

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 267 040 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2018 Patentblatt 2018/02

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

(21) Anmeldenummer: **16177824.6**

(22) Anmeldetag: **04.07.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

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

(72) Erfinder: **Mekota, Mirko
35630 Ehringshausen (DE)**

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald Patentanwälte
PartmbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)**

(54) TURBOMOLEKULARPUMPE

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass, die in einem gemeinsamen Pumpengehäuse ausgebildet sind, zumindest einer Turbomolekularpumpstufe, die einen dem Pumpeneinlass zugeordneten Einlassbereich und einen Auslassbereich aufweist, und wenigstens einer zwischen dem Auslassbereich der Turbomo-

lekularpumpstufe und dem Pumpenauslass wirksamen Vorpumpstufe, die dazu ausgebildet ist, von der Turbomolekularpumpstufe gefördertes Gas zu verdichten und gegen einen Gasdruck von mehr als 1 mbar, insbesondere gegen Atmosphärendruck, auszustoßen, wobei die Vorpumpstufe in die Turbomolekularpumpe integriert ist.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass, die in einem gemeinsamen Pumpengehäuse ausgebildet sind, und mit zumindest einer Turbomolekularpumpstufe, die einen dem Pumpeneinlass zugeordneten Einlassbereich und einen Auslassbereich aufweist.

[0002] Vakuumpumpen spielen in der Vakuumtechnik eine wichtige Rolle und werden in den unterschiedlichsten technischen Anwendungen zum Absaugen von meist gasförmigen Medien und zur Evakuierung von Hohlräumen eingesetzt. Dabei kommen unter anderem Turbomolekularpumpen, die auch als Turbopumpen bezeichnet werden, zum Einsatz. Turbomolekularpumpen arbeiten im molekularen, d.h. nicht-viskosen, Bereich und sind dazu geeignet, ein Vakuum mit einer sehr hohen Reinheit zu erzeugen.

[0003] Eine Turbomolekularpumpe umfasst typischerweise ein Gehäuse, das einen Pumpenraum mit einer Rotorwelle einschließt. In dem Pumpenraum ist zumindest eine Pumpstruktur der Turbomolekularpumpe angeordnet, die ein in dem Pumpenraum bzw. in einem zu evakuierenden Bereich vorhandenes Gas von einem Einlass zu einem Auslass der Turbomolekularpumpe fördert und dadurch pumpt. Ein Antrieb für die Rotorwelle ist üblicherweise in einem von dem Pumpenraum getrennten Lagerraum angeordnet.

[0004] Turbomolekularpumpen sind Drehmomenttransferpumpen, bei denen in die Pumpe eintretende Gasmoleküle eines zu pumpenden Gases durch einen Aufprall auf die sich bewegenden Rotorblätter der Rotorwelle ein Drehmoment erhalten. Die Pumpe enthält üblicherweise mehrere Pumpstufen von in Reihe oder hintereinander angeordneten Rotor- und Statorscheiben. Jede Pumpstufe besteht also in der Regel zumindest aus je einer Rotor- und Statorscheibe, die paarweise angeordnet sind. Gegebenenfalls kann eine Pumpstufe auch nur aus einer Rotor Scheibe bestehen, wobei dies insbesondere für die am stromabwärts gelegenen Ende befindliche Pumpstufe gilt. In diesem Fall endet die Pumpe mit einer Rotor Scheibe. Neben dem Drehmoment erhalten die Gasmoleküle aufgrund der Stellung von Rotor- und Statorscheiben zueinander eine Bewegungskomponente parallel zur Achse der Pumpe, wobei die Achse üblicherweise der Rotorwelle entspricht. Generell erhöhen mehrere Pumpstufen den Druck des Gases von dem Einlass zum Auslass der Pumpe.

[0005] Eine Turbomolekularpumpe arbeitet grundsätzlich nur effektiv in Druckbereichen im Molekularstrombereich und evakuiert oder fördert nicht zu atmosphärischem Druck, sondern wird meist von einer Vakuumpumpe unterstützt, die dann gegen einen Gasdruck von mehr als 1 mbar ausstößt. Der Arbeitsdruckbereich der Turbomolekularpumpe kann erweitert werden, indem eine von der gleichen Rotorwelle angetriebene Molekularpumpstufe, beispielsweise eine Holweck-Pumpstufe

oder Siegbahn-Pumpstufe, an den Auslass der Turbomolekularpumpe innerhalb des Pumpengehäuses gekoppelt wird. Dies ermöglicht, Vakuumpumpen mit geringerer Leistung einzusetzen, da der Auslassdruck des Gases erhöht ist.

[0006] Vakuumpumpen, beispielsweise Membranpumpen und Spiral- oder Scrollpumpen, sind autarke und zu der betreffenden Turbomolekularpumpe separat angeordnete Pumpen, deren Ansaugseite über Leitungen mit dem Auslass der Turbomolekularpumpe verbunden ist. Für den Anwender ist eine derartige Anordnung mit einem gewissen Aufwand hinsichtlich einer luftdichten und elektrischen Verbindung beider Pumpen verbunden. Ein Risiko von Funktionsbeeinträchtigungen durch Leckagen sowie Fehler im elektrischen Anschluss kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.

[0007] Aus dem Stand der Technik bekannt sind sogenannte Pumpstände, bei welchen eine Turbomolekularpumpe und eine Vakuumpumpe auf einen gemeinsamen Rahmen montiert und herstellerseitig bereits luftdicht und elektrisch verbunden sind. Derartige Anordnungen sind meist allerdings relativ groß und haben daher einen großen Platzbedarf. Ferner sind sie in Bezug auf ihre Einbaulage oft beschränkt und lassen sich daher in bereits bestehende Systeme nur schwierig integrieren.

[0008] Zum Stand der Technik wird außerdem verwiesen auf DE 601 01 368 T2, DE 698 15 806 T2 sowie EP 2 631 488 A1.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Turbomolekularpumpe bereitzustellen, welche die vorstehend beschriebenen Nachteile überwindet, d.h. eine kompakte, gut zu integrierende Turbomolekularpumpe, deren Inbetriebnahme möglichst einfach und daher wenige Fehlerquellen aufweist, wobei gleichzeitig die Turbomolekularpumpe mit möglichst geringem Aufwand herstellbar sein und zudem eine hohe Lebensdauer aufweisen soll.

[0010] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch eine Turbomolekularpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Insbesondere umfasst die erfindungsgemäße Turbomolekularpumpe wenigstens eine zwischen dem Auslassbereich der Turbomolekularpumpstufe und dem Pumpenauslass wirksame Vorpumpstufe, die dazu ausgebildet ist, von der Turbomolekularpumpstufe gefördertes Gas zu verdichten und gegen einen Gasdruck von mehr als 1 mbar, insbesondere gegen Atmosphärendruck, auszustoßen.

[0011] Die erfindungsgemäße Turbomolekularpumpe zeichnet sich also insbesondere durch die Integration der Vorpumpstufe aus.

[0012] Bei der erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe handelt es sich daher mit besonderem Vorteil um eine kompakte Einheit, die unmittelbar in Betrieb genommen werden kann, ohne dass als eine weitere Komponenten eine separate Vakuumpumpe angeschlossen werden muss. Für den Anwender resultieren daraus zum einen eine erhebliche Zeitsparnis bei der Installation und zum anderen eine Platzersparnis. Das Risiko für

während der Installation auftretende Fehler ist durch die integrale Bauweise stark reduziert. Mit anderen Worten kann die erfindungsgemäße Pumpe wie eine herkömmliche Pumpe der jeweiligen Art gehandhabt werden, insbesondere was den minimalen Platzbedarf und die beliebige Einbaulage anbetrifft. Die Pumpe hat ihre eigene Vorpumpstufe sozusagen mit "an Bord", so dass sie unter zumindest weitgehender Beibehaltung aller Vorteile einer herkömmlichen Pumpe der jeweiligen Art darüber hinaus auf der Saugseite einen Hochvakuumdruck erzeugen und auf der Ausstoßseite direkt gegen einen relativ hohen Druck und insbesondere gegen Atmosphärendruck ausstoßen kann.

[0013] Die Erfindung kann insbesondere durch Nutzung einer besonderen Kleinbauweise eines als Vorpumpstufe geeigneten Pumpentyps realisiert werden. In diesem Zusammenhang kann auch von miniaturisierten Vorpumpstufen oder einfach von "Minivorpumpen" gesprochen werden. Derartige Vorpumpen können im Dauerbetrieb ohne eigene Vorpumpen arbeiten und gegen einen relativ hohen Druck z.B. von mehr als 1 mbar oder sogar gegen Atmosphärendruck ausstoßen. Es hat sich überraschend gezeigt, dass derartige Pumpen als in Turbomolekularpumpen integrierte Vorpumpstufen eingesetzt werden und somit den Einsatz herkömmlicher Vorpumpen überflüssig machen können. Durch den Wegfall einer separaten Vorpumpe kann viel Energie gespart werden.

[0014] In manchen Anwendungsfällen kann eine herkömmliche separate Vorpumpe zum anfänglichen Evakuieren eines Rezipienten hilfreich sein. Im eigentlichen Dauerbetrieb genügt dann allerdings die erfindungsgemäße integrierte Vorpumpstufe, d.h. die herkömmliche separate Vorpumpe braucht dann ausschließlich für das anfängliche Evakuieren eingesetzt zu werden, z.B. durch vorübergehendes Parallelschalten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorpumpstufe eine unselbständige Einheit, zu deren Betrieb ein oder mehrere Funktionsteile der Turbomolekularpumpe erforderlich sind. Alternativ oder zusätzlich kann für die Turbomolekularpumpstufe und für die Vorpumpstufe eine gemeinsame Steuerung und/oder eine gemeinsame Energieversorgung vorgesehen sein.

