



(11) **EP 4 293 232 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**20.12.2023 Patentblatt 2023/51**

(21) Anmeldenummer: **23204203.6**

(22) Anmeldetag: **17.10.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 17/16** (2006.01) **F04D 19/04** (2006.01)  
**F04D 29/52** (2006.01) **F04D 29/58** (2006.01)  
**F04D 29/60** (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 19/04; F04D 17/168; F04D 29/522;**  
**F04D 29/584; F04D 29/601; F05D 2250/51;**  
**F05D 2250/52**

(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 ME MK MT NL**  
**NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

- **Hofmann, Jan**  
**35305 Grünberg (DE)**
- **Wirth, Niklas**  
**35633 Lahnau (DE)**
- **Vorwerk, Peter**  
**35630 Ehringshausen (DE)**
- **Schweighöfer, Michael**  
**35641 Schöffentrund (DE)**

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

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

(72) Erfinder:  
• **Schill, Michael**  
**35614 Asslar-Bechlingen (DE)**

(54) **PUMPE**

(57) Eine Pumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfasst einen Stator mit zumindest einem Statorelement und einen von einem Motor zu einer Drehung um eine Rotationsachse antreibbaren Rotor mit zumindest einem Rotorelement, die zusammen eine Pumpstufe bilden, die in einem Pumpengehäuse angeordnet ist, wobei die Rotationsachse eine axiale Richtung definiert und das Pumpengehäuse einen Pumpeneinlass und zumindest einen Pumpenauslass definiert, wobei der zumindest eine Pumpenauslass in der axialen Richtung gesehen seitlich versetzt in Bezug auf die Rotationsachse ausgebildet ist, wobei der Pumpeneinlass zumindest eine Einlassöffnung, insbesondere genau eine Einlassöffnung, aufweist, die eine Einlassebene definiert und der zumindest eine Pumpenauslass zumindest eine Auslassöffnung, insbesondere genau eine Auslassöffnung, aufweist, die eine Auslassebene definiert, wobei die Einlassebene und die Auslassebene die gleiche Ebene oder parallele Ebenen sind oder wobei die Einlassebene und die Auslassebene einen Winkel von größer als 90° bis kleiner als 180° einschließen.

Fig. 6

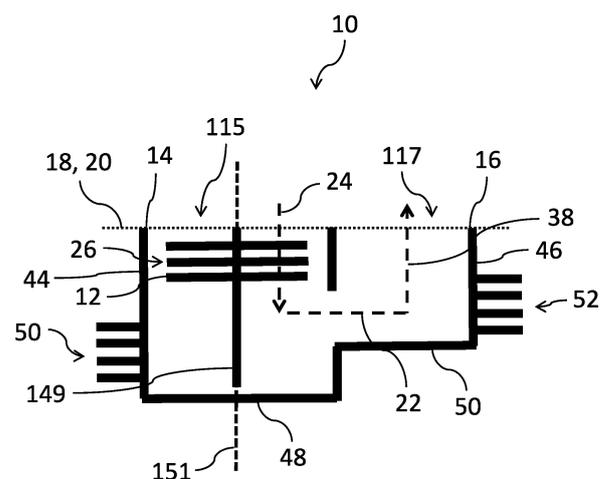
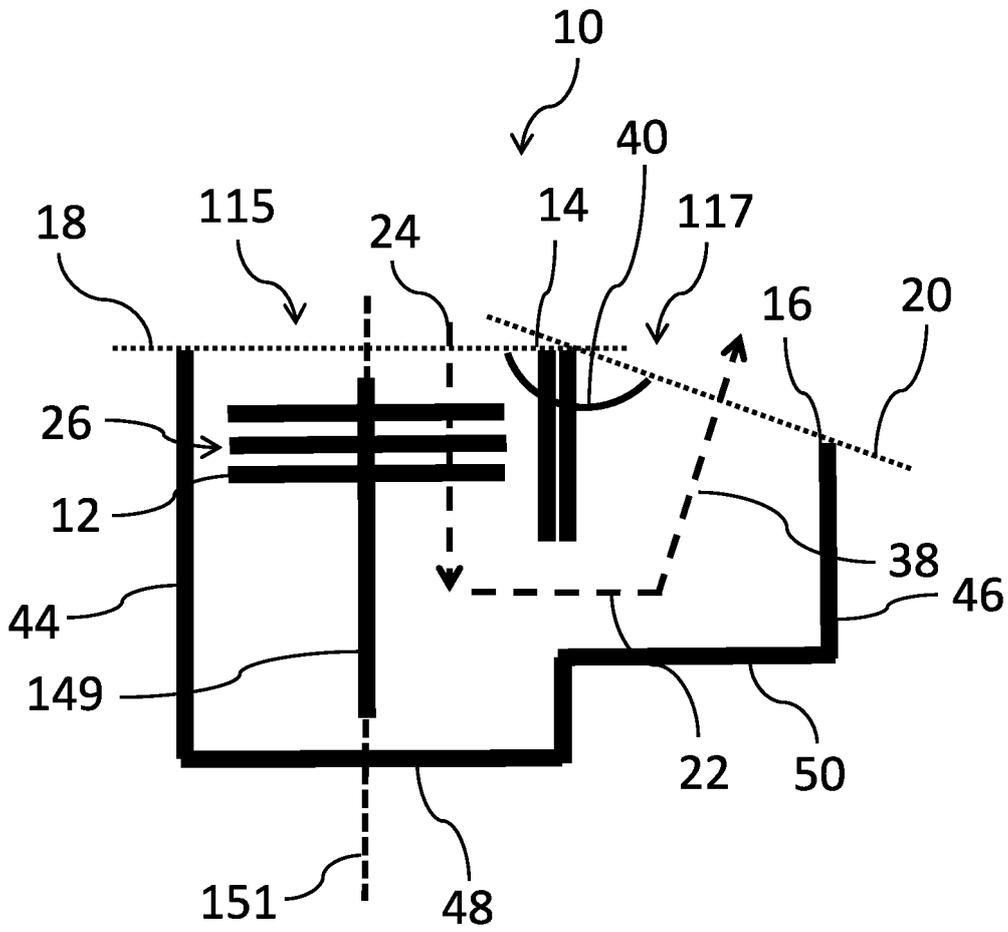


Fig. 8A



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Pumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe.

**[0002]** Vielen Typen von Pumpen, insbesondere Turbomolekularpumpen, umfassen einen Stator und einen von einem Elektromotor zu einer Drehung um eine Rotationsachse antreibbaren Rotor, die in einem Gehäuse der Pumpe angeordnet sind. Das Gehäuse definiert einen oder mehrere Einlässe und einen oder mehrere Auslässe.

**[0003]** Pumpen werden dazu verwendet, um ein Fluid vom Pumpeneinlass zum Pumpenauslass zu befördern, wodurch ein Fluidstrom durch ein Gehäuse der Pumpe erzeugt wird. Das Fluid kann ein Gas oder eine Flüssigkeit sein. Sie werden beispielsweise genutzt, um ein Vakuum in einem an dem Einlass angeschlossenen Rezipienten zu erzeugen. Es sind aber auch Anwendungen denkbar, bei denen der Einlassdruck der Pumpe quasi genauso groß ist wie der Auslassdruck. Das Fluid kann dadurch auch durch eine mit dem Einlass fluidtechnisch verbundene Komponente und/oder durch eine mit dem Auslass fluidtechnisch verbundene Komponente hindurch gefördert werden, die kundenseitig bereitgestellt wird.

**[0004]** Die kundenseitige Komponente kann beispielsweise eine Kammer einer Messvorrichtung sein oder dergleichen. Der im Betrieb der Pumpe herrschende Druck am Ein- und/oder Auslass kann beispielsweise in einem Bereich zwischen einem oberen Bereich eines Grobvakuums und einem mittleren Bereich eines Feinvakuums liegen.

**[0005]** Abhängig von der Kundenapplikation sind an eine Pumpe verschiedene Anforderungen zu stellen. Beispielsweise ist es in vielen Fällen wünschenswert, dass die Pumpe möglichst kompakt und kostengünstig ist. Gleichzeitig soll die Pumpe aber auch leistungsstark und langlebig sein.

**[0006]** Des Weiteren sollen der Ein- und Auslass der Pumpe in der Regel möglichst gut zugänglich sein, sodass die Pumpe auf unkomplizierte Art und Weise an Komponenten eines Kundenaufbaus angeschlossen werden kann.

**[0007]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine wirtschaftlichere, kompaktere und vielseitigere Pumpe bereitzustellen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

**[0009]** Insbesondere wird die Aufgabe gelöst durch eine Pumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfassend einen Stator mit zumindest einem Statorelement und einen von einem Motor zu einer Drehung um eine Rotationsachse antreibbaren Rotor mit zumindest einem Rotorelement, die zusammen eine Pumpstufe bilden, die in einem Pumpengehäuse angeordnet ist. Die Rotationsachse definiert eine axiale Richtung und das Pumpengehäuse definiert einen Pumpeneinlass und zumindest einen Pumpenauslass.

**[0010]** Der zumindest eine Pumpenauslass ist in der axialen Richtung gesehen seitlich versetzt in Bezug auf die Rotationsachse ausgebildet. Mit anderen Worten liegen die Mitten der Ein- und Auslässe in axialer Richtung gesehen nicht übereinander, sondern nebeneinander, was die Integration der Pumpe in manche Aufbauten vereinfacht.

**[0011]** Der Pumpeneinlass weist zumindest eine Einlassöffnung, insbesondere genau eine Einlassöffnung, auf, die eine Einlassebene definiert und der zumindest eine Pumpenauslass weist zumindest eine Auslassöffnung, insbesondere genau eine Auslassöffnung, auf, die eine Auslassebene definiert. Der Pumpeneinlass kann aber auch zwei oder mehr Einlassöffnungen aufweisen, die jeweils eine Einlassebene definieren, und der zumindest eine Pumpenauslass kann zwei oder mehr Auslassöffnungen aufweisen, die jeweils eine Auslassebene definieren.

**[0012]** Die Einlassebene und die Auslassebene liegen in der gleichen Ebene oder in parallele Ebenen. Mit anderen Worten haben die Einlassöffnung und die Auslassöffnung die gleiche Ausrichtung und/oder entgegengesetzte Ausrichtungen in Bezug auf die axiale Richtung.

