Pumpenrotor (20) von Holweckpumpstufe (25) und Seitenkanalpumpstufe (33) bildet
2. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 1, wobei Rotorelemente (24) der Holweckpumpstufe (25) einerseits und Rotorelemente (34) der Seitenkanalpumpstufe (33) andererseits unabhängig voneinander mit dem Pumpenrotor (20) oder mit einer Rotorwelle (21) des Pumpenrotors (20) verbunden sind.
3. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Vakuumpumpe (10) wenigstens zwei parallel wirksame Holweckpumpstufen (25) aufweist, vorzugsweise wobei die Holweckpumpstufen (25) axial überlappend angeordnet sind.

4. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 3,
wobei die Holweckpumpstufen die gleiche Kompression aufweisen, vorzugsweise wobei jeweils das Saugvermögen der Holweckpumpstufen (25) in radialer Richtung von außen nach innen abnimmt. 5
5. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Vakuumpumpe (10) wenigstens zwei in Reihe wirksame Seitenkanalpumpstufen (33) aufweist. 10
6. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Vakuumpumpe wenigstens zwei Seitenkanalpumpstufen (33) aufweist, die axial und radial zueinander versetzt angeordnet sind. 15
7. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei für den Pumpenrotor (20) an einem ansaugseitigen Ende des Rotors (20) eine Magnetlagerung (42) und an einem anderen Ende eine Wälzlagerung (44) vorgesehen sind. 20
8. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Vakuumpumpe (10) einen Einlass (14) und ein den Einlass überspannendes, statisches Bauteil (16) aufweist, wobei ein Statorelement (26) der wenigstens einen Holweckpumpstufe (25) von diesem Bauteil (16) getragen ist,
wobei insbesondere das Bauteil (16) ein Träger für ein Lagerelement (42) ist. 25
30
9. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei ein Rotorelement (24) wenigstens einer Pumpstufe (25) von einem Rotorelementträger (22) getragen ist und wobei der Rotorelementträger (22) einen Durchgang (38) für ein von dem Rotorelement (24) gefördertes oder zu förderndes Gas aufweist. 35
40
10. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 9,
wobei der Durchgang (38) pumpwirksam ausgebildet ist. 45
11. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Seitenkanalpumpstufe (33) einen Ringkanal (36) und ein darin rotierendes Rotorelement (34) aufweist, wobei zwischen dem Rotorelement (34) und einem den Ringkanal (36) definierenden Bauteil (56) ein Spalt (58) ausgebildet ist,
wobei im und/oder benachbart zum Spalt (58) eine pumpaktive Struktur vorgesehen ist, die eine Pumpwirkung entgegen einer Leckage aus dem Ringkanal (36) durch den Spalt (58) aufweist. 50
55
12. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 11,
wobei die pumpaktive Struktur auf einem Leckagepfad zwischen zwei Seitenkanalpumpstufen (33) angeordnet ist.
13. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei ein Vakuumanschluss zwischen zwei Pumpstufen vorgesehen ist.
14. Vakuumsystem (70), insbesondere Massenspektrometriesystem, umfassend eine erste Vakuumkammer (72),
eine Turbomolekularpumpe (74) mit einem Einlass, der an der ersten Vakuumkammer (72) angeschlossen ist,
eine zweite Vakuumkammer (78),
eine Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 13, die einen Haupteinlass (14) aufweist, der mit einem Auslass der Turbomolekularpumpe (74) verbunden ist, wobei der Vakuumanschluss (54, 64) einen Zwischeneinlass bildet, der an der zweiten Vakuumkammer (78) angeschlossen ist.
15. Vakuumsystem (70) nach Anspruch 14,
wobei die Vakuumpumpe (10) einen Auslass aufweist, der mit einem Einlass einer Vorvakuumpumpe (80) verbunden ist.