[0015] Bei den Funktionsteilen der Turbomolekularpumpe kann es sich beispielsweise um einen Elektromotor, einen Zubehöranschluss, eine Datenschnittstelle, einen Fluteinlass, einen Sperr- oder Kühlmittelanschluss, eine Rotorwelle oder Gasströmungswege ausbildende Strukturelemente handeln. Vorzugsweise ist die Vorpumpstufe von der Energieversorgung der Turbomolekularpumpstufe und gegebenenfalls weiteren Pumpstufen abhängig und teilt sich mit dieser Pumpstufe oder diesen Pumpstufen eine gemeinsame Steuerung.

[0016] Der Vorpumpstufe kann insbesondere eine Art von Pumpantriebsbewegung zugrunde liegen, die von jener der Turbomolekularpumpstufe verschieden ist. Vorzugsweise entfaltet die Vorpumpstufe ihre Pumpwirkung durch sich im Betrieb relativ zueinander orbitierend

oder oszillierend bewegende Komponenten. Mit anderen Worten liegt der Vorpumpstufe vorzugsweise eine orbitierende oder oszillierende Pumpantriebsbewegung zu grunde.

- 5 **[0017]** Im Vergleich zu Turbomolekularpumpstufen oder Molekularpumpstufen, deren Pumpwirkung grundsätzlich auf sich im Betrieb relativ zueinander rotierend bewegenden Komponenten beruht, basiert die Vorpumpstufe in dieser Weiterbildung also bevorzugt auf einer orbitierenden oder oszillierenden Relativbewegung ihrer pumpwirksamen Komponenten. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass sich die jeweils aus den unterschiedlichen Pumpantriebsbewegungen von Turbomolekularpumpstufe und Vorpumpstufe hervorgerufenen Schwingungen zumindest teilweise gegeneinander aufheben können. Insgesamt kann folglich auf diese Weise - gewissermaßen als Nebeneffekt - eine zumindest schwingungsärmere Turbomolekularpumpe realisiert werden.
- 10 **[0018]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Vorpumpstufe vom Typ einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe oder vom Typ einer Membranvakuumpumpe.
- 15 **[0019]** Spiral- oder Scrollvakuumpumpen weisen in der Regel sichelförmige Schöpfräume auf, die durch einen im Querschnitt spiralförmigen Rotor im Eingriff mit einem gleichartigen spiralförmigen Stator gebildet werden, wobei der Rotor durch einen exzentrischen Antrieb in eine orbitierende Bewegung versetzt wird. Dieser Pumpentyp basiert folglich auf einer orbitierenden Pumpantriebsbewegung.
- 20 **[0020]** Membranpumpen arbeiten grundsätzlich nach dem Prinzip der Volumenreduzierung mit Hilfe einer flexiblen Membran, die sich z.B. angetrieben durch eine Kurbel auf und ab bewegt. Dieser Pumpentyp basiert folglich auf einer oszillierenden Pumpantriebsbewegung.
- 25 **[0021]** Bevorzugt ist die Vorpumpstufe von einem Typ, der von einer Seitenkanal- oder Regenerationsvakuumpumpe verschieden ist.
- 30 **[0022]** Bei der Seitenkanalpumpe wird Leistung von einem konzentrisch im Gehäuse rotierenden Läufer auf ein zu förderndes Medium in einem neben dem Läufer angeordneten Seitenkanal übertragen. Während des Umlaufs bewegt sich das Medium mehrfach zwischen einzelnen Bereichen des Läufers sowie dem Seitenkanal hin und her. Durch Impulsaustausch kommt es zu einer Energieübertragung zwischen dem Medium, das annähernd mit der Umlaufgeschwindigkeit des Läufers rotiert, und dem Medium, das langsamer im Seitenkanal strömt.
- 35 **[0023]** Auf diesem Impulsaustausch beruht die Förderleistung. Dieser Pumpentyp basiert folglich auf einer rotierenden Pumpantriebsbewegung.
- 40 **[0024]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Vorpumpstufe zumindest eine Bewegungsach-
- 45 **[0025]** Es hat sich herausgestellt, dass die oben jeweils als Weiterbildung der Erfindung genannten Pumpentypen für eine erfindungsgemäße Integration in eine Turbomolekularpumpe besonders geeignet sind.
- 50 **[0026]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Vorpumpstufe zumindest eine Bewegungsach-
- 55 **[0027]** Es hat sich herausgestellt, dass die oben jeweils als Weiterbildung der Erfindung genannten Pumpentypen für eine erfindungsgemäße Integration in eine Turbomolekularpumpe besonders geeignet sind.

se auf, bezüglich welcher wenigstens zwei Komponenten der Vorpumpstufe sich im Betrieb relativ zueinander bewegen, wobei die Bewegungsachse der Vorpumpstufe und eine Rotationsachse einer Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe nicht zusammenfallen. Alternativ oder zusätzlich kann die Vorpumpstufe zumindest eine Symmetriearchse aufweisen, die mit der Rotationsachse der Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe nicht zusammenfällt. Beispielsweise handelt es sich bei den zwei Komponenten um den spiralförmigen Rotor und den spiralförmigen Stator einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe.

[0025] Vorzugsweise ist die Vorpumpstufe völlig unabhängig von der Lage der Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe in die Turbomolekularpumpe integriert. Dies kann insbesondere eine Nachrüstung bereits bestehender Turbomolekularpumpen mit einer integrierten Vorpumpstufe vereinfachen. Beispielsweise kann es genügen, nur einige wenige Bauteile, z.B. das Gehäuse, einer bestehenden Turbomolekularpumpe zu modifizieren, um eine Vorpumpstufe zu integrieren.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Vorpumpstufe ein Gehäuse, das zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse gebildet ist.

[0027] Vorzugsweise ist/sind zumindest eine, bevorzugt drei, insbesondere fünf Gehäuseseite(n) des Gehäuses der Vorpumpstufe zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse gebildet. Das Gehäuse der Vorpumpstufe kann dazu beispielsweise mit einer offenen Gehäuseseite auf das Pumpengehäuse aufgesetzt oder mit mehreren offenen Gehäuseseiten in eine entsprechende Aufnahme des Pumpengehäuses eingesetzt oder eingeschoben sein.

[0028] Die Vorpumpstufe kann auch innerhalb des Pumpengehäuses von einem Gehäuse zumindest teilweise umschlossen sein, insbesondere um eine Abgrenzung hin zu weiteren Funktionsteilen der Turbomolekularpumpstufe zu realisieren.

[0029] Das Gehäuse der Vorpumpstufe kann mit dem Pumpengehäuse durch Befestigungsmittel wie Schrauben, Nieten oder Klebstoff verbunden sein.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform ist die Vorpumpstufe oder zumindest eine pumpaktive Struktur der Vorpumpstufe im Pumpengehäuse oder am Pumpengehäuse angeordnet.

[0031] Besonders bevorzugt ist die Vorpumpstufe im Pumpengehäuse bzw. innerhalb des Pumpengehäuses angeordnet, d.h. die Vorpumpstufe ist vorzugsweise vollständig von dem Pumpengehäuse umgeben. Auf diese Weise entfallen zusätzliche Befestigungsmittel zwischen dem Pumpengehäuse und einem Gehäuse der Vorpumpstufe. Ferner erhöht dies die Kompaktheit bzw. die Funktionsdichte der Turbomolekularpumpe, da keine zusätzlichen ab- oder vorvorstehenden Auf- oder Ansätze auf einer Außenfläche des Pumpengehäuses vorhanden sind. Dies sorgt auch für eine verbesserte Handhabung und eine erleichterte Installation der Turbomolekularpumpe.

[0032] Zusätzlich zu der pumpaktiven Struktur der Vorpumpstufe, wie beispielsweise zwei miteinander im Eingriff stehende spiralförmige Förderelemente einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, kann auch ein gegebenenfalls vorhandener Antrieb der Vorpumpstufe im oder am Pumpengehäuse angeordnet sein.

[0033] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Vorpumpstufe oder zumindest eine pumpaktive Struktur der Vorpumpstufe zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse gebildet.

[0034] Beispielsweise kann der spiralförmige Stator einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe als integraler Bestandteil des Pumpengehäuses ausgebildet sein. Ebenso ist es z.B. möglich, einen Ventilkopf einer Membranpumpe als integralen Bestandteil des Pumpengehäuses auszubilden.

[0035] Vorzugsweise umfasst die Pumpstufe zumindest ein stationäres Förderelement und wenigstens ein sich im Betrieb relativ zu dem stationären Förderelement bewegendes Förderelement, wobei das stationäre Förderelement der Vorpumpstufe zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse gebildet ist. Wie oben bereits erwähnt, kann es sich bei dem stationären Förderelement beispielsweise um den spiralförmigen Stator einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe handeln.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Vorpumpstufe um ein Vielfaches, wenigstens um das 5- bis 10-fache, bevorzugt um das 10- bis 15-fache, kleiner als das Pumpengehäuse. Vorzugsweise nimmt die Vorpumpstufe nur etwa ein Fünftel bis ein Zehntel, insbesondere ein Zehntel bis ein Fünfzehntel, des Gesamtvolumens des Pumpengehäuses ein.

[0037] Gemäß einer Ausführungsform ist die Vorpumpstufe bezüglich der Drehachse der Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe asymmetrisch und/oder exzentrisch angeordnet. Insbesondere ist die Anordnung der Vorpumpstufe unabhängig von der Lage der Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe.

[0038] Die Vorpumpstufe kann innerhalb eines begrenzten Winkelbereiches um die Drehachse der Rotorwelle der Turbomolekularpumpstufe angeordnet sein, wobei der Winkelbereich weniger als 180°, insbesondere weniger als 135°, bevorzugt weniger als 90°, beträgt.