**[0013]** Alternativ hierzu schließen die Einlassebene und die Auslassebene einen Winkel von größer als  $90^\circ$  bis kleiner als  $180^\circ$  ein, das heißt die Einlassöffnung und die Auslassöffnung weisen unterschiedliche Ausrichtungen in Bezug auf die axiale Richtung auf. Der Winkel kann insbesondere einen Wert von größer oder gleich  $100^\circ$  bis kleiner oder gleich  $170^\circ$ , insbesondere größer oder gleich  $110^\circ$  bis kleiner oder gleich  $160^\circ$ , insbesondere größer oder gleich  $120^\circ$  bis kleiner oder gleich  $150^\circ$ , annehmen. Der Winkel zwischen der Einlassebene und der Auslassebene ist als derjenige Gegenwinkel definiert, der größer als  $90^\circ$  ist.

**[0014]** Durch die vorstehend beschriebenen Bauformen kann eine kundenseitige Komponente besonders einfach und platzsparend an die Pumpe angeschlossen werden. Beispielsweise kann es vorkommen, dass eine Komponente an derselben Seite der Pumpe angeschlossen werden soll, an der sich auch der Einlass der Pumpe befindet. Kommt bei einer solchen "Über-Eck-Anwendung" eine herkömmliche Pumpe zum Einsatz, bei der sich der Pumpeneinlass und der Pumpenauslass auf gegenüberliegenden Seiten der Pumpe befinden, muss kundenseitig erst eine entsprechende "Umleitung" installiert werden, welche eine Richtungsumkehrung des Fluidstroms bewirkt, um die Komponente anschließen zu können. Dies kann aufwendig und kostspielig sein und beansprucht zusätzlichen Bauraum. Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe, bei der die Einlassöffnung und die Auslassöffnung auf der gleichen Seite der Pumpe und seitlich versetzt zueinander angeordnet sind, entfällt eine solche "Umleitung".

**[0015]** Weitere Ausführungsformen sind in den Ansprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen angegeben.

**[0016]** Die Einlassebene kann senkrecht zu der axia-

len Richtung stehen. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann auch die Auslassebene senkrecht zu der axialen Richtung stehen. Die Einlassebene und/oder die Auslassebene kann jedoch auch schräg zu der axialen Richtung stehen.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Pumpenauslass in einer Seitenansicht der Pumpe gesehen in Bezug auf eine Einströmrichtung eines Fluidstroms oberhalb oder im Bereich einer eingangsseitig ersten Pumpstufe angeordnet sein.

**[0018]** Insbesondere weist die Pumpe genau eine Pumpstufe auf.

**[0019]** Des Weiteren kann der zumindest eine Pumpenauslass genau eine Auslassöffnung, genau zwei Auslassöffnungen oder mehr Auslassöffnungen umfassen, sodass mehrere Komponenten an den Auslass angeschlossen werden können.

**[0020]** Die Pumpe kann in einem Druckbereich zwischen 0,01 mbar (1 Pa) und 100 mbar ( $10^4$  Pa), insbesondere zwischen 1 mbar ( $10^2$  Pa) und 10 mbar ( $10^3$  Pa), betrieben werden oder arbeiten. Die im Betrieb der Pumpe herrschenden Drücke können in bestimmten Anwendungsfällen jedoch auch über 100 mbar ( $10^4$  Pa) liegen oder kleiner als 1 mbar (1 Pa) sein.

**[0021]** Der Rotor kann weniger als fünf Rotorelemente, insbesondere Rotorscheiben umfassen. Zusätzlich oder alternativ kann der Stator weniger als fünf Statorelemente, insbesondere Statorscheiben, umfassen. Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn der Rotor, weniger als fünf, vorzugsweise drei, Rotorelemente und der Stator weniger als fünf, vorzugsweise drei, Statorelemente aufweist. Für bestimmte Anwendungen können aber auch andere Konfigurationen gewählt werden.

**[0022]** Des Weiteren kann die Pumpe ausschließlich eine Luftkühlung aufweisen. Insbesondere kann das Pumpengehäuse Kühlelemente, z. B. Kühllamellen und/oder Kühlstifte aufweisen, die sich von dem Pumpengehäuse weg erstrecken. Zusätzlich oder alternativ kann die Pumpe auch eine aktive Kühlung aufweisen, die beispielsweise einen Ventilator umfasst, der einen das Gehäuse und/oder - falls vorhanden - die Kühlelemente anströmenden Luftstrom erzeugt. Die aktive Kühlung kann aber auch eine flüssigkeitsbasierte Kühlung sein. So kann die Pumpe beispielsweise eine oder mehrere Kühlleitungen und/oder -kanäle aufweisen, die um und/oder in dem Pumpengehäuse vorgesehen sind und durch die Kühlflüssigkeit wie beispielsweise Wasser fließt.

**[0023]** Die Pumpe kann eine einflutige Pumpe sein, das heißt die Pumpe weist keine funktionell parallel wirkenden Pumpstufen auf.

**[0024]** Die Pumpe kann des Weiteren zumindest einen Seitenkanal, zumindest eine Hohlweckstufe und/oder zumindest eine Siegbahnstufe umfassen.

**[0025]** Der Pumpeneinlass kann eine Einlassfläche aufweisen und der zumindest eine Pumpenauslass kann eine Auslassfläche aufweisen, wobei die Auslassfläche größer oder gleich 100%, größer oder gleich 150 %, grö-

ßer oder gleich 200%, größer oder gleich 250% oder größer oder gleich 300% der Einlassfläche sein kann. Insbesondere kann ein Verhältnis von Einlassfläche zu Auslassfläche 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3 oder weniger betragen.

5

**[0026]** Alternativ hierzu kann die Einlassfläche größer oder gleich 100%, größer oder gleich 150 %, größer oder gleich 200%, größer oder gleich 250% oder größer oder gleich 300% der Auslassfläche sein. Insbesondere kann ein Verhältnis von Einlassfläche zu Auslassfläche 1:1, 1.5:1, 2:1, 2.5:1 oder 3:1 größer betragen. Dadurch ist die Pumpe besonders variabel einsetzbar.

10

**[0027]** Die Einlassfläche und die Auslassfläche können in etwa gleich groß sein. Unter "in etwa gleich groß" fallen Unterschiede der Größe der Flächen von bis zu 20%, bevorzugt von bis zu 10%, besonders bevorzugt von bis zu 5%.

15

**[0028]** Für eine besonders platzsparende Ausgestaltung kann der zumindest eine Pumpenauslass als ein Schlitz mit zumindest einer gekrümmten Seite ausgebildet sein. Insbesondere kann eine Formgebung der gekrümmten Seite der Formgebung der Einlassöffnung nachgebildet sein. Bevorzugt ist der Schlitz zumindest abschnittsweise kreissegmentartig ausgestaltet, wobei die beiden kürzeren Querseiten des Schlitzes parallel zueinander verlaufen und die beiden Längsseiten des Schlitzes dieselbe Krümmung aufweisen und ebenfalls parallel zueinander verlaufen.

20

25

**[0029]** Für eine besonders robuste Ausgestaltung kann das Pumpengehäuse einstückig ausgebildet sein. Insbesondere können der Pumpeneinlass und der zumindest eine Pumpenauslass in einem gemeinsamen Flanschabschnitt der Pumpe ausgebildet sein, was ein Anschließen der Pumpe deutlich vereinfacht.

30

**[0030]** Der Pumpeneinlass und der zumindest eine Pumpenauslass können jedoch auch an separaten Gehäuseteilen des Pumpengehäuses ausgebildet sein, beispielsweise an separaten Flanschabschnitten, wodurch die Pumpe variabler einsetzbar ist.

35

**[0031]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

40

45

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,

Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,

50

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,

55

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomoleku-

larpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,

Fig. 6-9 Querschnittsansichten von Pumpen gemäß verschiedener Ausführungsformen der Erfindung, und

Fig. 10 eine Ansicht einer Oberseite einer Pumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

**[0035]** Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

**[0036]** 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.

**[0037]** Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

**[0038]** 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.

**[0039]** 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 Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

**[0040]** In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

**[0041]** Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

**[0042]** In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

**[0043]** 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.

**[0044]** Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

**[0045]** Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst ei-

ne an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

**[0052]** 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.

**[0053]** 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 Abstößungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

**[0054]** 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 sta-

torseitigen 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.

**[0055]** 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.

**[0056]** Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z. B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d. h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

**[0057]** 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.

**[0058]** Die Fig. 6 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Pumpe 10. Die Pumpe 10 kann eine Turbomolekularpumpe sein, das Erfindungskonzept ist jedoch nicht auf diesen Pumpentyp beschränkt. Die Pumpe 10 umfasst ein Pumpengehäuse 14, in dem ein Stator und ein Rotor 149 angeordnet sind, die zusammen eine Pumpstufe 26 bilden. Der Rotor 149 ist mittels eines (Elektro-)Motors 125 zu einer Drehung um eine Rotationsachse 151 antreibbar, wobei die Rotationsachse 151 eine axiale Richtung definiert.

**[0059]** An dem Pumpengehäuse 14 sind ein Pumpeneinlass 115 und ein Pumpenauslass 117 ausgebildet. Der Pumpeneinlass 115 ist koaxial in Bezug auf die axiale

Richtung angeordnet. Der Pumpeneinlass 115 kann aber auch in axialer Richtung gesehen seitlich versetzt, d. h. neben der Rotationsachse 151 ausgebildet sein. Der Pumpenauslass 117 liegt in axialer Richtung gesehen seitlich versetzt neben dem Pumpeneinlass 115, der Pumpstufe 26 und der Rotationsachse 151. Des Weiteren liegt der Pumpenauslass 117 in Bezug auf eine Einstromrichtung 24 eines Fluidstroms 22 oberhalb der Pumpstufe 26. Der Pumpenauslass 117 kann aber auch im Bereich neben der Pumpstufe 26 angeordnet sein, d. h. von der Seite gesehen im Bereich der Pumpstufe 26 angeordnet sein (siehe Fig. 7).