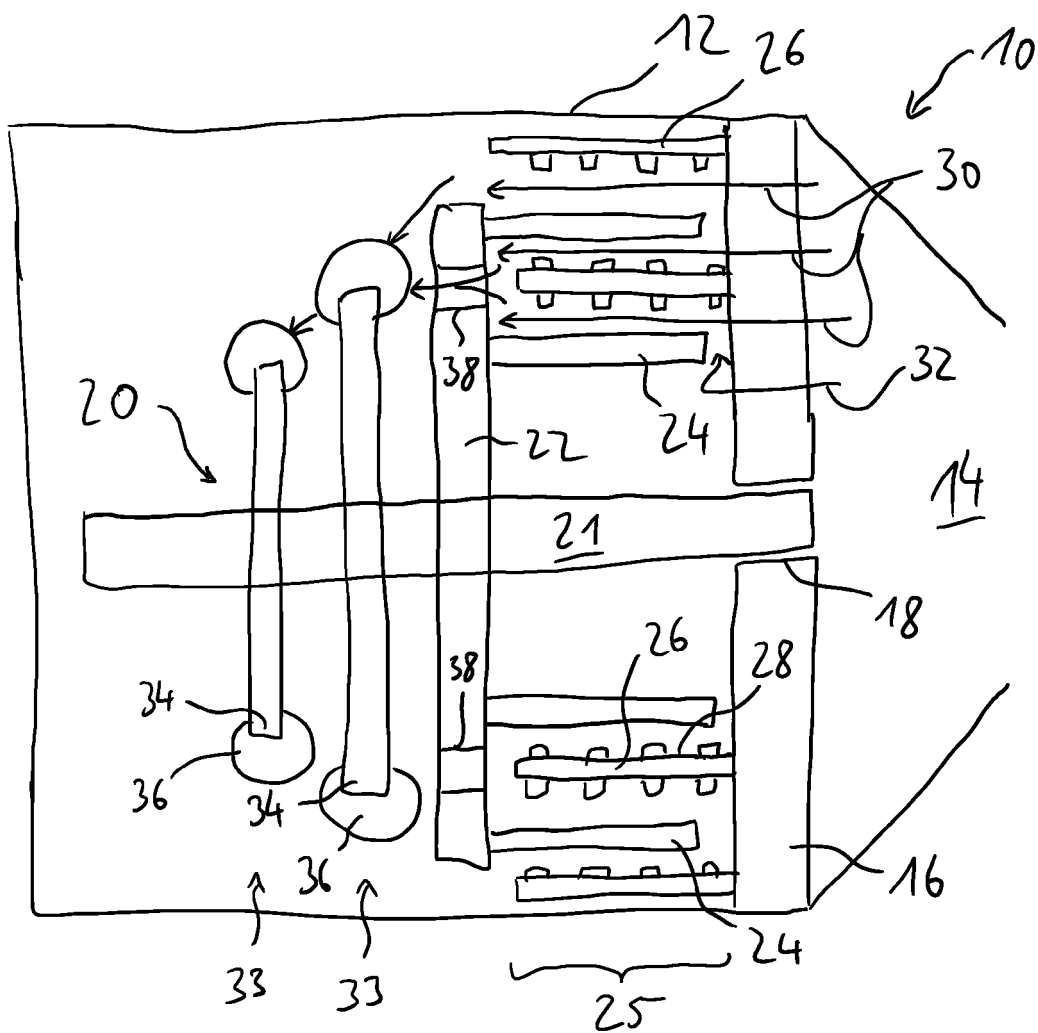


Fig. 1