[0039] Gemäß einer weiteren Ausführungsform bildet ein Auslassbereich der Vorpumpstufe den Pumpenauslass. Alternativ kann der Auslassbereich der Vorpumpstufe mit dem Pumpenauslass direkt oder über einen Gasströmungsweg verbunden sein, der durch ein oder mehrere Gehäuseteile und/oder stationäre, feste, innerhalb des Pumpengehäuses befindliche Strukturelemente begrenzt ist.

[0040] Bei dem Gasströmungsweg handelt es sich z.B. um einen Kanal, der insbesondere in einer Wandung des Pumpengehäuses ausgebildet ist.

[0041] Vorzugsweise ist der Einlassbereich der Vorpumpstufe direkt mit dem Auslassbereich der Turbomolekularpumpstufe oder mit einem Auslassbereich einer weiteren zwischen der Turbomolekularpumpstufe und

der Vorpumpstufe angeordneten Pumpstufe verbunden.

[0042] Bei der weiteren Pumpstufe handelt es sich insbesondere um eine Molekularpumpstufe, beispielsweise eine Siegbahn- und/oder Holweck-Pumpstufe. Es können zwischen der Turbomolekularpumpstufe und der Vorpumpstufe mehrere weitere Pumpstufen angeordnet sein.

[0043] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass ein Gasströmungsweg zwischen dem Auslassbereich der Turbomolekularpumpe oder dem Auslassbereich der weiteren, zwischen der Turbomolekularpumpstufe und der Vorpumpstufe angeordneten Pumpstufe einerseits und dem Einlassbereich der Vorpumpstufe andererseits durch ein oder mehrere Gehäuseteile und/oder stationäre, feste, innerhalb des Pumpengehäuses befindliche Strukturelemente begrenzt ist.

[0044] Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe weist eine Turbomolekularpumpstufe, eine Molekularpumpstufe, insbesondere eine Holweck-Pumpstufe, und eine Vorpumpstufe auf. Bei der Vorpumpstufe handelt es sich um eine im Vergleich zu den Abmessungen des Pumpengehäuses der Turbomolekularpumpe miniaturisierte Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, deren spiralförmiger Stator durch ein Strukturelement des Pumpengehäuses gebildet ist. Die Spiral- oder Scrollvakuumpumpe weist vorzugsweise einen eigenen elektromotorischen Antrieb auf, der seine Energie aus der Energieversorgung der Turbomolekularpumpstufe und/oder der Molekularpumpstufe bezieht. Die Spiral- oder Scrollvakuumpumpe einschließlich ihres Antriebsmotors ist im Pumpengehäuse angeordnet und der Auslassbereich der Spiral- oder Scrollvakuumpumpe ist über einen Gasströmungsweg, der insbesondere als einfache Bohrung ausgeführt ist, mit dem Pumpenauslass verbunden.

[0045] Vorzugsweise sind die äußeren Abmessungen einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe zumindest im Wesentlichen gleich den Abmessungen einer entsprechenden herkömmlichen Turbomolekularpumpe, die keine integrierte Vorpumpstufe umfasst.

[0046] Die erfindungsgemäße Integration der Vorpumpstufe in die Turbomolekularpumpe erhöht wesentlich die Kompaktheit eines Hochvakuumpumpensystems, das bislang üblicherweise aus zumindest zwei separaten Komponenten - der Turbomolekularpumpe und der Vorvakuumpumpe - besteht. Der Platzbedarf wird dadurch erheblich verringert. Für den Anwender vereinfacht sich insbesondere die Installation, da eine Verkabelung zweier separater Komponenten entfällt. Die durch die Integration der Vorpumpstufe realisierten kurzen Gasströmungswägen innerhalb des Turbomolekularpumpengehäuses vermindern ferner das Risiko von Leckagen.

[0047] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Tur-

bomolekularpumpe,

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

Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,

Fig. 6 eine schematische Längsschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe,

Fig. 7 eine schematische Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe von Fig. 6 und,

Fig. 8-11 verschiedene Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe.

[0048] 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.

[0049] 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. 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.

[0050] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 belüftet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Spärrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 vor

dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, gebracht werden kann (vgl. Fig. 3). 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 durch die Vakuumpumpe geleitet werden kann.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0054] In den Fig. 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0055] Wie die Schnittdarstellungen der Fig. 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0056] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0057] 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. Gemeinsam bilden die Paare aus Rotorscheibe 155 und Statorscheibe 157 eine Turbomolekularpumpstufe 250. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0058] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen.

Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165,

5 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.

[0059] 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

15 167, 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

20 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.

25 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.

30 **[0060]** 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. Durch

35 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.

[0061] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 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.

[0062] 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.

55 **[0063]** 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 min-

destens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlag 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0064] 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 Wälzlag 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt.

[0065] Das Wälzlag 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wattenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0066] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 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.

[0067] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung ruht und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlag 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.

[0068] 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.

[0069] 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 geschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0070] 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.

[0071] Fig. 6 zeigt schematisch einen möglichen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe 110, die in einem Gehäuse 119 angeordnet eine Turbomolekularpumpstufe 250, eine dieser nachgeschaltete Molekularpumpstufe 270 sowie eine der Molekularpumpstufe 270 nachgeschaltete Vorpumpstufe 300 aufweist. Die Vorpumpstufe 300 weist ein Gehäuse 302 auf, das teilweise von dem Gehäuse 119 gebildet ist. Wie aus der Darstellung der Fig. 6 deutlich wird, ist das Gehäuse 302 der Vorpumpstufe 300 viel kleiner als das Pumpengehäuse 119. Die Vorpumpstufe 300 ist somit in die Turbomolekularpumpe 110 integriert.

[0072] Ein Gasströmungsweg 312 ist mit Pfeilen angedeutet. Aus einem Rezipienten (nicht dargestellt) tritt ein zu pumpendes Gas über einen Einlassbereich 116 in die Turbomolekularpumpstufe 250 ein. Nach dem Passieren eines Auslassbereichs 118 der Turbomolekularpumpstufe 250 tritt das Gas in die Molekularpumpstufe

270 ein und gelangt von deren Auslassbereich 272 in einen Einlassbereich 316 der Vorpumpstufe 300. Die Vorpumpstufe 300 stößt das Gas gegen einen im Vergleich zu einem Vakuum vergleichsweise hohen Druck von mehr als 1 mbar und insbesondere gegen Atmosphärendruck aus, und zwar über einen Auslassbereich 310 der Vorpumpstufe 300. Es kann also die Vorpumpstufe 300 sein, die den Auslass 117 der Pumpe 110 bildet.

[0073] Fig. 7 zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Turbomolekularpumpe 110 der Fig. 6, der hier der Einfachheit halber quadratisch dargestellt ist. Alternativ kann der Querschnitt kreisförmig sein. Es ist erkennbar, dass die Vorpumpstufe 300 innerhalb eines Winkelbereichs von weniger als 90° um eine Drehachse 151 einer Rotorwelle 153 angeordnet ist. Der Rotorwelle 153 sind sowohl die Turbomolekularpumpstufe 250 als auch die Molekularpumpstufe 270 zugeordnet. Die Anordnung der Vorpumpstufe 300 im Gehäuse 119 ist prinzipiell unabhängig von der Lage der Rotorwelle 153, da die Vorpumpstufe 300 kein Bestandteil der Rotorwelle 153 ist und auch nicht mittels der Rotorwelle 153 angetrieben wird.

[0074] Den Fig. 6 und 7 ist zu entnehmen, dass die Vorpumpstufe 300 in einem bodenseitigen Randbereich des Pumpengehäuses 119 angeordnet ist.

[0075] Die Fig. 8 bis 10 zeigen jeweils eine erfindungsgemäße Turbomolekularpumpe 110, die sich von der Pumpe gemäß den Fig. 1 bis 5 jeweils im Wesentlichen durch die integrierte Vorpumpstufe 300, die Anordnung des Pumpenauslasses 117 und die Anordnung des Sperrgasanschlusses 135 unterscheiden. Einander entsprechende Bauteile sind - aus Gründen der Übersichtlichkeit nur teilweise - mit identischen Bezeichnungen versehen. Übereinstimmungen zwischen den Pumpen 110 werden zum Teil nur in Verbindung mit einer der Fig. 8 bis 10 erläutert.

[0076] Die Turbomolekularpumpe 110 gemäß Fig. 8 umfasst eine Molekularpumpstufe 270 in Form von drei Holweck-Pumpstufen, die der Turbomolekularpumpstufe 250 nachgeschaltet sind. Der Auslassbereich 272 der Molekularpumpstufe 270 ist über einen Gasströmungsweg 312, der als Bohrung in einem Strukturelement des Gehäuses 119 ausgebildet ist, mit dem Einlassbereich der Vorpumpstufe 300 verbunden. Der Auslassbereich 310 der Vorpumpstufe 300 bildet den Pumpenauslass 117, durch welchen das zu pumpende Gas gegen Atmosphärendruck ausgestoßen werden kann.

[0077] Bei der Vorpumpstufe 300 handelt es sich z.B. um eine in Fig. 8 nicht näher dargestellte Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, die von einem Gehäuse 302 umgeben ist. Teile des Gehäuses 302 sind dabei durch das Gehäuse 119 gebildet. Umgekehrt bildet das Gehäuse 302 der Vorpumpstufe 300 einen Teil des eigentlichen Pumpengehäuses 119. Die Vorpumpstufe 300 kann auch einen anderen Pumpentyp in Kleinbauweise umfassen, z.B. eine Membranvakuumpumpe.

[0078] Die Vorpumpstufe 300 umfasst ferner einen ei-

genen Antriebsmotor, der innerhalb des Gehäuses 302 angeordnet und über eine schematisch angedeutete Energieversorgungsleitung 124 mit dem Elektronikgehäuse 123 und insbesondere mit dem Stromversorgungsanschluss 131 verbunden ist. Vorpumpstufe 300, Molekularpumpstufe 270 und Turbomolekularpumpstufe 250 teilen sich somit eine Energiequelle, d.h. die Vorpumpstufe 300 ist keine selbständige Einheit. Die Vorpumpstufe 300 ist also nicht nur räumlich, sondern auch funktional in die Turbomolekularpumpe 110 integriert.