**[0060]** Der Pumpeneinlass 115 weist eine Einlassöffnung 14 auf und der Pumpenauslass 117 weist eine Auslassöffnung 16 auf. Die Einlassöffnung 14 weist eine Einlassfläche 28 auf und definiert eine Einlassebene 18. Die Auslassöffnung 16 weist eine Auslassfläche 30 auf und definiert eine Auslassebene 20. Bei der gezeigten Ausführungsform sind die Einlassfläche 28 und die Auslassfläche 30 im Wesentlichen gleich groß. Es ist jedoch auch möglich, dass die Einlassfläche 28 größer ist als die Auslassfläche 30, oder umgekehrt.

**[0061]** Das Pumpengehäuse 14 umfasst einen Grundkörper 44 und einen Auslassabschnitt 46. Bei der gezeigten Ausführungsform sind der Grundkörper 44 und der Auslassabschnitt 46 einstückig ausgebildet, das heißt sie bilden das Pumpengehäuse 14 der Pumpe 10. Der Pumpeneinlass 115 und der Pumpenauslass 117 sind entsprechend in einem gemeinsamen Gehäuse 14 der Pumpe 14 ausgebildet, insbesondere sind sie in einem gemeinsamen Flanschabschnitt 36 der Pumpe 10 ausgebildet (siehe Fig. 10).

**[0062]** Es ist jedoch auch eine Konfiguration möglich, bei der der Grundkörper 44 und der Auslassabschnitt 46 separate Gehäuseabschnitte der Pumpe 10 sind. Bei einer solchen Ausführungsform sind der Pumpeneinlass 115 und der Pumpenauslass 117 in separaten Gehäuseabschnitten der Pumpe 10 ausgebildet, beispielsweise in zwei oder mehr verschiedenen Flanschabschnitten, die sich an den Grundkörper 44 und/oder den Auslassabschnitt 46 des Pumpengehäuses 14 anschließen.

**[0063]** Die beschriebene Konfiguration des Pumpengehäuses 14 gilt auch für die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen.

**[0064]** Die Einlassebene 18 und die Auslassebene 20 liegen in axialer Richtung gesehen auf gleicher Höhe, das heißt sie liegen in oder bilden dieselbe Ebene 18, 20. Zudem stehen die Einlassebene 18 und die Auslassebene 20 senkrecht zur axialen Richtung. Insbesondere haben die Einlassöffnung 14 und die Auslassöffnung 16 dieselbe Ausrichtung, das heißt sie weisen in dieselbe Richtung. Dadurch sind die Einlassöffnung 14 und die Auslassöffnung 16 von der selben Seite der Pumpe 10 aus zugänglich.

**[0065]** Im Betrieb der Pumpe 10 wird ein Fluidstrom 22 erzeugt, der beim Eintritt in die Einlassöffnung 14 und beim Durchfluss durch die Pumpstufe 26 eine Einstromrichtung 24 aufweist und beim Austritt aus der Auslass-

öffnung 16 eine Ausströmrichtung 38 aufweist. Die Einströmrichtung 24 und die Ausströmrichtung 38 verlaufen gegengleich (oder antiparallel in Bezug zueinander) und parallel zur axialen Richtung, das heißt der Fluidstrom 22 durchläuft vom Eintritt in die Pumpe 10 bis zum Austritt aus der Pumpe 10 eine Richtungsumkehrung von ca. 180°.

**[0066]** Eine Unterseite 48 des Grundkörpers 44 des Pumpengehäuses 14 ist axial versetzt zu einer Unterseite 50 des Auslassabschnitts 46 des Pumpengehäuses 14 ausgebildet. Es ist jedoch auch eine Ausgestaltung möglich, bei der die beiden Unterseiten 48 und 50 fluchten.

**[0067]** Zudem weist die Pumpe 10 eine passive Kühlung auf. Die passive Kühlung kann direkt in dem Pumpengehäuse 14 integriert sein. Alternativ können die passive Kühlung und das Pumpengehäuse 14 aber auch als separate Bauteile ausgeführt sein. Beispielsweise kann die passive Kühlung an das Pumpengehäuse 14 angefügt sein. Bei der gezeigten Ausführungsform umfasst die passive Kühlung eine Mehrzahl von Kühl lamellen 52, die sich von dem Pumpengehäuse 14 weg erstrecken. Zusätzlich oder alternativ kann die passive Kühlung auch eine Mehrzahl von Kühlstiften (nicht gezeigt) umfassen. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann die Pumpe 10 auch eine aktive Kühlung aufweisen, z.B. ein Kühlgebläse und/oder eine Flüssigkeitskühlung, insbesondere Wasserkühlung.

**[0068]** Die in der Fig. 7 gezeigte Pumpe 10 unterscheidet sich von der in der Fig. 6 gezeigten Pumpe 10 im Wesentlichen dadurch, dass die Einlassebene 18 und die Auslassebene 20 nicht in der gleichen Ebene liegen sondern parallele Ebenen sind. Das heißt die Einlassebene 18 liegt axial versetzt zur Auslassebene 20.

**[0069]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel liegt die Einlassebene 18 in Einströmrichtung 24 gesehen über oder vor der Auslassebene 20. Es ist jedoch auch eine Konfiguration möglich, bei der die Einlassebene 18 unter der Auslassebene 20 liegt.

**[0070]** Die in der Fig. 8A gezeigte Pumpe 10 unterscheidet sich von den in den Fig. 6 und 7 gezeigten Pumpen 10 im Wesentlichen dadurch, dass die Einlassöffnung 14 und die Auslassöffnung 16 nicht dieselbe Ausrichtung aufweisen, das heißt die Flächennormalen der Öffnungen 14, 16 weisen nicht in dieselbe Richtung. Insbesondere schließen die Einlassebene 18 und die Auslassebene 20 einen Winkel 40 von größer als 90° bis kleiner als 180° ein. Bei der gezeigten Ausführungsform beträgt der Winkel 40 ca. 150°. Der Winkel 40 kann aber auch größer oder kleiner als 150° sein. Wie in der Fig. 8B näher gezeigt ist, ist unter dem Winkel 40 zwischen der Einlassebene 18 und der Auslassebene 20 derjenige Gegenwinkel zu verstehen, der größer als 90° ist.

**[0071]** Der im Betrieb der Pumpe 10 erzeugte Fluidstrom 22 weist eine Ausströmrichtung 38 auf, die nicht entgegengesetzt zur Einströmrichtung 24 verläuft, und der Fluidstrom 22 erfährt eine Richtungsänderung von insgesamt mehr als 90° und weniger als 180°.

**[0072]** Die Einlassebene 18 steht senkrecht zu der axialen Richtung und die Auslassebene 20 steht nicht senkrecht, d.h. schräg zu der axialen Richtung. Es ist aber auch eine Ausgestaltung möglich, bei der die Auslassebene 20 senkrecht zu der axialen Richtung steht und die Einlassebene 18 nicht senkrecht zu der axialen Richtung steht. Ferner können auch beide Ebenen 18, 20 schräg zu der axialen Richtung angeordnet sein.

**[0073]** Die Auslassöffnung 16 liegt in einer Seitenansicht der Pumpe 10 gesehen in Bezug auf die Einströmrichtung 24 zumindest abschnittsweise, insbesondere vollständig, unter der Einlassöffnung 14. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Auslassöffnung 16 zumindest abschnittsweise, insbesondere vollständig, über der Einlassöffnung 14 liegt.

**[0074]** Die in der Fig. 9 gezeigte Pumpe 10 unterscheidet sich von den in den Fig. 6 bis 8 gezeigten Pumpen 10 im Wesentlichen dadurch, dass der Pumpenauslass 117 zwei Auslassöffnungen 16a und 16b aufweist.

**[0075]** Die Auslassöffnungen 16a, 16b weisen jeweils eine Auslassfläche auf, die kleiner ist als die Einlassfläche 28. Bei der gezeigten Ausführungsform beträgt ein Verhältnis von Einlassfläche 28 zu Auslassfläche beispielsweise ca. 5:1. Es versteht sich, dass das Verhältnis jedoch auch einen beliebigen Wert, insbesondere zwischen 1:1 und 10:1 oder zwischen 1:1 und 1:10, insbesondere zwischen 1:1 und 5:1 oder zwischen 1:1 und 1:5, insbesondere zwischen 1:1 und 3:1 oder zwischen 1:1 und 1:3, annehmen kann.

**[0076]** Die Auslassöffnung 16a definiert eine erste Auslassebene 20a, die in der gleichen Ebene wie die Einlassebene 18 liegt. Die Auslassöffnung 16b definiert eine zweite Auslassebene 20b, die parallel zu der ersten Auslassebene 20a und der Einlassebene 18 verläuft. Alle Ebenen 18, 20a, 20b stehen senkrecht zu der axialen Richtung, sodass die Normalen der Einlassöffnung 14 und der ersten Auslassöffnung 16a die gleiche Ausrichtung in Bezug auf die axiale Richtung aufweisen und Normale der zweite Auslassöffnung 16b in die entgegengesetzte Richtung weist. Insbesondere sind die Einlassöffnung 14 und die erste Auslassöffnung 16a von der Einlassseite der Pumpe 10 aus leicht zugänglich, und die zweite Auslassöffnung 16b ist von der der Einlassöffnung 14 gegenüberliegenden Seite der Pumpe 10 aus leicht zugänglich.

**[0077]** Es ist aber auch eine Konfiguration möglich, bei der die Einlassebene 14, die erste Auslassebene 20a und/oder die zweite Auslassebene 20b nicht senkrecht, d.h. schräg zu der axialen Richtung stehen.

**[0078]** Der im Betrieb der Pumpe 10 erzeugte Fluidstrom 22 weist eine Einströmrichtung 24 und eine erste und eine zweite Ausströmrichtung 38a, 38b auf, die jeweils parallel zu der axialen Richtung verlaufen. Die Einströmrichtung 24 und die erste Ausströmrichtung 38a verlaufen antiparallel und die Einströmrichtung 24 und die zweite Ausströmrichtung 38b verlaufen parallel zueinander. Das Fluid tritt daher sowohl einlassseitig als auch auf der dem Einlass 115 gegenüberliegenden Seite

der Pumpe 10 aus, das heißt der Fluidstrom teilt sich im Pumpenauslass 117.

**[0079]** Die erste Auslassöffnung 16a und die Einlassöffnung 14 liegen in Bezug auf die axiale Richtung auf gleicher Höhe. Es ist jedoch auch denkbar, dass die erste Auslassöffnung 16a und die Einlassöffnung 14 axial versetzt zueinander liegen.