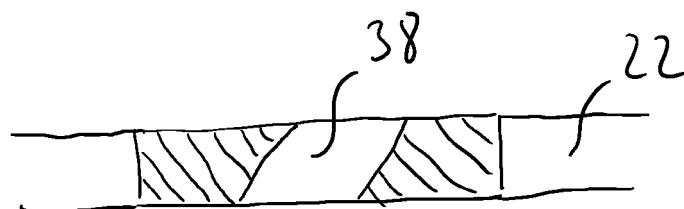
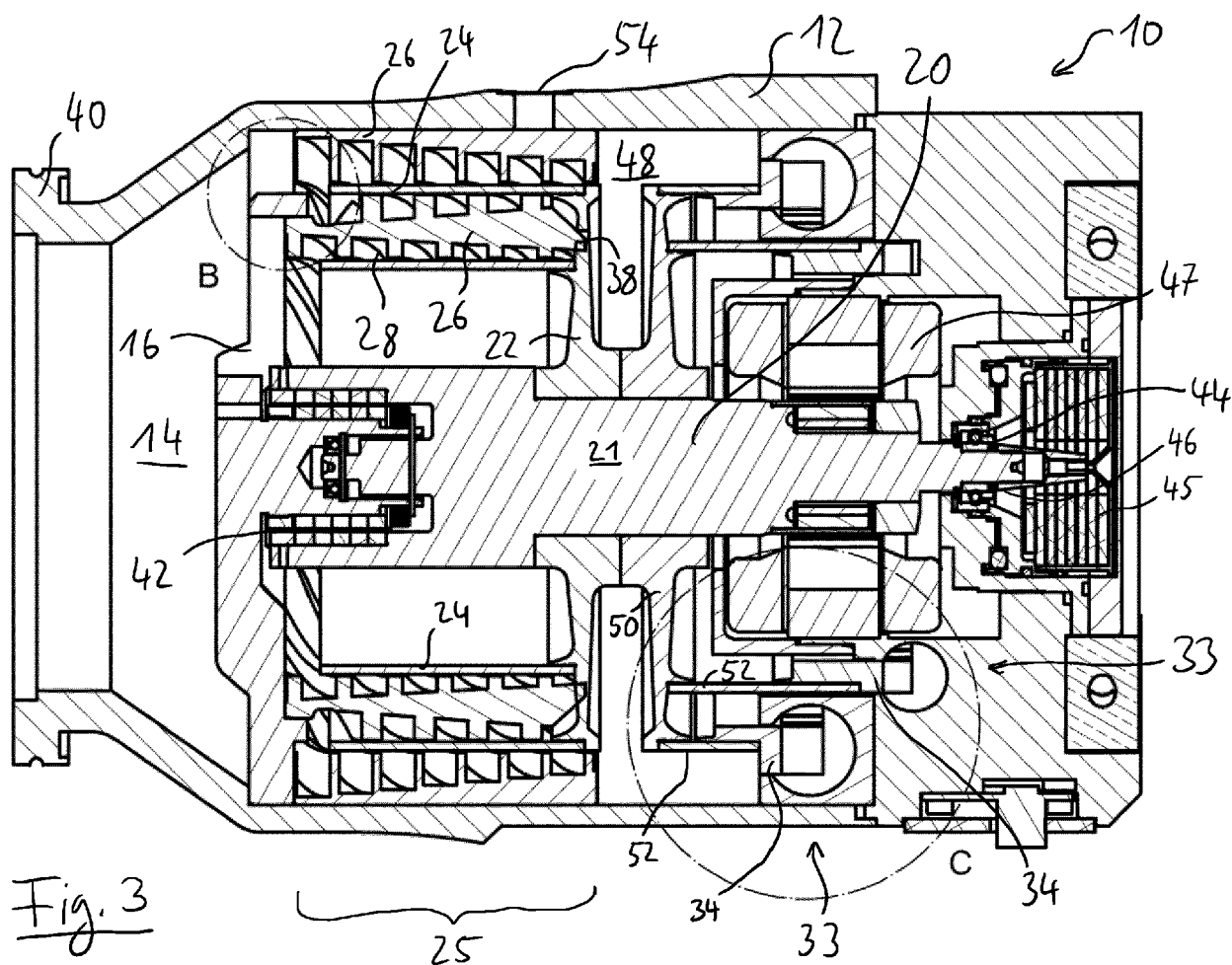