[0079] Fig. 9 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe 110, bei welcher sich die Vorpumpstufe 300 vollständig innerhalb des Pumpengehäuses 119 befindet. Der Auslassbereich 310 der Vorpumpstufe 300 ist über einen Gasströmungsweg 312 mit dem Pumpenauslass 117 verbunden.

[0080] Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe 110, bei welcher ein stationäres Förderelement 306 der Vorpumpstufe 300 von dem Pumpengehäuse 119 gebildet ist. Bei dem stationären Förderelement 306 handelt es sich um einen spiralförmigen Stator einer die Vorpumpstufe 300 bildenden Spiral- oder Scrollvakuumpumpe. Der spiralförmige Stator kann entweder in das Gehäuse 119 gefräst oder an einem separaten Einsatz ausgebildet sein, der in das Gehäuse 119 eingeschoben und fixiert werden kann.

[0081] Die Vorpumpstufe 300 umfasst ferner ein sich bewegendes Förderelement 308 in Form eines spiralförmigen Rotors, der von einem Elektromotor 318 angetrieben wird. Der Rotor 308 und der Motor 318 können in einen Aufnahmeraum des Pumpengehäuses 119 eingesetzt werden, um Rotor 308 und Stator 306 zusammenzusetzen. Dabei können der Rotor 308 und der Stator 306 an einem Einsatz ausgebildet sein, der das Pumpengehäuse 119 verschließt. Alternativ kann ein separates Verschlusselement vorgesehen sein.

[0082] Der Motor 318 ist wiederum über eine Leitung 124 an das Elektronikgehäuse 123 angeschlossen. Der Auslassbereich 310 der Vorpumpstufe 300 ist über einen Gasströmungsweg 312 in Form einer im Gehäuse 119 ausgebildeten Bohrung mit dem Pumpenauslass 117 verbunden.

[0083] Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe 110, bei welcher sich die Vorpumpstufe 300 vollständig innerhalb des Pumpengehäuses 119 befindet. Bei der Vorpumpstufe 300 handelt es sich um eine Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, die als ein stationäres Förderelement 306 einen spiralförmigen Stator und als ein sich bewegendes Förderelement 308 einen spiralförmigen Orbiter umfasst. Dieses Förderelement 308 wird durch einen über eine Leitung 124 an das Elektronikgehäuse 123 angeschlossenen Elektromotor 318 angetrieben. Der Auslassbereich der Vorpumpstufe 300 ist in hier nicht im Detail dargestellter Weise mit dem Pumpenauslass 117 verbunden.

Bezugszeichenliste

[0084]

110, 111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
116	Einlassbereich
117	Pumpenauslass
118	Auslassbereich
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
124	Energieversorgungsleitung
125	Elektromotor
127	Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrung
148	Kühlmittelleitung
149	Rotor
151	Rotationsachse
153	Rotorwelle
155	Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
161	Rotornabe
163	Holweck-Rotorhülse
165	Holweck-Rotorhülse
167	Holweck-Statorhülse
169	Holweck-Statorhülse
171	Holweck-Spalt
173	Holweck-Spalt
175	Holweck-Spalt
179	Verbindungskanal
181	Wälzlager
183	Permanentmagnetlager
185	Spritzmutter
187	Scheibe
189	Einsatz
191	rotorseitige Lagerhälfte
193	statorseitige Lagerhälfte
195	Ringmagnet
197	Ringmagnet
199	Lagerspalt
201	Trägerabschnitt
203	Trägerabschnitt
205	radiale Strebe
207	Deckelelement
209	Stützring
211	Befestigungsring

213	Tellerfeder
215	Not- bzw. Fanglager
217	Motorstator
219	Zwischenraum
5	221 Wandung
	223 Labyrinthdichtung
	250 Turbomolekularpumpstufe
	270 Pumpstufe
	272 Auslassbereich
10	300 Vorpumpstufe
	302 Gehäuse
	304 pumpaktive Struktur
	306 stationäres Förderelement
	308 sich bewegendes Förderelement
15	310 Auslassbereich
	312 Gasströmungsweg
	314 Strukturelement
	316 Einlassbereich
	318 Elektromotor
20	

Patentansprüche

1. Turbomolekularpumpe (110) mit einem Pumpeneinlass (115) und einem Pumpenauslass (117), die in einem gemeinsamen Pumpengehäuse (119) ausgebildet sind, zumindest einer Turbomolekularpumpstufe (250), die einen dem Pumpeneinlass (115) zugeordneten Einlassbereich (116) und einen Auslassbereich (118) aufweist, und wenigstens einer zwischen dem Auslassbereich (118) der Turbomolekularpumpstufe (250) und dem Pumpenauslass (117) wirksamen Vorpumpstufe (300), die dazu ausgebildet ist, von der Turbomolekularpumpstufe (250) gefördertes Gas zu verdichten und gegen einen Gasdruck von mehr als 1 mbar, insbesondere gegen Atmosphärendruck, auszustossen,
wobei die Vorpumpstufe (300) in die Turbomolekularpumpe (110) integriert ist.
2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) eine unselbständige Einheit ist, zu deren Betrieb ein oder mehrere Funktionsteile der Turbomolekularpumpe (110) erforderlich sind, und/oder dass für die Turbomolekularpumpstufe (250) und für die Vorpumpstufe (300) eine gemeinsame Steuerung und/oder eine gemeinsame Energieversorgung vorgesehen sind.
3. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorpumpstufe (300) eine Art einer Pumpantriebsbewegung zugrunde liegt, insbesondere eine orbitierende oder oszillierende Bewegung, die von jener der Turbomolekularpumpstufe verschieden ist.

4. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) vom Typ einer Spiral- oder Scrollvakuumpumpe oder vom Typ einer Membranvakuumpumpe ist. 5 Pumpengehäuse (119).
5. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) von einem Typ ist, der von einer Seitenkanal- oder Regenerationsvakuum- 10 pumpen verschieden ist. 10 Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) innerhalb eines begrenzten Winkelbereiches um eine Drehachse (151) einer Rotorwelle (153) der Turbomolekularpumpstufe (250) angeordnet ist, wobei der Winkelbereich weniger als 180°, insbesondere weniger als 135°, bevorzugt weniger als 90°, beträgt.
6. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) zumindest eine Bewegungssachse aufweist, bezüglich welcher wenigstens zwei Komponenten der Vorpumpstufe (300) sich im Betrieb relativ zueinander bewegen, wobei die Bewegungssachse der Vorpumpstufe (300) und eine Rotationsachse (151) einer Rotorwelle (153) der Turbomolekularpumpstufe (250) nicht zusammenfallen, und/oder dass die Vorpumpstufe (300) zumindest eine Symmetrieachse aufweist, die mit einer Rotationsachse (151) einer Rotorwelle (153) der Turbomolekularpumpstufe (250) nicht zusammenfällt. 15 20 25 30 35 40 45 50 55
7. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) ein Gehäuse (302) umfasst, das zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse (119) gebildet ist, und/oder dass die Vorpumpstufe (300) oder zumindest eine pumpaktive Struktur (304) der Vorpumpstufe (300) im Pumpengehäuse (119) oder am Pumpengehäuse (119) angeordnet ist. 30 35
8. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) oder zumindest eine pumpaktive Struktur (304) der Vorpumpstufe (300) zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse (119) gebildet ist. 40
9. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) zumindest ein stationäres Förderelement (306) und wenigstens ein sich im Betrieb relativ zu dem stationären Förderelement (306) bewegendes Förderelement (308) umfasst, wobei das stationäre Förderelement (306) der Vorpumpstufe (300) zumindest teilweise von dem Pumpengehäuse (119) gebildet ist. 45 50
10. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) um ein Vielfaches, wenigstens um das 5- bis 10-fache, kleiner ist als das 55
11. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) bezüglich einer Drehachse (151) einer Rotorwelle (153) der Turbomolekularpumpstufe (250) asymmetrisch und/oder exzentrisch angeordnet ist. 5
12. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorpumpstufe (300) innerhalb eines begrenzten Winkelbereiches um eine Drehachse (151) einer Rotorwelle (153) der Turbomolekularpumpstufe (250) angeordnet ist, wobei der Winkelbereich weniger als 180°, insbesondere weniger als 135°, bevorzugt weniger als 90°, beträgt. 10
13. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Auslassbereich (310) der Vorpumpstufe (300) den Pumpenauslass (117) bildet oder dass der Auslassbereich (310) der Vorpumpstufe (300) mit dem Pumpenauslass (117) direkt oder über einen Gasströmungsweg (312) verbunden ist, der durch ein oder mehrere Gehäuseteile und/oder stationäre, feste, innerhalb des Pumpengehäuses (119) befindliche Strukturelemente (314) begrenzt ist. 20
14. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Einlassbereich (316) der Vorpumpstufe (300) direkt mit dem Auslassbereich (118) der Turbomolekularpumpstufe (250) oder mit einem Auslassbereich (272) einer weiteren, zwischen der Turbomolekularpumpstufe (250) und der Vorpumpstufe (300) angeordneten Pumpstufe (270) verbunden ist. 30
15. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gasströmungsweg (312) zwischen dem Auslassbereich (118) der Turbomolekularpumpe (250) oder einem Auslassbereich (272) einer weiteren, zwischen der Turbomolekularpumpstufe (250) und der Vorpumpstufe (300) angeordneten Pumpstufe (270) einerseits und einem Einlassbereich (316) der Vorpumpstufe (300) andererseits durch ein oder mehrere Gehäuseteile und/oder stationäre, feste, innerhalb des Pumpengehäuses (119) befindliche Strukturelemente (314) begrenzt ist. 40 45 50