**[0080]** Die erste Auslassöffnung 16a und die zweite Auslassöffnung 16b sind koaxial angeordnet, d.h. ihre Mitten liegen in axialer Richtung gesehen übereinander. Es ist jedoch auch möglich, dass die erste Auslassöffnung 16a und die zweite Auslassöffnung 16b in der axialen Richtung gesehen seitlich versetzt zueinander ausgebildet sind. Die Öffnungen 16a, 16b können hinsichtlich Formgebung und Größe gleich ausgestaltet sein oder sich unterscheiden.

**[0081]** Bei der gezeigten Ausführungsform weist der Pumpenauslass 117 zwei gegenüberliegende Auslassöffnungen 16a, 16b auf. Der Pumpenauslass 117 kann aber auch mehr als zwei, beispielsweise drei, vier, fünf oder mehr Auslassöffnungen 16 aufweisen, die jeweils die gleiche oder parallele Auslassebenen 20 definieren oder die Auslassebenen 20 definieren, die einen Winkel 40 von größer als 90° bis kleiner als 180° einschließen.

**[0082]** Die Fig. 10 zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Ausführungsform einer Pumpe 10 mit einem Flanschabschnitt 36, in dem sowohl die Einlassöffnung 14 als auch die Auslassöffnung 16 ausgebildet sind. Der Flanschabschnitt 36 ist einstückig mit dem Pumpengehäuse 14 ausgebildet. Der Flanschabschnitt 36 ist kann aber auch als ein separates Gehäusebauteil des Pumpengehäuses 14 ausgebildet sein, d.h. das Pumpengehäuse 14 kann zwei- oder mehrstückig ausgebildet sein.

**[0083]** Die Einlassöffnung 14 weist eine Kreisform auf und ist mittig über der Rotationsachse 151 angeordnet. Die Auslassöffnung 16 liegt seitlich versetzt neben der Einlassöffnung 14 und ist als ein Schlitz 32 mit zwei parallelen gekrümmten Seiten 34 und zwei parallelen geraden Seiten 42 ausgebildet. Die Krümmung der Längsseiten 34 ist der Kreisform des Einlasses 117 nachgebildet, was die Pumpe 10 besonders kompakt macht. Bei der gezeigten Ausführungsform beträgt das Verhältnis von Einlassfläche 28 zu Auslassfläche 30 ca. 3:1. Das Verhältnis kann jedoch bedarfsgerecht angepasst werden.

**[0084]** Auch die Form der Einlassöffnung 14 ist nicht auf eine Kreisform beschränkt zu verstehen. Sie kann zum Beispiel auch die Form eines Rechtecks, insbesondere Quadrats, oder einer Ellipse aufweisen. Entsprechend ist auch die Form der Auslassöffnung 16 nicht auf die Schlitzform mit zwei parallelen gekrümmten Seiten 34 und zwei parallelen geraden Seiten 42 beschränkt. Bevorzugt aber nicht zwingend ist die Form der Auslassöffnung 16 komplementär zu der Form der Einlassöffnung 14 ausgestaltet. Vorstehend beschriebene Ausgestaltungen der Ein- und Auslassöffnung lassen sich grundsätzlich auch auf andere Ausführungsformen der Erfindung übertragen.

**[0085]** Es versteht sich, dass das Verhältnis von Einlass- zu Auslassfläche 28, 30, die Anzahl an Auslassöffnungen 16, die Ausrichtung der Öffnungen 14, 16 bzw. der Einlass- und Auslassebenen 18, 20 in Bezug auf die axiale Richtung, die relative Position der Öffnungen 14, 16 zueinander und in Bezug auf die Pumpstufe, die relative Position der Unterseiten 44, 46 zueinander, sowie die ein- oder mehrstückige Ausgestaltung des Pumpengehäuses 14 gemäß den verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen beliebig kombiniert werden können.

### Bezugszeichenliste

#### **[0086]**

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 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                                | 5  |    |  |
| 207 | Deckelelement                                 |    |    |  |
| 209 | Stützring                                     |    |    |  |
| 211 | Befestigungsring                              |    |    |  |
| 213 | Tellerfeder                                   |    |    |  |
| 215 | Not- bzw. Fanglager                           | 10 |    |  |
| 217 | Motorstator                                   |    |    |  |
| 219 | Zwischenraum                                  |    |    |  |
| 221 | Wandung                                       |    |    |  |
| 223 | Labyrinthdichtung                             |    |    |  |
| 10  | Pumpe   | 15 | 2. | Pumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,<br>wobei die Einlassebene (18) und/oder die Auslassebene (20) senkrecht zu der axialen Richtung steht.   |
| 12  | Rotorelement                                  |    |    |  |
| 14  | Einlassöffnung                                |    |    |  |
| 16  | Auslassöffnung                                |    |    |  |
| 18  | Einlassebene                                  |    |    |  |
| 20  | Auslassebene                                  | 20 | 3. | Pumpe (10) nach Anspruch 1 oder 2,<br>wobei der Pumpenauslass (117) in einer Seitenansicht der Pumpe (10) gesehen in Bezug auf eine Einströmrichtung (24) eines Fluidstroms (22) oberhalb oder im Bereich einer eingangsseitig ersten Pumpstufe (26) angeordnet ist. |
| 22  | Fluidstrom                                    |    |    |  |
| 24  | Einströmrichtung                              |    |    |  |
| 26  | Pumpstufe                                     |    |    |  |
| 28  | Einlassfläche                                 |    |    |  |
| 30  | Auslassfläche                                 | 25 |    |  |
| 32  | Schlitz                                       |    |    |  |
| 34  | gekrümmte Seiten des Schlitzes                |    | 4. | Pumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,<br>wobei der zumindest eine Pumpenauslass (117) genau eine Auslassöffnung (16), genau zwei Auslassöffnungen (16a, 16b), oder mehr Auslassöffnungen (16) umfasst.   |
| 36  | Flanschabschnitt                              |    |    |  |
| 38  | Ausströmrichtung                              |    |    |  |
| 40  | Winkel zwischen Einlassebene und Auslassebene | 30 |    |  |
| 42  | gerade Seiten des Schlitzes                   |    |    |  |
| 44  | Grundkörper                                   |    |    |  |
| 46  | Auslassabschnitt                              |    | 5. | Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,<br>wobei die Pumpe (10) in einem Druckbereich zwischen 0,01 mbar und 100 mbar, insbesondere zwischen 1 mbar und 10 mbar, betreibbar ist.   |
| 48  | Unterseite des Grundkörpers                   | 35 |    |  |
| 50  | Unterseite des Auslassabschnitts              |    |    |  |
| 52  | Kühl lamellen                                 |    |    |  |

### Patentansprüche

1. Pumpe (10), insbesondere Turbomolekularpumpe (111), umfassend einen Stator mit zumindest einem Statorelement und einen von einem Motor (125) zu einer Drehung um eine Rotationsachse (151) antreibbaren Rotor (149) mit zumindest einem Rotorelement (12), die zusammen eine Pumpstufe (26) bilden, die in einem Pumpengehäuse (14) angeordnet ist,  

wobei die Rotationsachse (151) eine axiale Richtung definiert und das Pumpengehäuse (14) einen Pumpeneinlass (115) und zumindest einen Pumpenauslass (117) definiert,  
wobei der zumindest eine Pumpenauslass (117) in der axialen Richtung gesehen seitlich versetzt in Bezug auf die Rotationsachse (151) ausgebildet ist,
2. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei die Einlassebene (18) und/oder die Auslassebene (20) senkrecht zu der axialen Richtung steht.
3. Pumpe (10) nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei der Pumpenauslass (117) in einer Seitenansicht der Pumpe (10) gesehen in Bezug auf eine Einströmrichtung (24) eines Fluidstroms (22) oberhalb oder im Bereich einer eingangsseitig ersten Pumpstufe (26) angeordnet ist.
4. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei der zumindest eine Pumpenauslass (117) genau eine Auslassöffnung (16), genau zwei Auslassöffnungen (16a, 16b), oder mehr Auslassöffnungen (16) umfasst.
5. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,  
wobei die Pumpe (10) in einem Druckbereich zwischen 0,01 mbar und 100 mbar, insbesondere zwischen 1 mbar und 10 mbar, betreibbar ist.
6. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,  
wobei der Rotor (149) weniger als fünf Rotorelemente (12), insbesondere Rotorscheiben (155) umfasst und/oder wobei der Stator weniger als fünf Statorelemente, insbesondere Statorscheiben (157), umfasst.
7. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,  
wobei die Pumpe (10) ausschließlich eine Luftkühlung aufweist, insbesondere wobei das Pumpengehäuse (14) mehrere Kühlelemente, insbesondere Kühl lamellen (50) und/oder Kühlstifte, aufweist, die sich von dem Pumpengehäuse weg erstrecken, und/oder wobei die Pumpe (10) eine aktive Kühlung aufweist.
8. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden

den Ansprüche,  
wobei die Pumpe (10) eine einflutige Pumpe ist.

9. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, 5  
wobei die Pumpe (10) zumindest einen Seitenkanal, zumindest eine Hohlweckstufe und/oder zumindest eine Siegbahnstufe umfasst.
10. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, 10  
wobei der Pumpeneinlass (115) eine Einlassfläche (28) aufweist und der zumindest eine Pumpenauslass (117) eine Auslassfläche (30) ausweist, 15  
wobei die Auslassfläche (30) größer oder gleich 100%, größer oder gleich 200%, größer oder gleich 300%, größer oder gleich 400% oder größer oder gleich 500% der Einlassfläche (28) ist. 20
11. Pumpe (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9,  
wobei der Pumpeneinlass (115) eine Einlassfläche (28) aufweist und der zumindest eine Pumpenauslass (117) eine Auslassfläche (30) ausweist, 25  
wobei die Einlassfläche (28) größer oder gleich 100%, größer oder gleich 200%, größer oder gleich 300%, größer oder gleich 400% oder größer oder gleich 500% der Auslassfläche (30) ist. 30
12. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, 35  
wobei der zumindest eine Pumpenauslass (117) als ein Schlitz (32) mit zumindest einer gekrümmten Seite (34) ausgebildet ist, insbesondere wobei eine Formgebung der gekrümmten Seite (34) der Formgebung der Einlassöffnung (14) nachgebildet ist. 40
13. Pumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei das Pumpengehäuse (14) einstückig ausgebildet ist, insbesondere 45  
wobei der Pumpeneinlass (115) und der zumindest eine Pumpenauslass (117) in einem gemeinsamen Flanschabschnitt (36) der Pumpe (10) ausgebildet sind. 50
14. Pumpe (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12,  
wobei der Pumpeneinlass (115) und der zumindest eine Pumpenauslass (117) an separaten Gehäuseteilen des Pumpengehäuses (14) ausgebildet sind. 55

Fig. 1

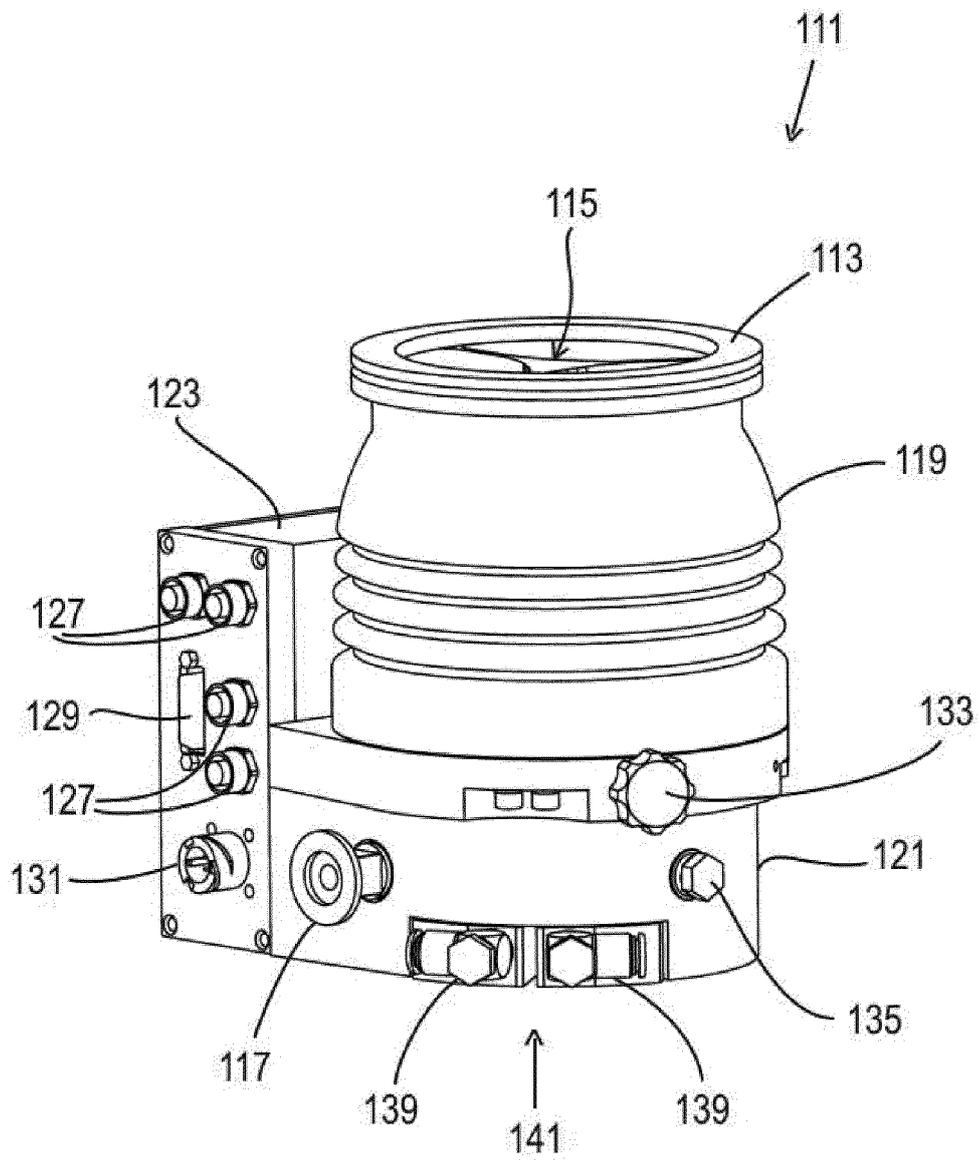
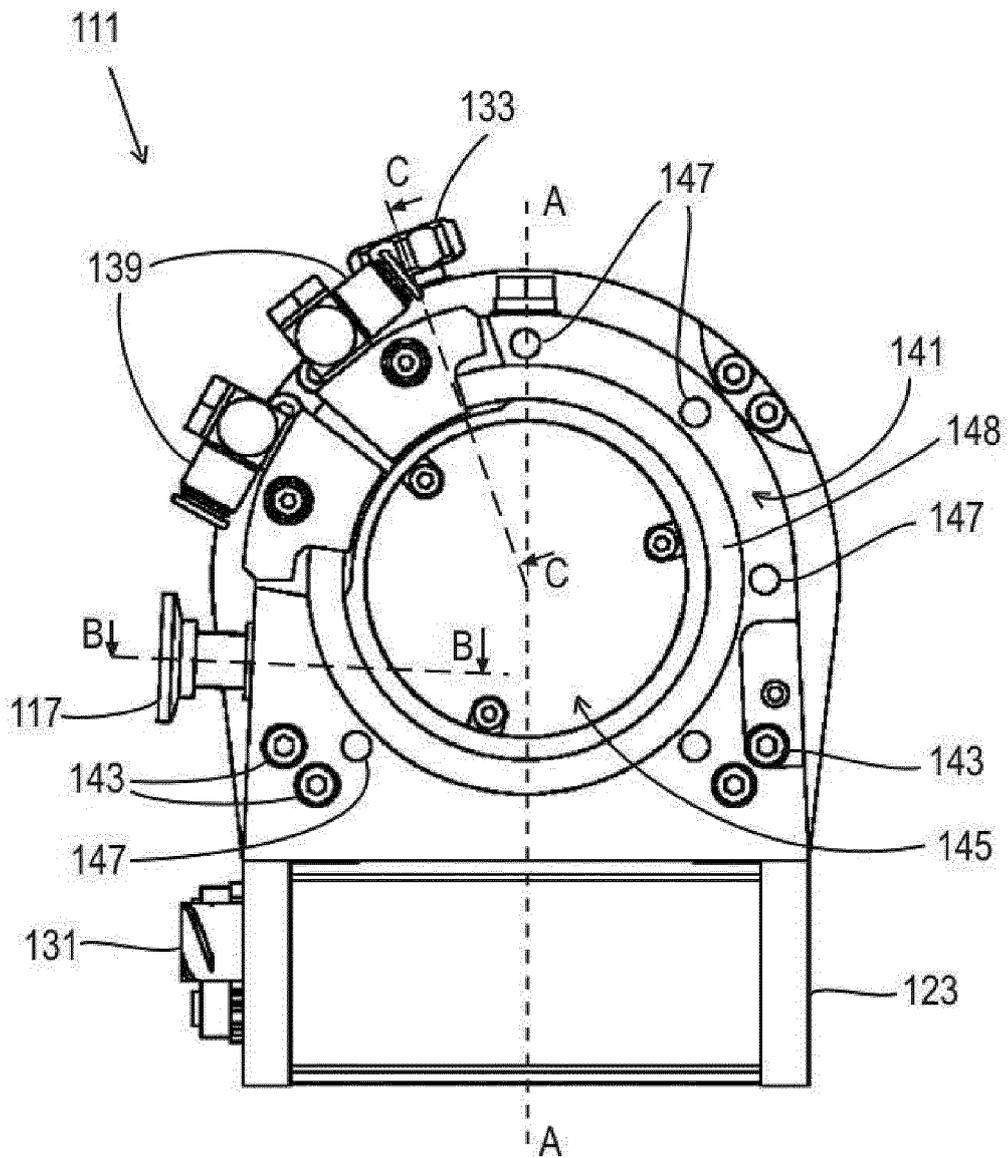