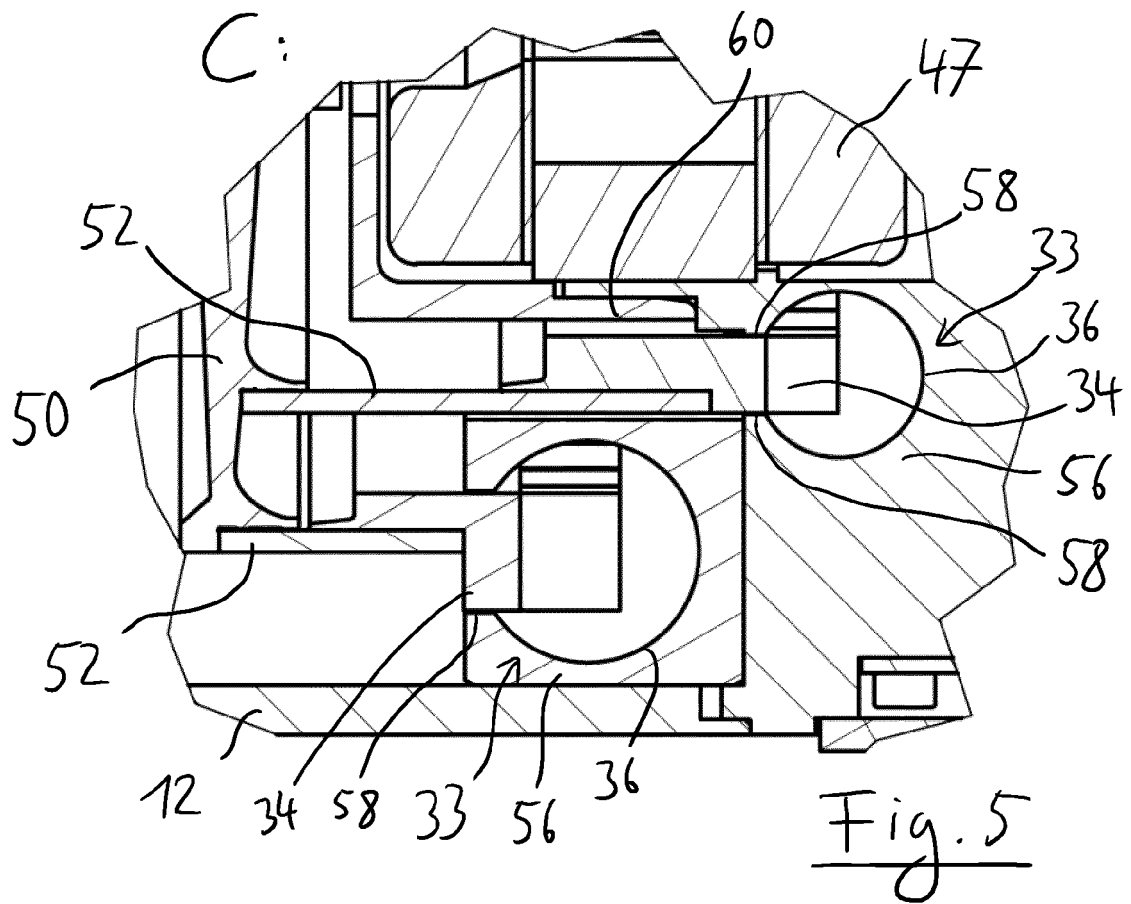
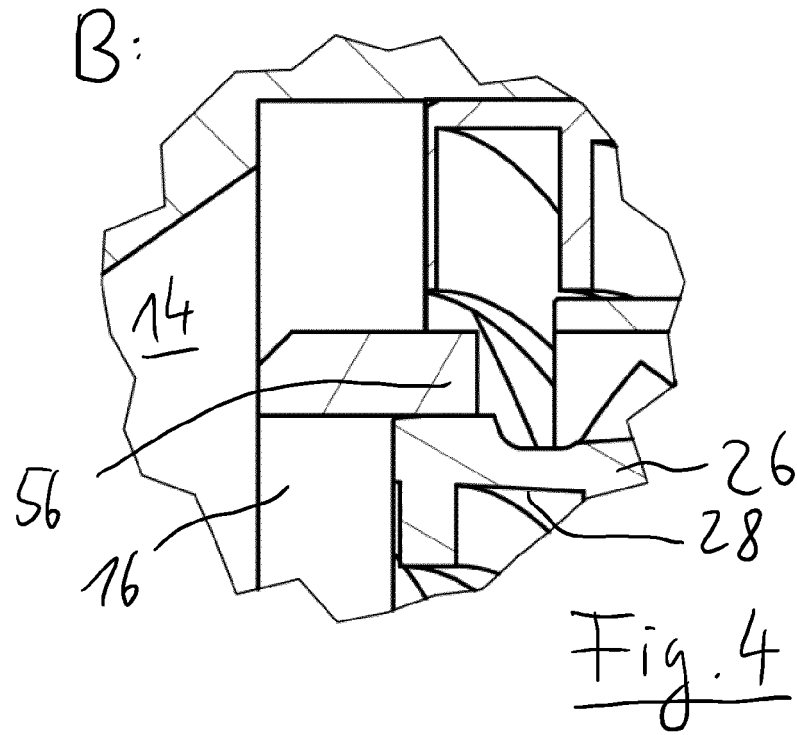