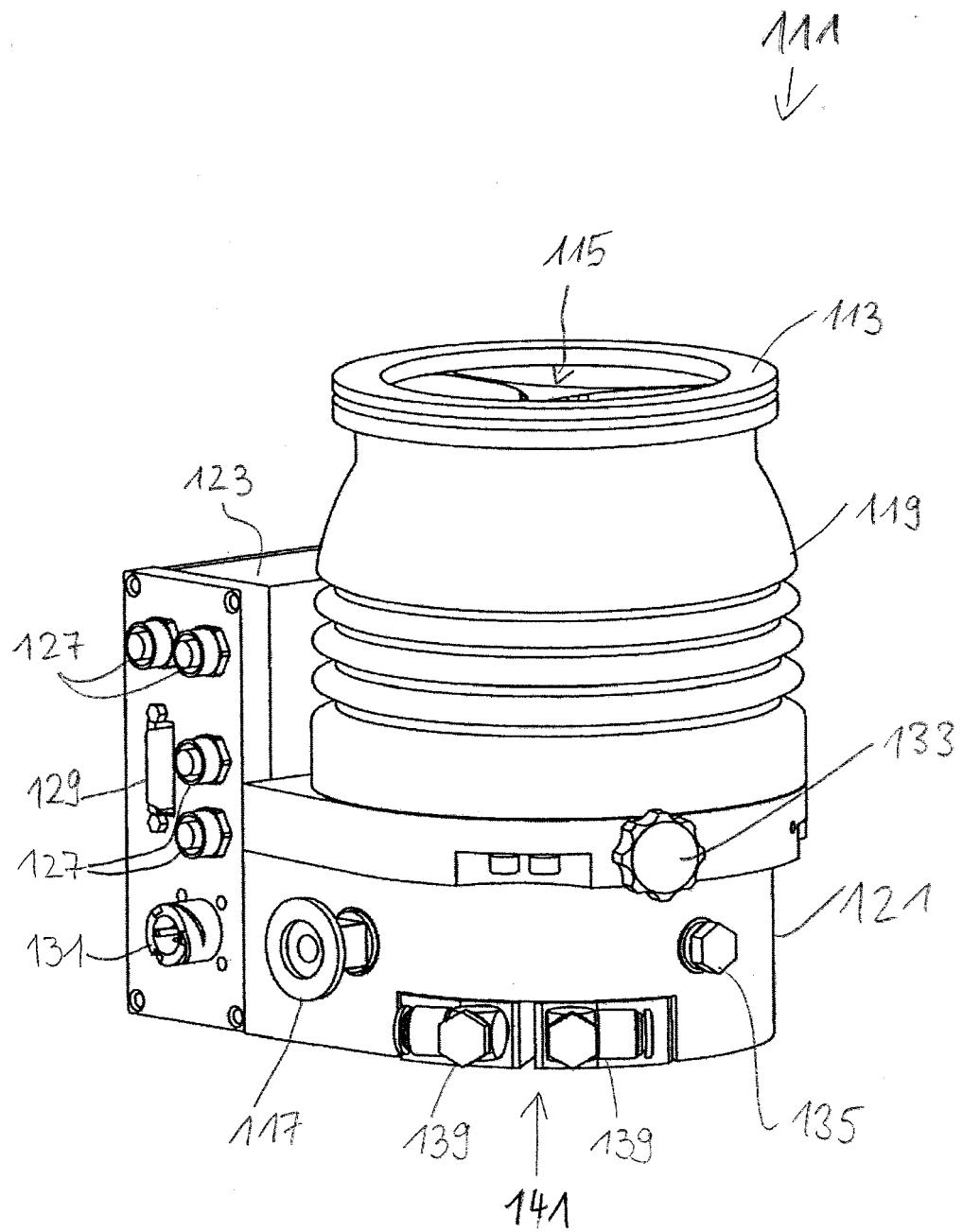


Fig. 1

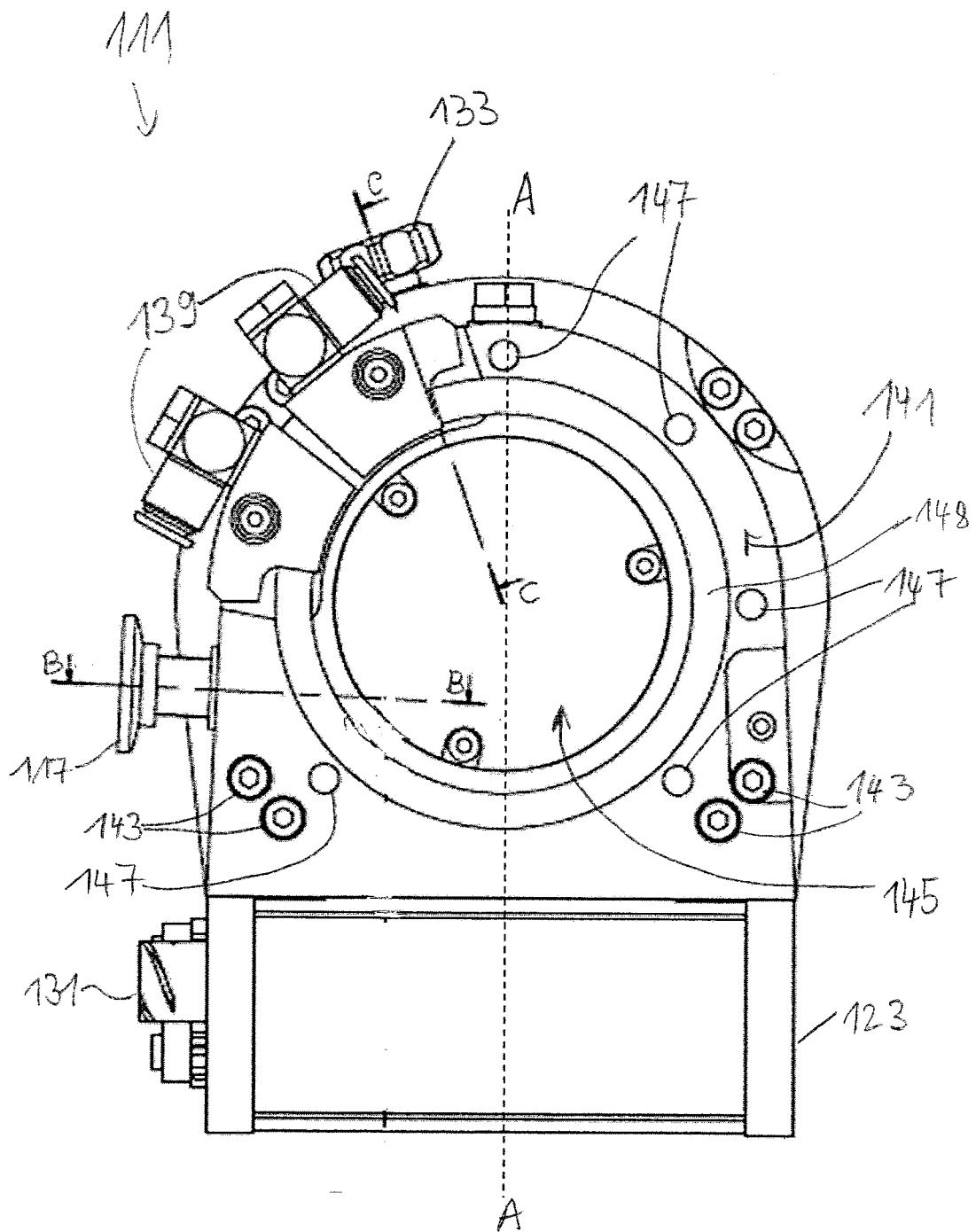


Fig. 2

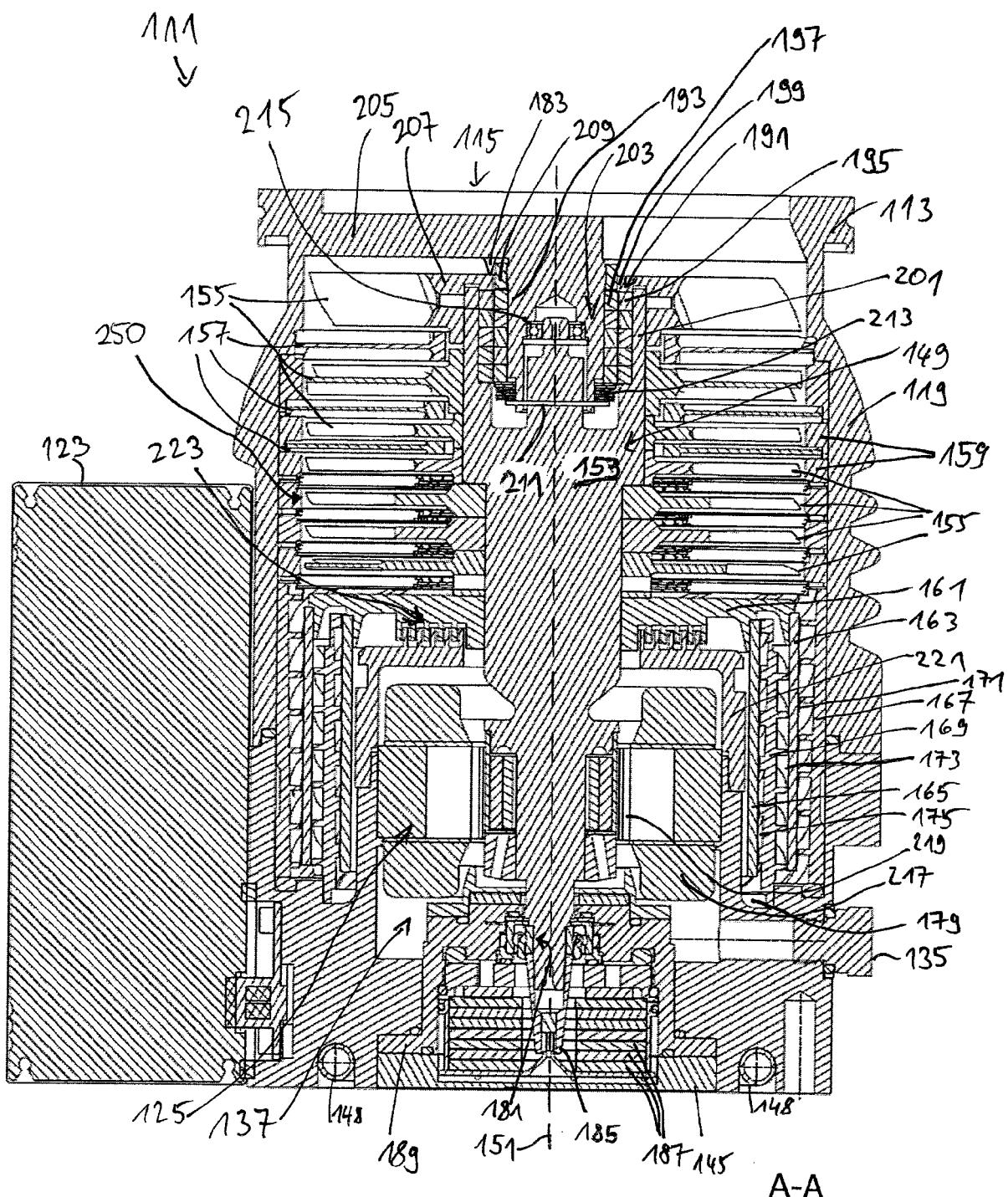