Fig. 2



**Fig. 3**

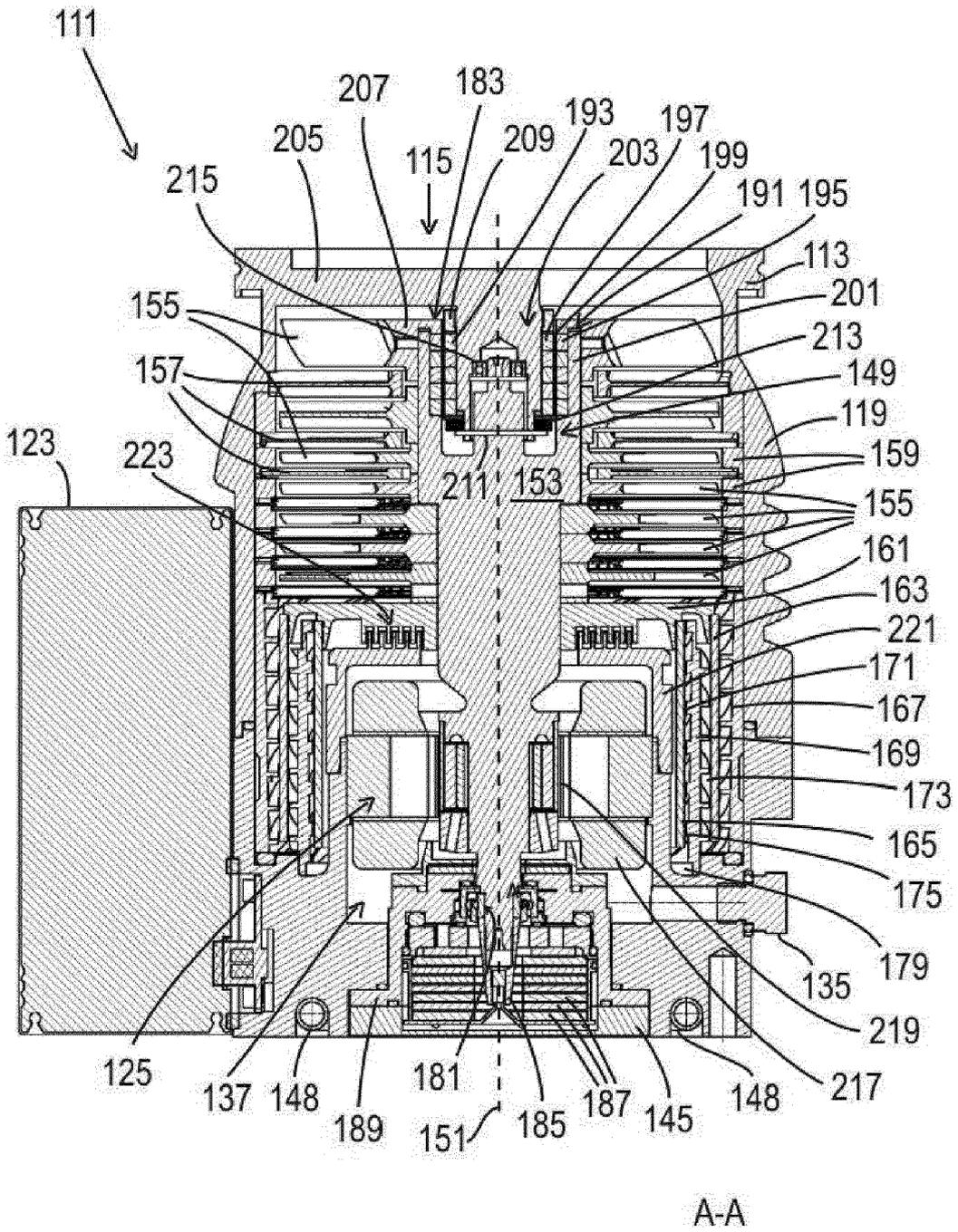


Fig. 4

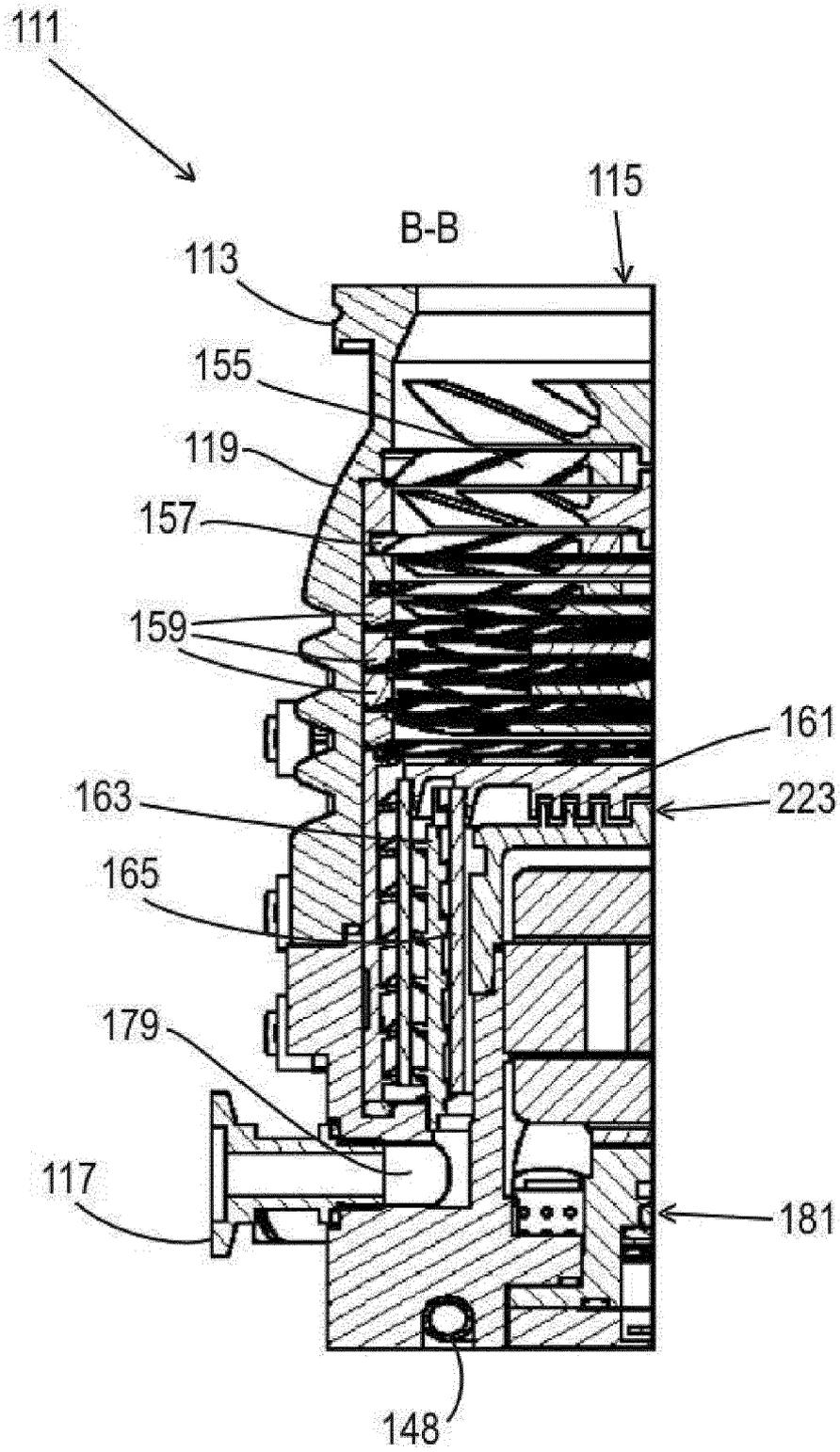


Fig. 5

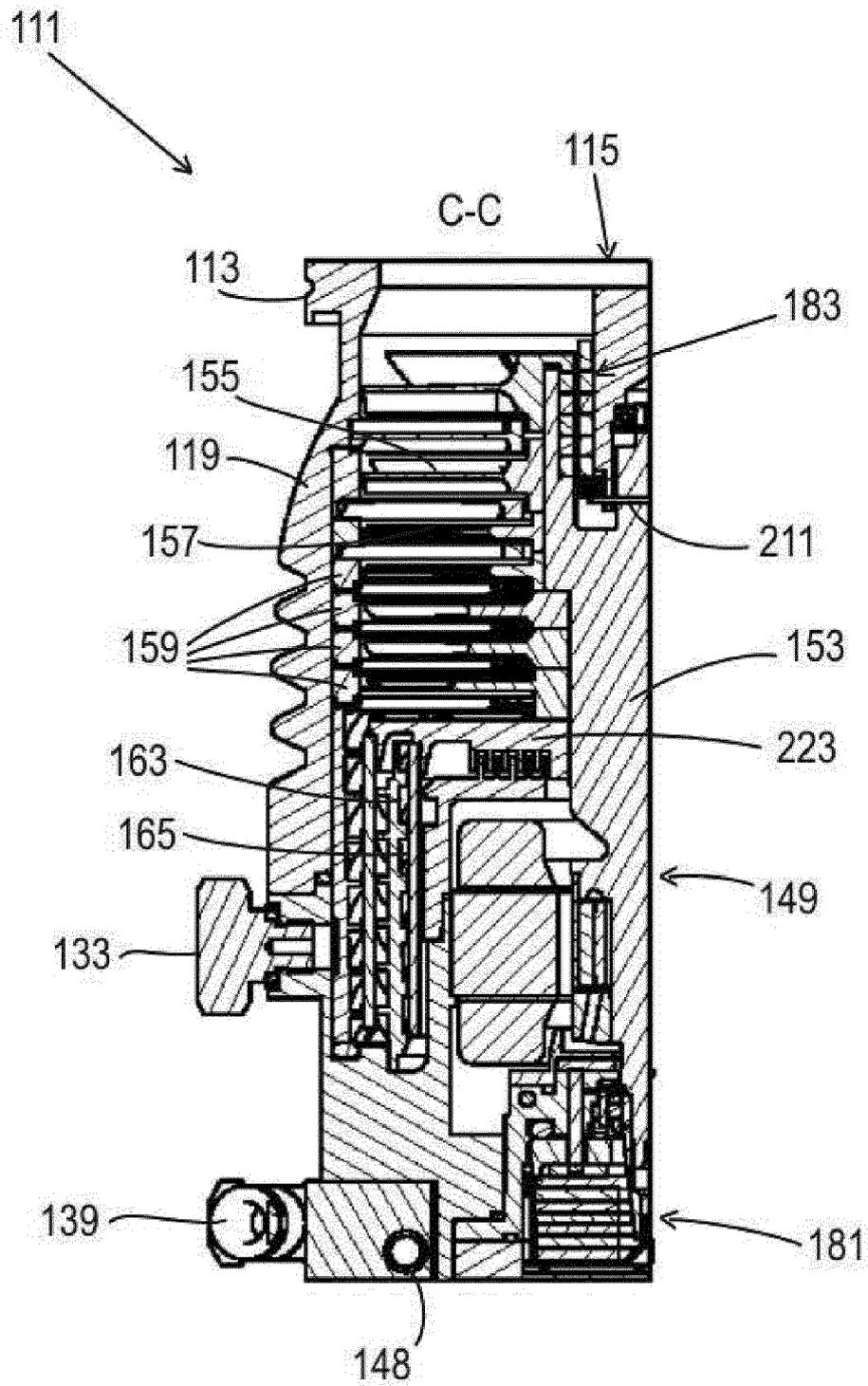


Fig. 6

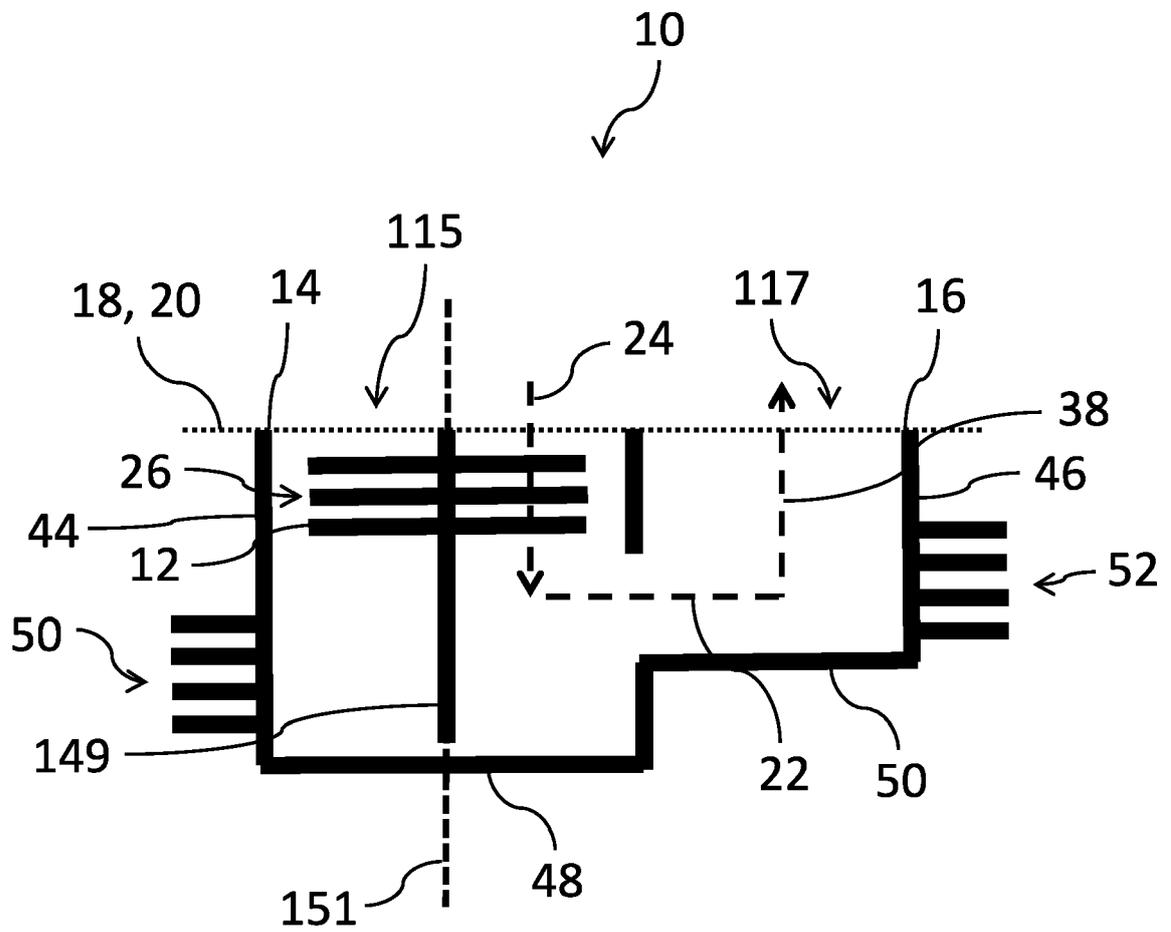


Fig. 7

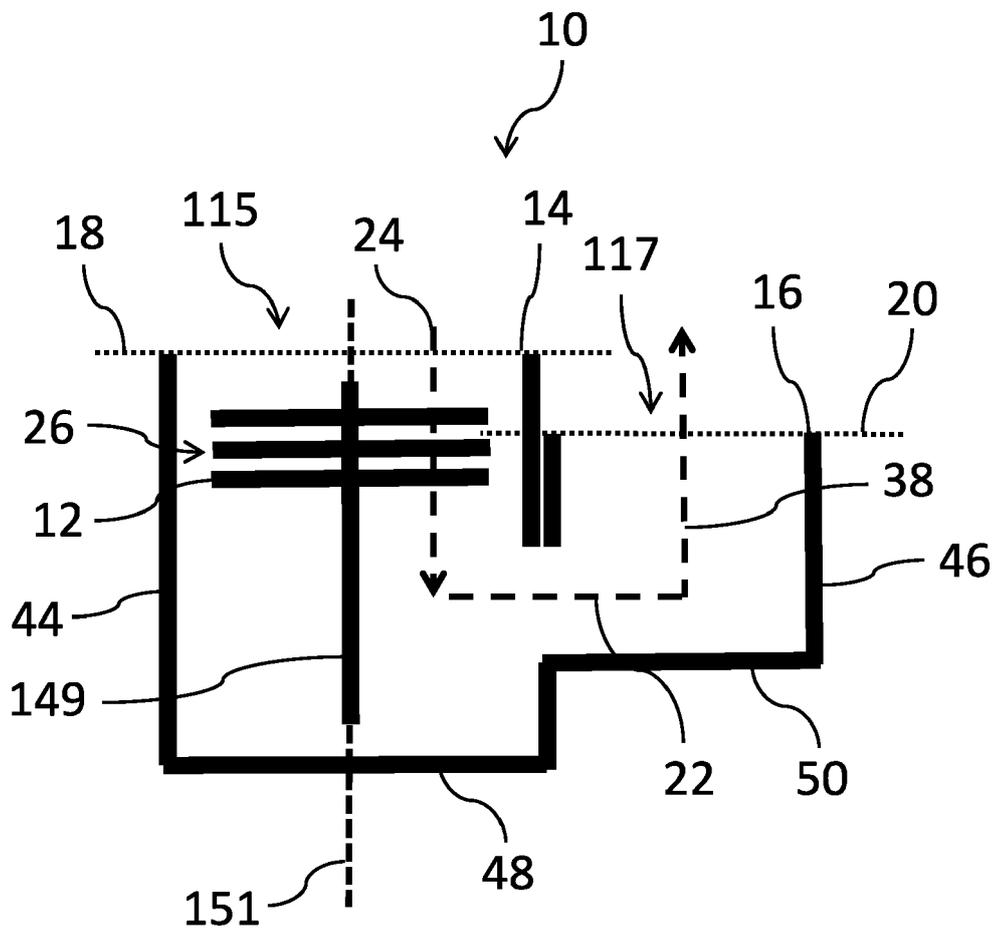


Fig. 8A

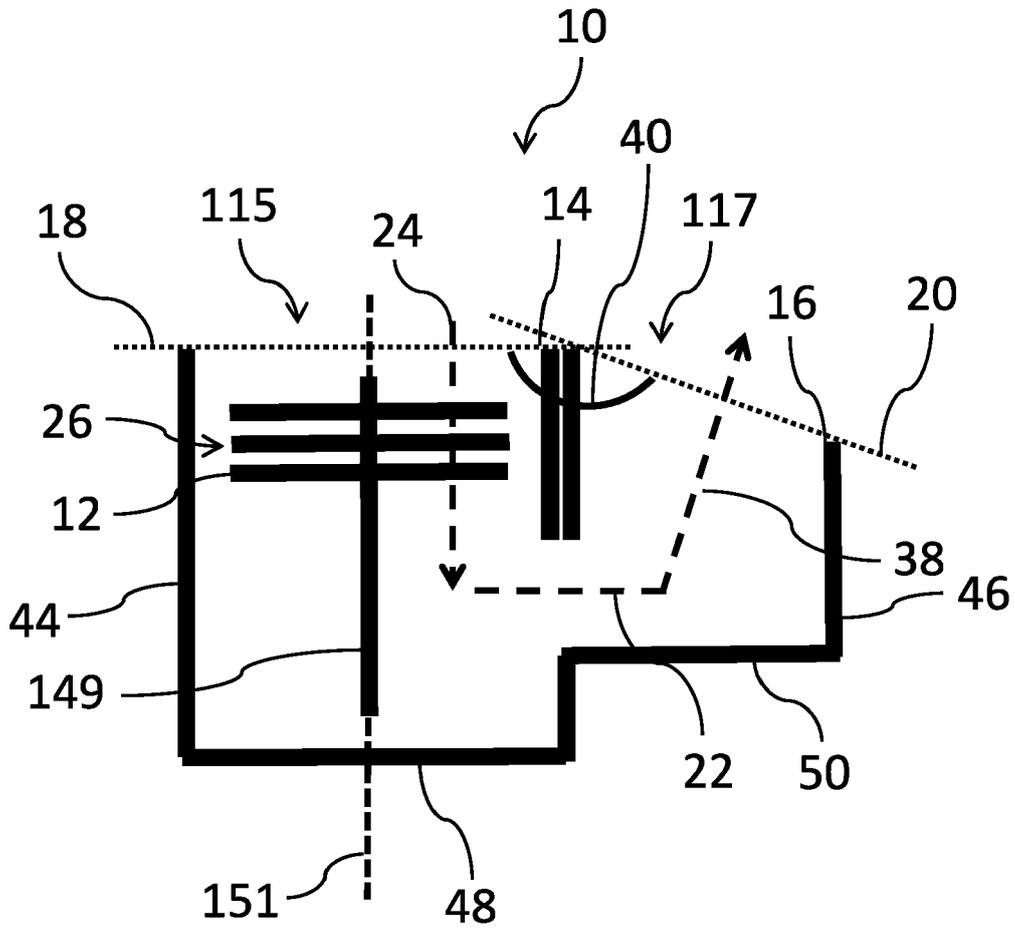


Fig. 8B

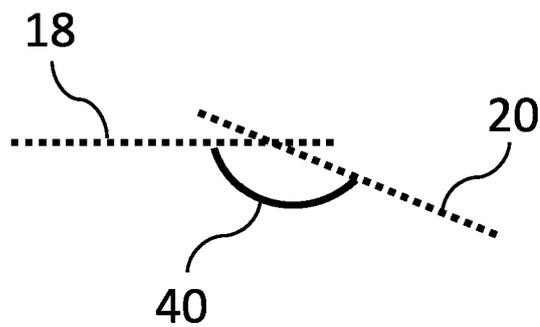


Fig. 9

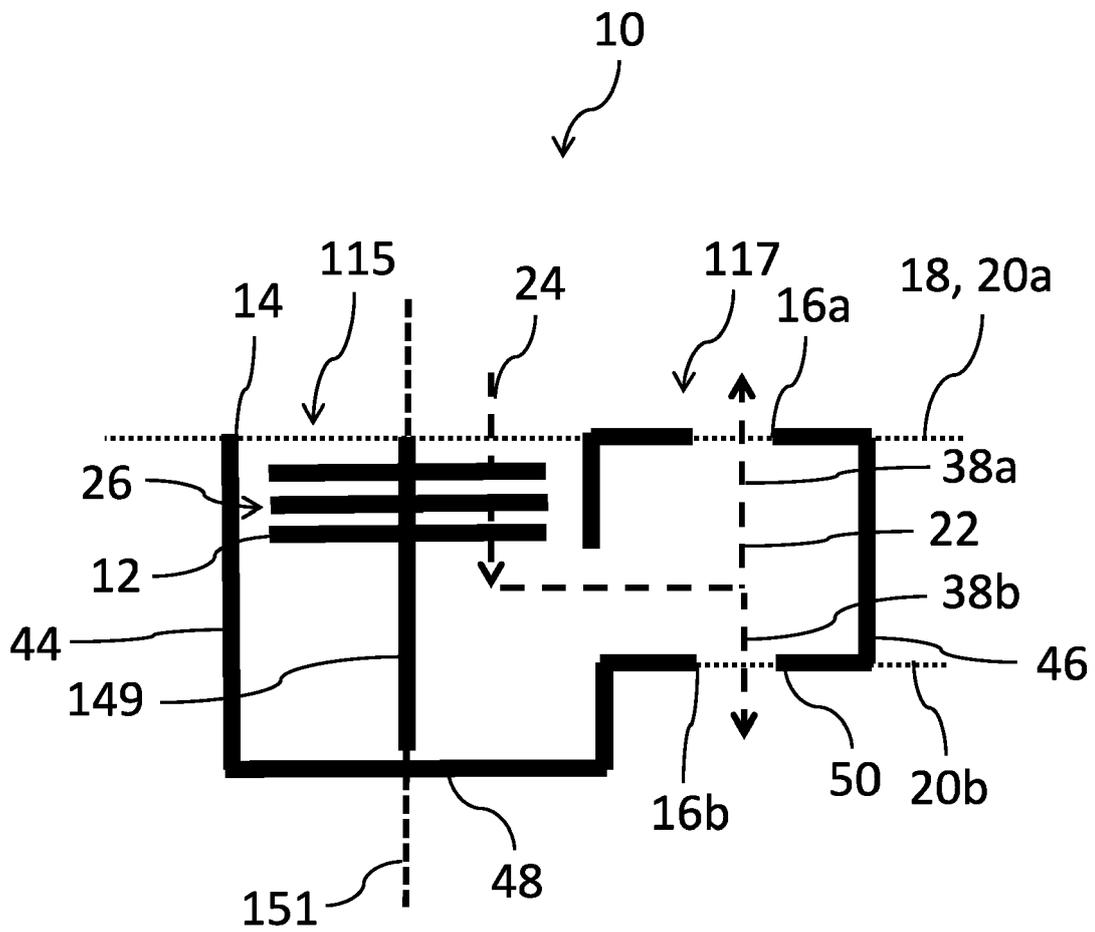
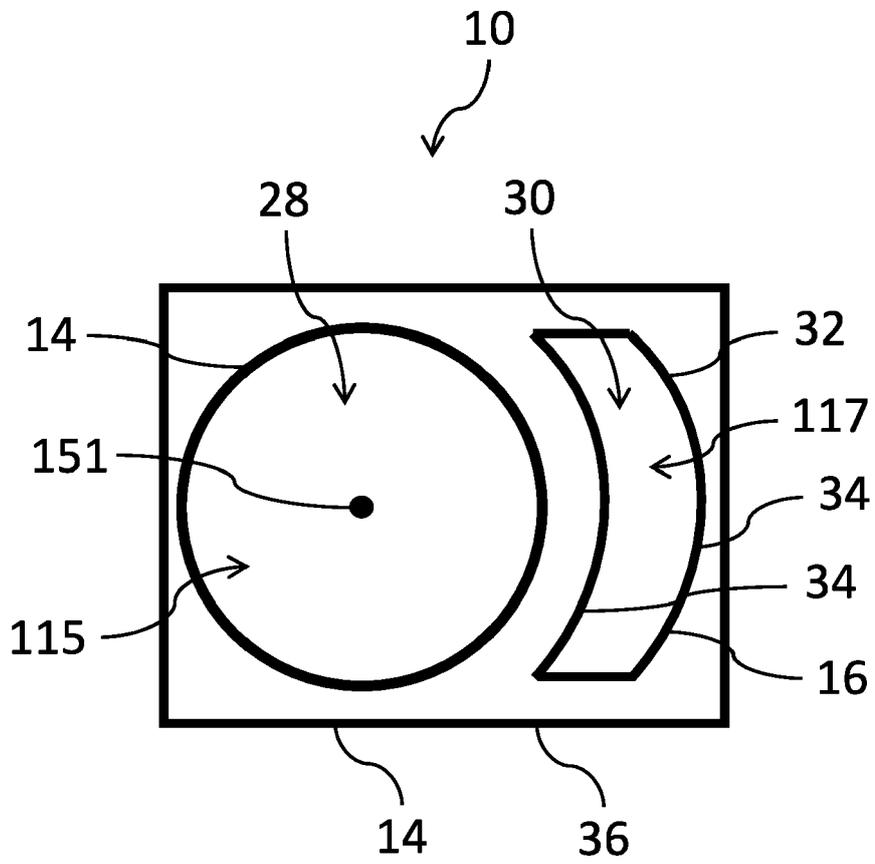


Fig. 10





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 20 4203

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 4 108 932 A1 (PFEIFFER VACUUM TECH AG [DE]) 28. Dezember 2022 (2022-12-28)         | 1, 2, 4-14   | INV.<br>F04D17/16                  |
| A   | * Abbildungen 3, 7A-7C, 9-11, 13 *<br>-----   | 3  | F04D19/04<br>F04D29/52             |
| X   | DE 10 2007 027352 A1 (HENRY MARKUS [DE] ET AL) 18. Dezember 2008 (2008-12-18)         | 1, 2,<br>4-10,<br>12-14  | F04D29/58<br>F04D29/60             |
| A   | * Abbildung 1 *<br>-----  | 3, 11  |                                    |
| X   | EP 3 032 106 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 15. Juni 2016 (2016-06-15)                | 1, 4-9,<br>11-14   |                                    |
| A   | * Abbildung 2 *<br>-----  | 2, 3, 10   |                                    |
| X   | US 6 106 223 A (LEYSHON DAVID RHODRI [IE]) 22. August 2000 (2000-08-22)               | 1, 4-9,<br>11-14   |                                    |
| A   | * Abbildung 1 *<br>-----  | 2, 3, 10   |                                    |
| X   | DE 20 2013 009655 U1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 2. Februar 2015 (2015-02-02) | 1, 2, 4-9,<br>11-14  |                                    |
| A   | * Abbildungen 1-3 *<br>-----  | 3, 10  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
| X   | DE 198 21 634 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 18. November 1999 (1999-11-18)            | 1, 2, 4-9,<br>11-14  | F04B<br>F04D                       |
| A   | * Abbildung 2 *<br>-----  | 3, 10  |                                    |