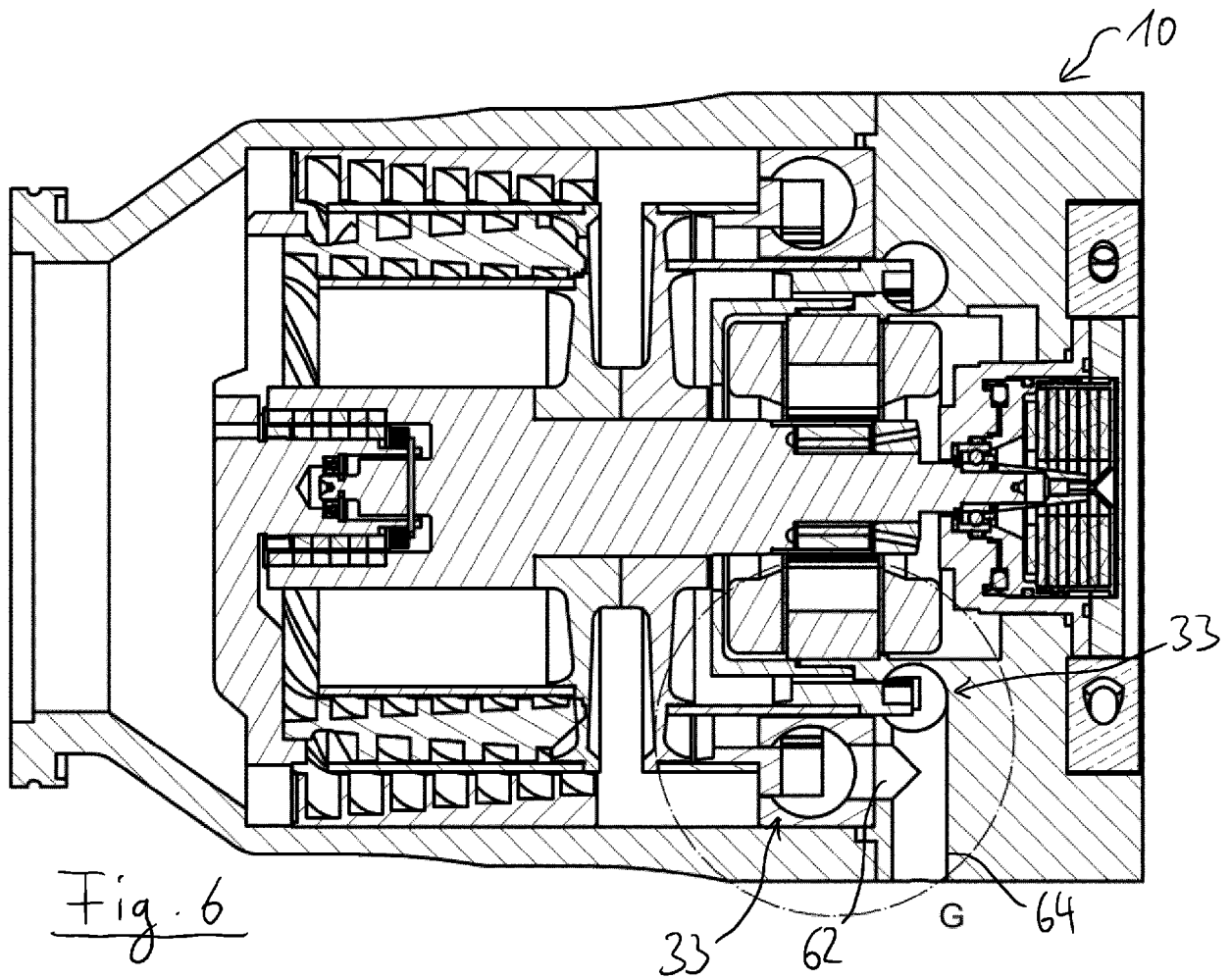