Fig. 3

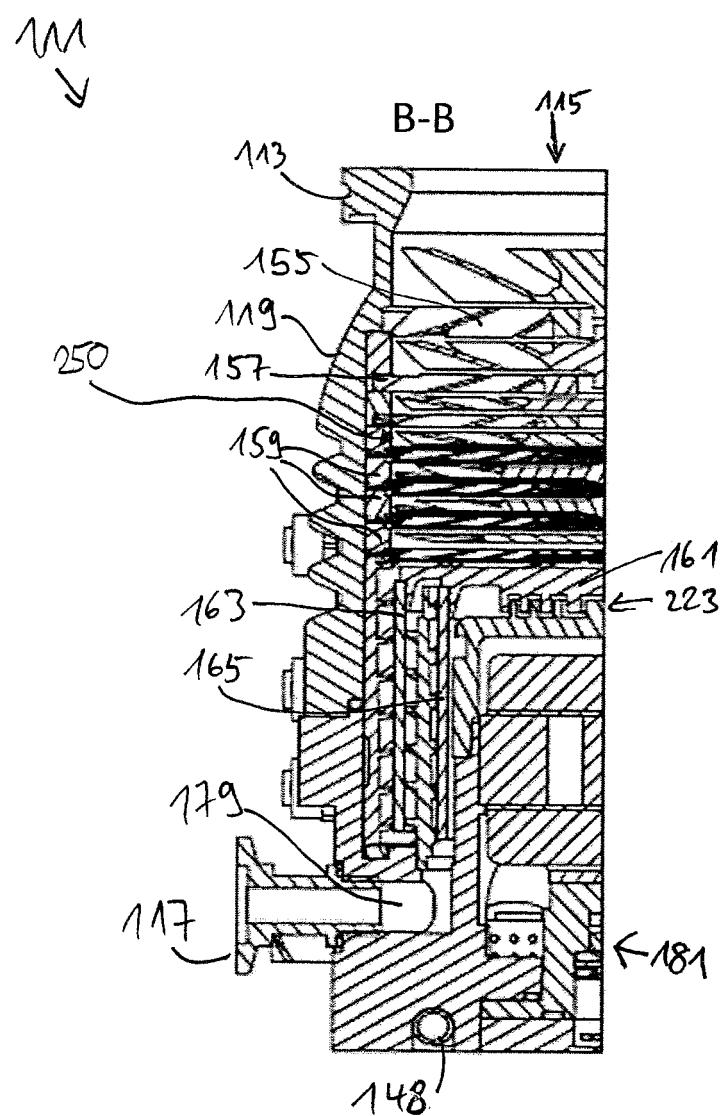


Fig. 4

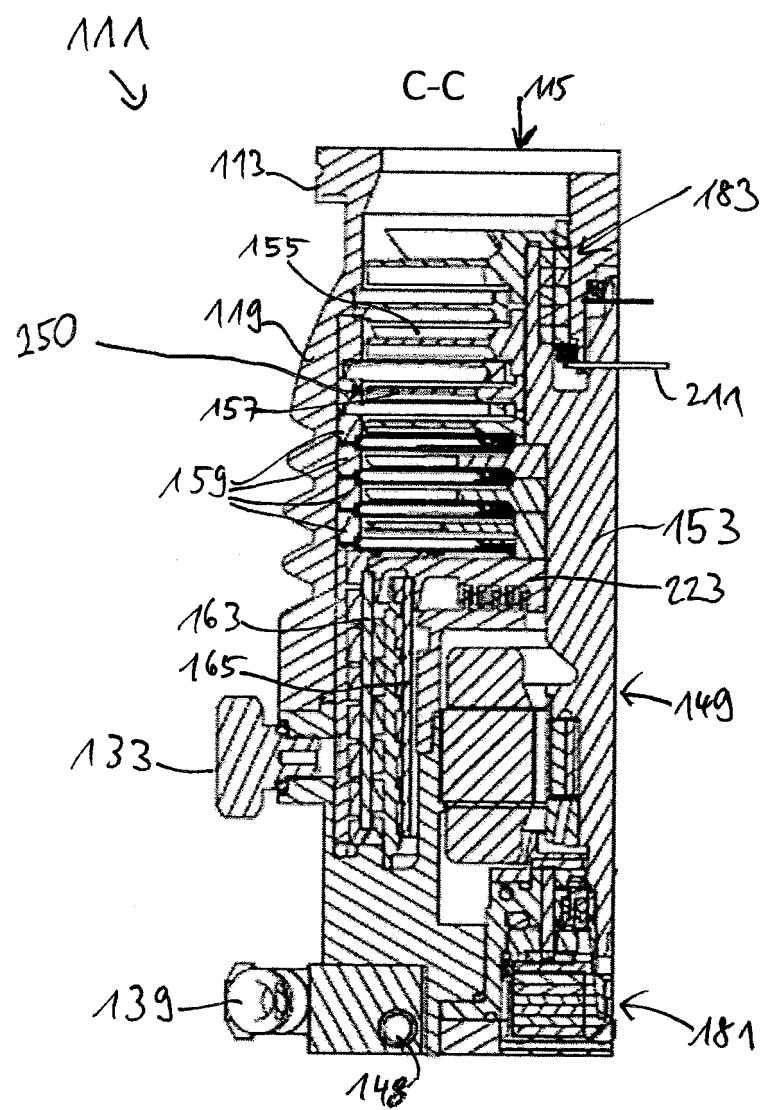


Fig. 5

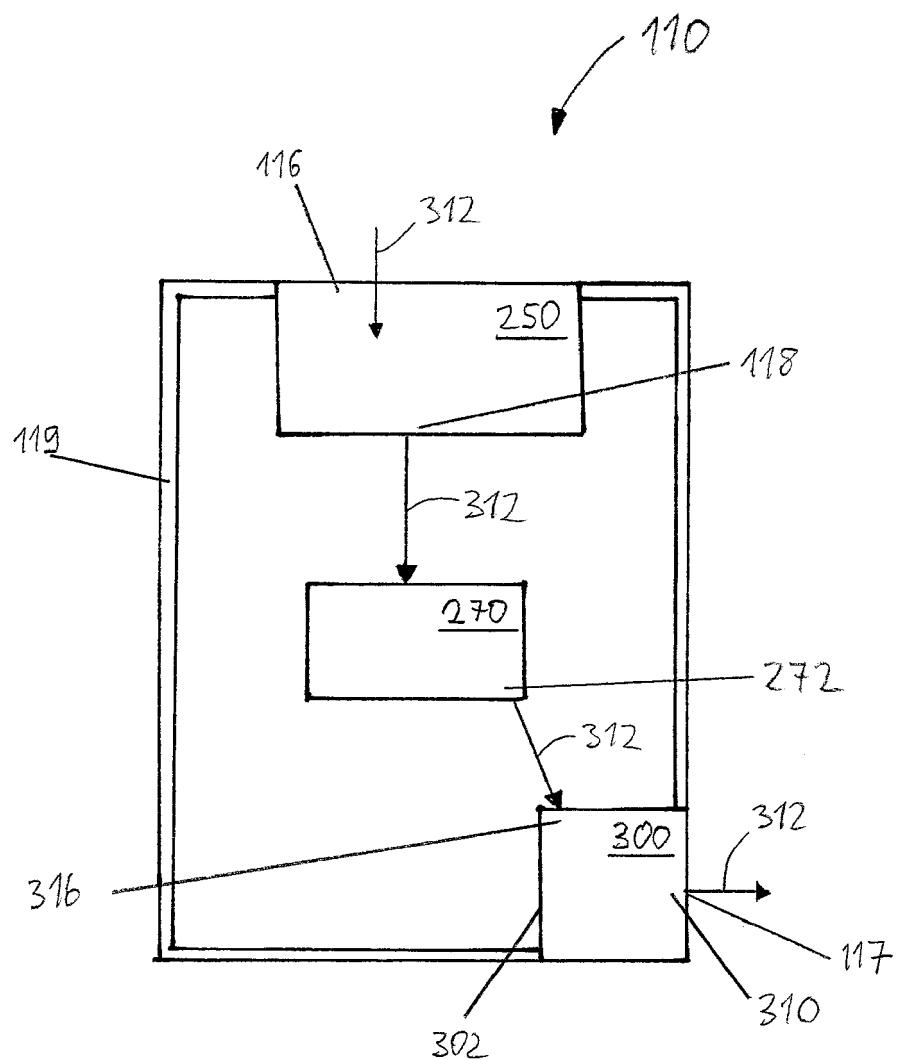