| X   | DE 94 17 422 U1 (LEYBOLD AG [DE]) 9. Februar 1995 (1995-02-09)                        | 1, 2, 4-9,<br>11-14  |                                    |
| A   | * Abbildung 4 *<br>-----  | 3, 10  |                                    |
| X   | DE 88 08 870 U1 (-) 1. Dezember 1988 (1988-12-01)                                     | 1, 3, 4,<br>6-8,<br>10-14  |                                    |
| A   | * Abbildungen 1, 2 *<br>-----   | 2, 5, 9  |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |   |  |                                    |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>  |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>7. November 2023</b>   | Prüfer<br><b>De Tobel, David</b>   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

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

EP 23 20 4203

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.

07-11-2023

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>EP 4108932 A1</b>                               | <b>28-12-2022</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>DE 102007027352 A1</b>                          | <b>18-12-2008</b>             | <b>CN 101681787 A</b>             | <b>24-03-2010</b>             |
|  |                               | <b>DE 102007027352 A1</b>         | <b>18-12-2008</b>             |
|  |                               | <b>EP 2156462 A2</b>              | <b>24-02-2010</b>             |
|  |                               | <b>JP 5250027 B2</b>              | <b>31-07-2013</b>             |
|  |                               | <b>JP 2010529629 A</b>            | <b>26-08-2010</b>             |
|  |                               | <b>US 2010176294 A1</b>           | <b>15-07-2010</b>             |
|  |                               | <b>WO 2008151968 A2</b>           | <b>18-12-2008</b>             |
| <b>EP 3032106 A1</b>                               | <b>15-06-2016</b>             | <b>EP 3032106 A1</b>              | <b>15-06-2016</b>             |
|  |                               | <b>JP 6138897 B2</b>              | <b>31-05-2017</b>             |
|  |                               | <b>JP 2016109137 A</b>            | <b>20-06-2016</b>             |