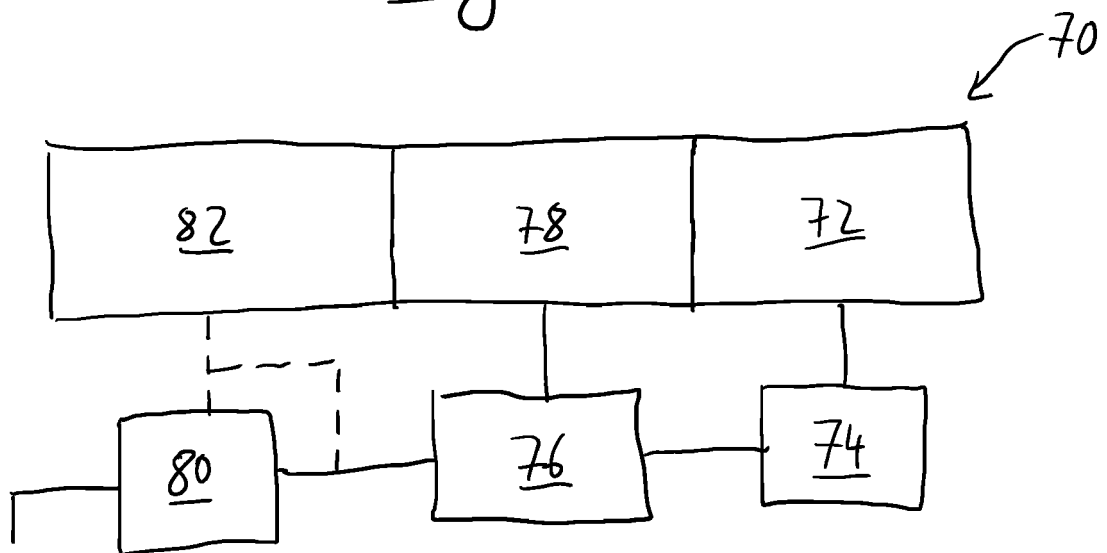
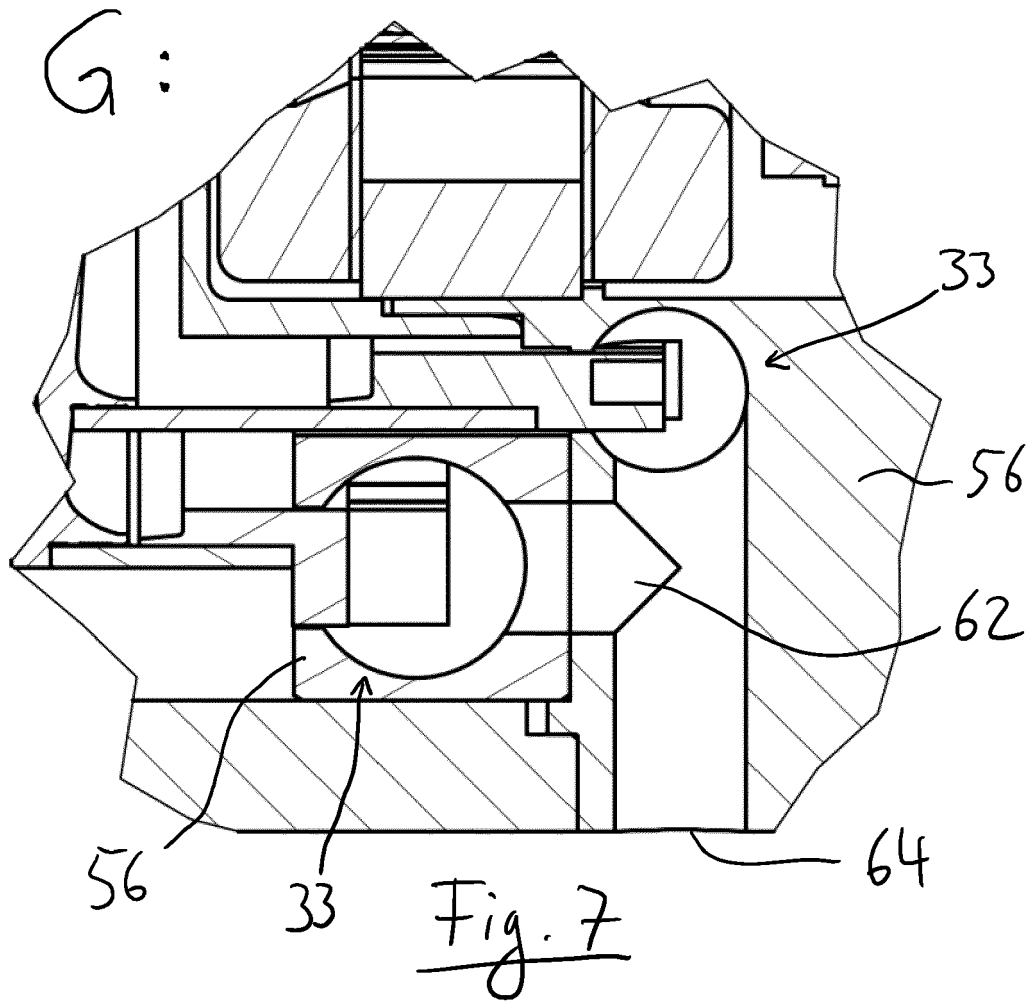