Fig. 6

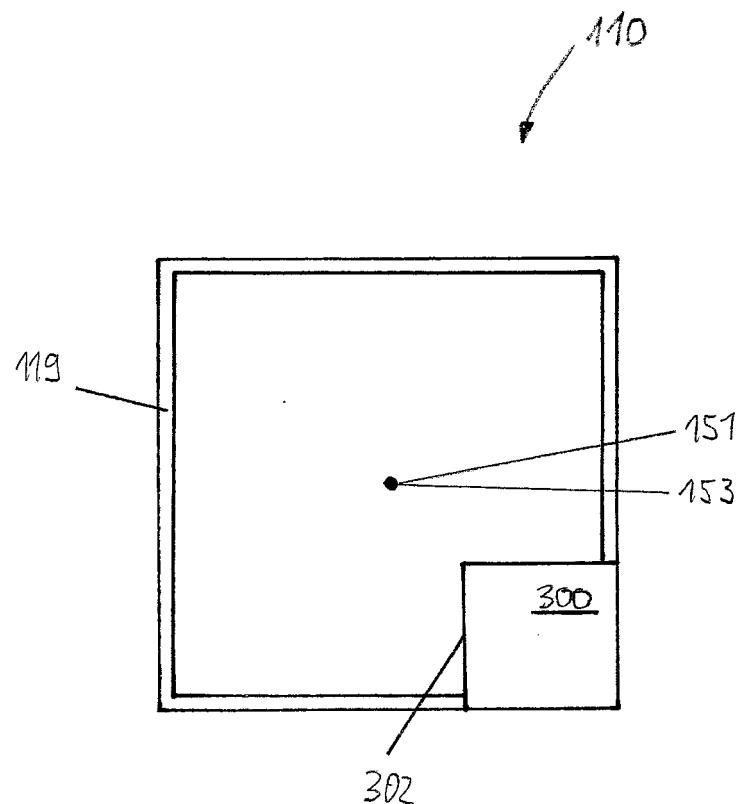


Fig. 7

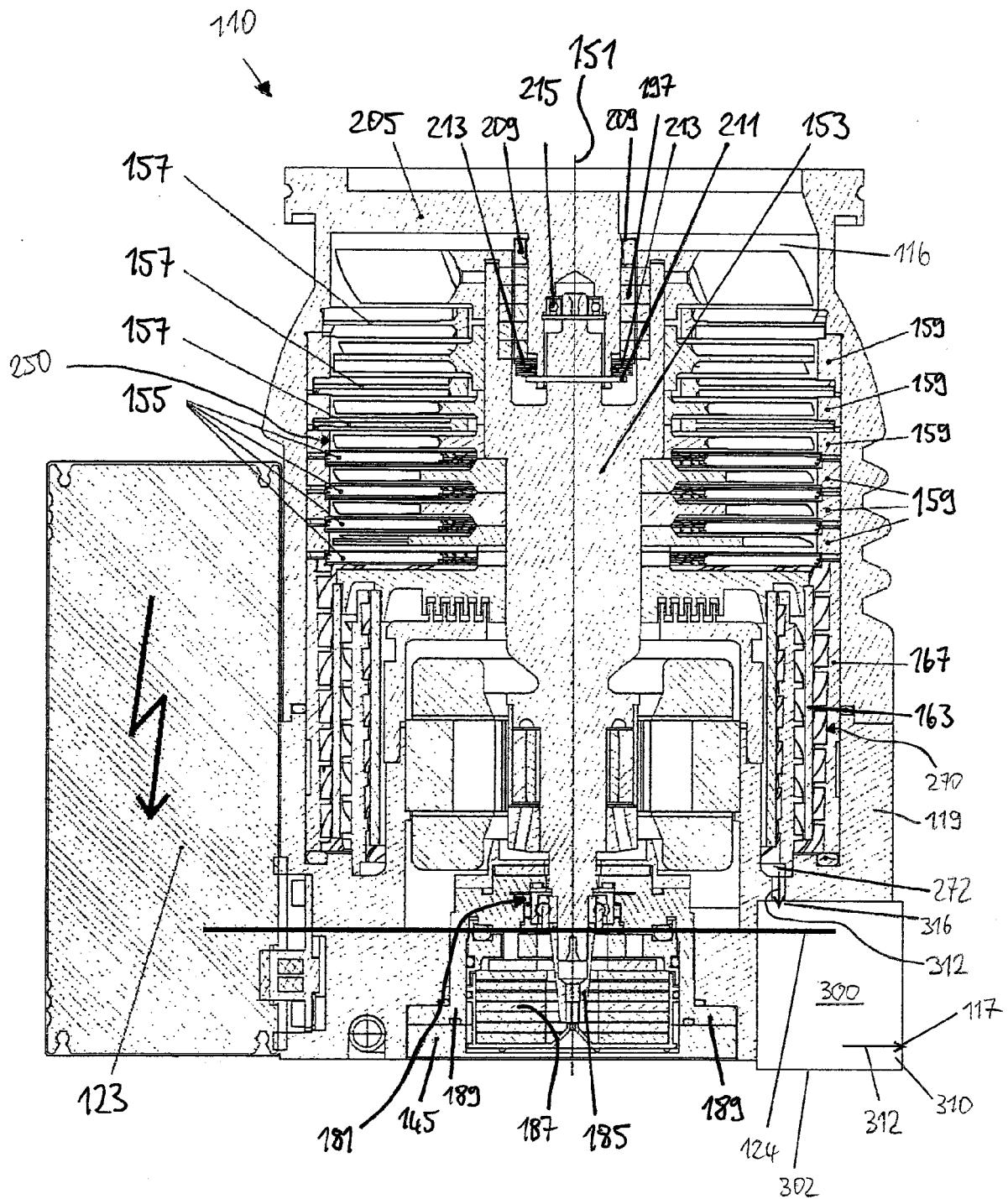
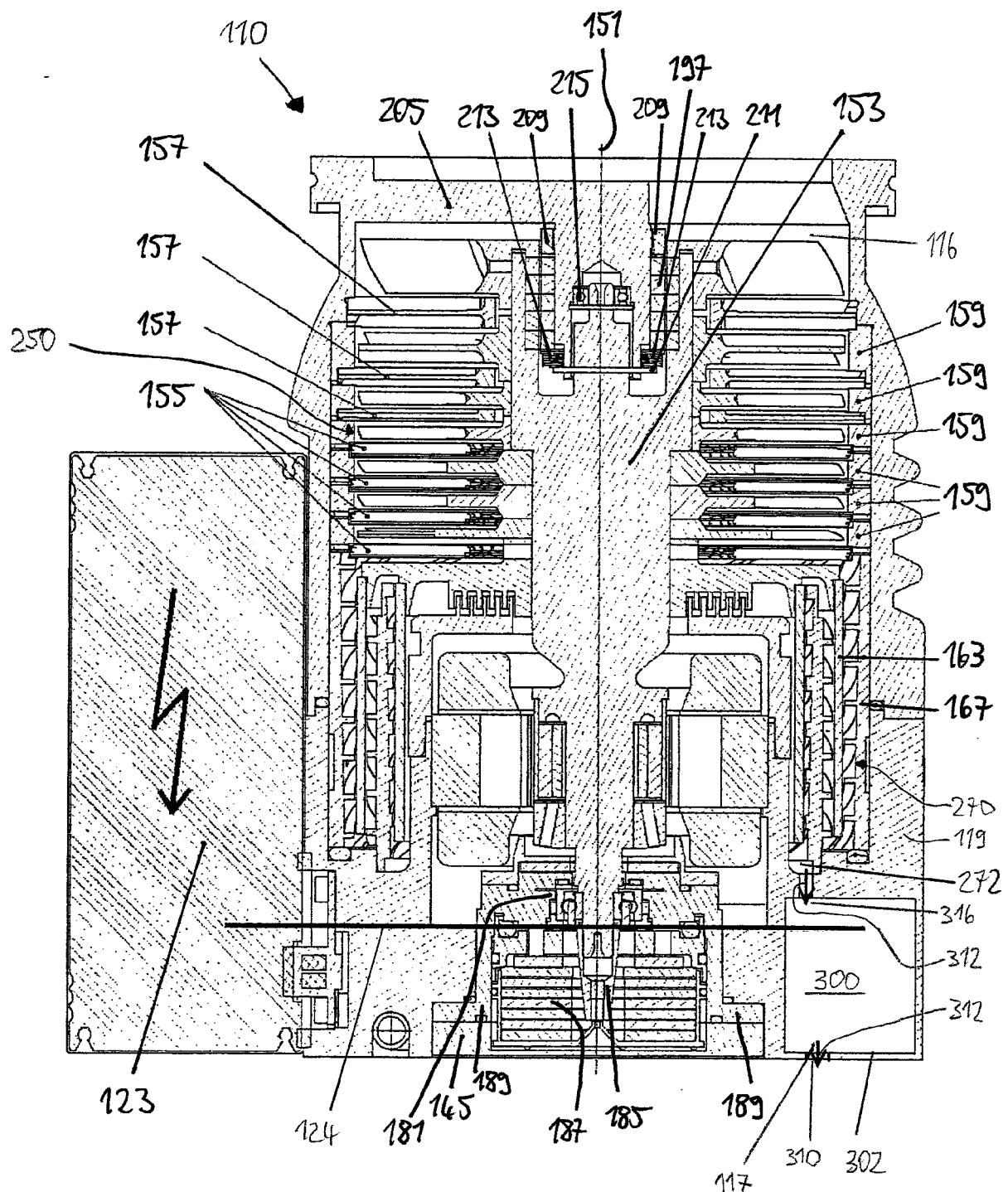