| <b>US 6106223 A</b>                                | <b>22-08-2000</b>             | <b>DE 69821453 T2</b>             | <b>02-12-2004</b>             |
|  |                               | <b>EP 0919726 A1</b>              | <b>02-06-1999</b>             |
|  |                               | <b>JP 4395210 B2</b>              | <b>06-01-2010</b>             |
|  |                               | <b>JP H11230085 A</b>             | <b>24-08-1999</b>             |
|  |                               | <b>US 6106223 A</b>               | <b>22-08-2000</b>             |
| <b>DE 202013009655 U1</b>                          | <b>02-02-2015</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>DE 19821634 A1</b>                              | <b>18-11-1999</b>             | <b>AU 754944 B2</b>               | <b>28-11-2002</b>             |
|  |                               | <b>CA 2332777 A1</b>              | <b>25-11-1999</b>             |
|  |                               | <b>CN 1292851 A</b>               | <b>25-04-2001</b>             |
|  |                               | <b>DE 19821634 A1</b>             | <b>18-11-1999</b>             |
|  |                               | <b>EP 1078166 A1</b>              | <b>28-02-2001</b>             |
|  |                               | <b>JP 4173637 B2</b>              | <b>29-10-2008</b>             |
|  |                               | <b>JP 2002515568 A</b>            | <b>28-05-2002</b>             |
|  |                               | <b>KR 20010025024 A</b>           | <b>26-03-2001</b>             |
|  |                               | <b>TW 370594 B</b>                | <b>21-09-1999</b>             |
|  |                               | <b>US 6435811 B1</b>              | <b>20-08-2002</b>             |
|  |                               | <b>WO 9960275 A1</b>              | <b>25-11-1999</b>             |
| <b>DE 9417422 U1</b>                               | <b>09-02-1995</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>DE 8808870 U1</b>                               | <b>01-12-1988</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |

EPO FORM P0461

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