Fig. 2











EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 19 19 1378

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 253 851 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 24. November 2010 (2010-11-24)	1-7, 9-15	INV. F04D19/04 F04D23/00
A	* Absatz [0013] - Absatz [0017] * * Absatz [0020] * * Abbildungen 1, 3 *	8	

X	US 5 772 395 A (SCHOFIELD NIGEL PAUL [GB]) 30. Juni 1998 (1998-06-30)	1-15	
	* Spalte 3, Zeile 6 - Zeile 12 * * Spalte 3, Zeile 41 - Zeile 67 * * Abbildungen 1-3, 5 *		

X	US 2013/224001 A1 (SHIRINOV ALEKSANDR [DE] ET AL) 29. August 2013 (2013-08-29)	1-15	
	* Absatz [0089] * * Absatz [0095] * * Abbildungen 1, 2, 6, 7 *		

X	US 2014/369807 A1 (STONES IAN DAVID [GB] ET AL) 18. Dezember 2014 (2014-12-18)	1-7, 11-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D
A	* Absatz [0033] - Absatz [0036] * * Absatz [0042] * * Abbildungen 2, 4, 5 *	8-10	

X	US 2006/093473 A1 (BAILEY CHRISTOPHER M [GB]) 4. Mai 2006 (2006-05-04)	1-8, 11-15	
A	* Absatz [0008] - Absatz [0010] * * Absatz [0035] - Absatz [0038] * * Abbildungen 1, 2 *	9, 10	

A	DE 41 13 122 A1 (SEIKO SEIKI KK [JP]) 31. Oktober 1991 (1991-10-31)	1-15	
	* Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 34 * * Abbildung 5 *		

A	DE 10 2009 035332 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 3. Februar 2011 (2011-02-03)	1-15	
	* Absatz [0032] * * Abbildungen 2, 3 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 6. Februar 2020	Prüfer Oliveira, Damien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 19 1378

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.

06-02-2020

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2253851 A2	24-11-2010	DE 102009021642 A1	18-11-2010
		EP 2253851 A2	24-11-2010
		JP 5670095 B2	18-02-2015
		JP 2010265895 A	25-11-2010
US 5772395 A	30-06-1998	EP 0779434 A1	18-06-1997
		JP H09177695 A	11-07-1997
		US 5772395 A	30-06-1998
US 2013224001 A1	29-08-2013	DE 102012003680 A1	29-08-2013
		EP 2631488 A2	28-08-2013
		JP 6027455 B2	16-11-2016
		JP 2013174238 A	05-09-2013
		US 2013224001 A1	29-08-2013
US 2014369807 A1	18-12-2014	AT 535715 T	15-12-2011
		CA 2563234 A1	14-04-2005
		CA 2563306 A1	06-05-2005
		CA 2747136 A1	06-05-2005
		CA 2747137 A1	06-05-2005
		CN 1860301 A	08-11-2006
		CN 101124409 A	13-02-2008
		CN 102062109 A	18-05-2011
		EP 1668254 A2	14-06-2006
		EP 1668255 A1	14-06-2006
		EP 2375080 A2	12-10-2011
		EP 2378129 A2	19-10-2011
		JP 4843493 B2	21-12-2011
		JP 5546094 B2	09-07-2014
		JP 5637919 B2	10-12-2014
		JP 5809218 B2	10-11-2015
		JP 2007507656 A	29-03-2007
		JP 2007507657 A	29-03-2007
		JP 2011137475 A	14-07-2011
		JP 2014001743 A	09-01-2014
		JP 2014001744 A	09-01-2014
		US 2007116555 A1	24-05-2007
		US 2008138219 A1	12-06-2008
		US 2011200423 A1	18-08-2011
		US 2014369807 A1	18-12-2014
		WO 2005033520 A1	14-04-2005
		WO 2005040615 A2	06-05-2005
US 2006093473 A1	04-05-2006	KEINE	
DE 4113122 A1	31-10-1991	DE 4113122 A1	31-10-1991

EPO FORM P0461

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

55

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

EP 19 19 1378

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

06-02-2020

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		JP H046593 U	21-01-1992
DE 102009035332 A1	03-02-2011	DE 102009035332 A1	03-02-2011
		EP 2295812 A1	16-03-2011
		JP 5808532 B2	10-11-2015
		JP 2011033026 A	17-02-2011

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

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