Fig. 8



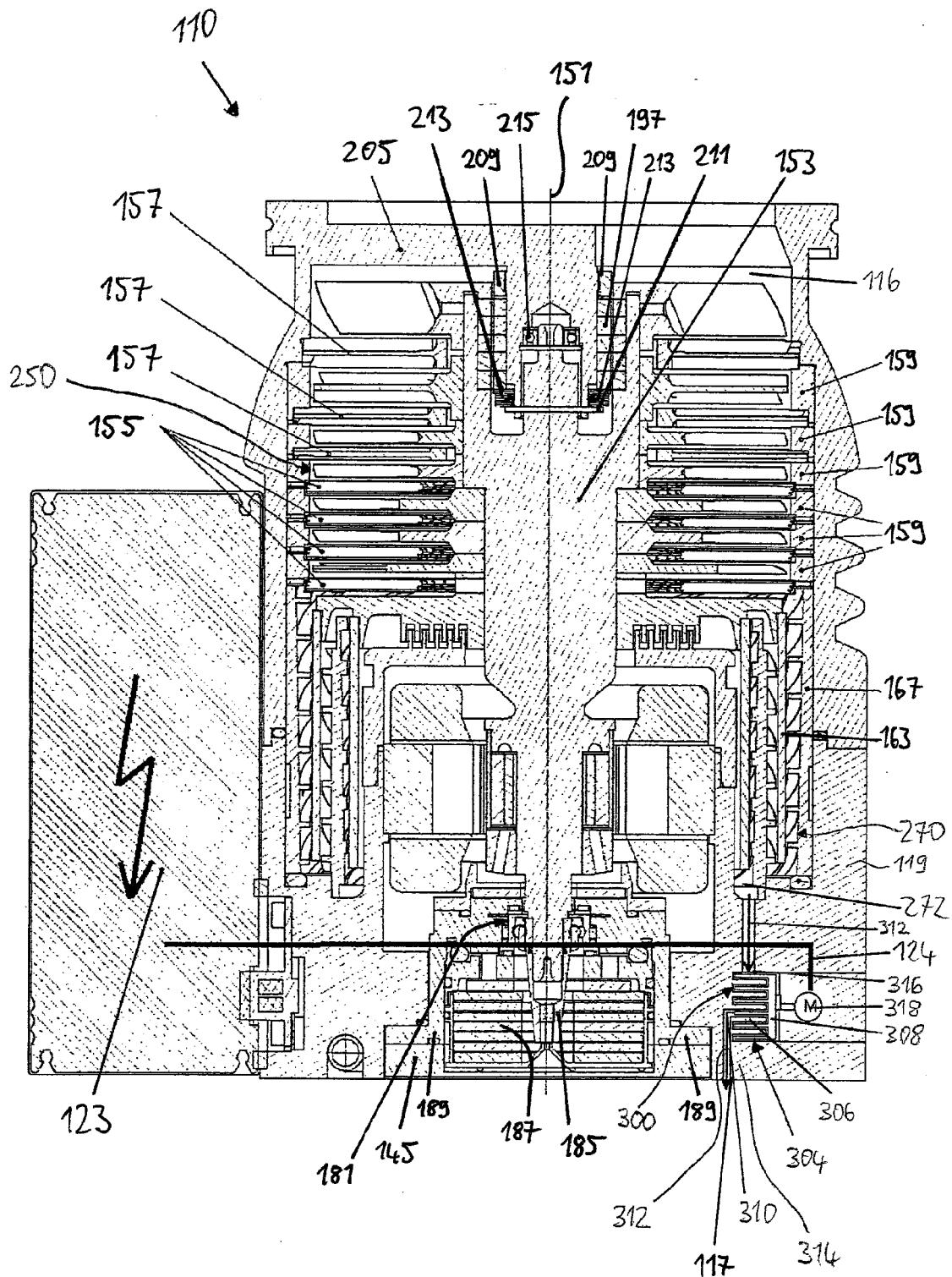


Fig. 10

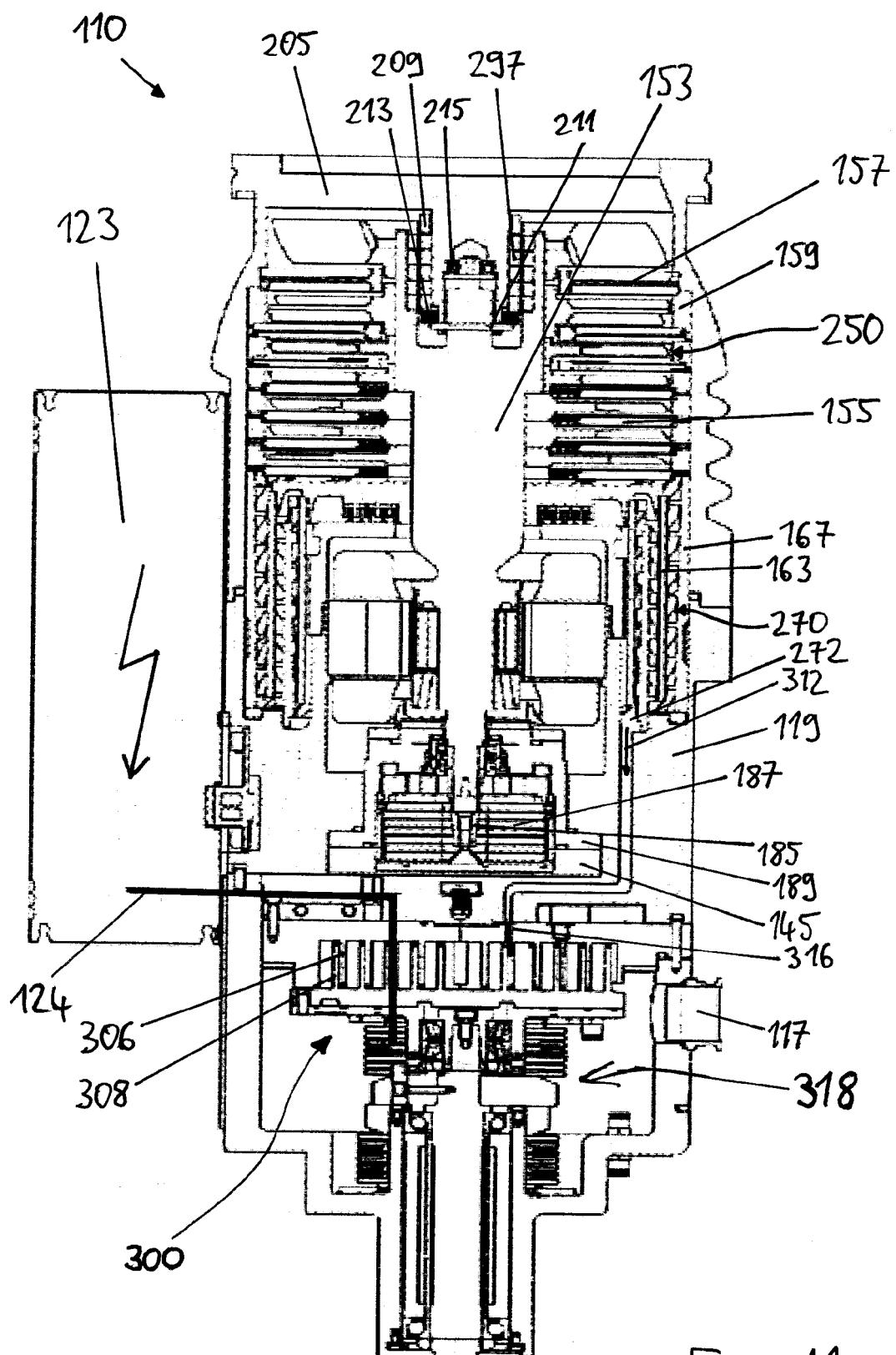


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 17 7824

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
		Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	EP 1 213 482 A1 (SEIKO INSTR INC [JP]) 12. Juni 2002 (2002-06-12)	1-5, 7-10, 13-15
15	A	* Zusammenfassung * * Absatz [0016] - Absatz [0048] * * Abbildungen *	6,11,12
20	X	EP 2 644 893 A2 (EBARA CORP [JP]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) * Zusammenfassung * * Absatz [0049] - Absatz [0135] * * Abbildungen *	1-15
25	X,D	DE 698 15 806 T2 (VARIAN SPA [IT]) 19. Mai 2004 (2004-05-19) * Absatz [0030] - Absatz [0101] * * Abbildungen *	1-5, 7-10, 13-15
30	X	DE 10 2015 113821 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 3. März 2016 (2016-03-03)	1-5, 7-10, 13-15
35	A	* Zusammenfassung * * Absatz [0060] - Absatz [0110] * * Abbildungen *	6,11,12
40	X,D	DE 601 01 368 T2 (VARIAN SPA [IT]) 14. Oktober 2004 (2004-10-14) * Absatz [0023] - Absatz [0038] * * Abbildungen *	1-3,5,7, 10,11, 14,15
45			
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt	
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	Den Haag	5. Januar 2017	Kolby, Lars
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist	
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
	P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 16 17 7824

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.

05-01-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 1213482 A1	12-06-2002	EP JP KR US	1213482 A1 2002168192 A 20020043445 A 2002098092 A1	12-06-2002 14-06-2002 10-06-2002 25-07-2002
20	EP 2644893 A2	02-10-2013	EP JP JP US	2644893 A2 6009193 B2 2013209928 A 2013259712 A1	02-10-2013 19-10-2016 10-10-2013 03-10-2013
25	DE 69815806 T2	19-05-2004	DE DE EP HK IT	69815806 D1 69815806 T2 0931939 A2 1021401 A1 T0971139 A1	31-07-2003 19-05-2004 28-07-1999 10-10-2003 24-06-1999
30	DE 102015113821 A1	03-03-2016	KEINE		
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 60101368 T2 [0008]
- DE 69815806 T2 [0008]
- EP 2631488 A1 [0008]