

(19)



(11)

**EP 4 174 321 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**17.01.2024 Patentblatt 2024/03**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 19/04<sup>(2006.01)</sup> F04D 27/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **21205430.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 19/04; F04D 27/001; F04D 27/0292;  
F05D 2270/303**

(22) Anmeldetag: **29.10.2021**

(54) **VAKUUMPUMPE**

VACUUM PUMP

POMPE À VIDE

(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**

- **SCHWEIGHÖFER, Michael**  
**35641 Schöffengrund (DE)**
- **MEKOTA, Mirko**  
**35630 Ehringshausen (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.05.2023 Patentblatt 2023/18**

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

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**  
**35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder:

- **DORSCHT, Viktor**  
**35581 Wetzlar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 3 557 072 EP-A1- 3 620 662**  
**EP-A2- 1 898 098 US-A1- 2005 022 471**

**EP 4 174 321 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularvakuumpumpe mit einem um eine Rotationsachse drehbaren Rotor, einem Antrieb zum Drehen des Rotors und einer Steuereinheit, welche in einem Schutzmodus einen Betriebsparameter, insbesondere die Temperatur an einer Außenfläche des Gehäuses der Turbomolekularvakuumpumpe, ermittelt und gemäß einer Vorgabe in Abhängigkeit von dem Wert des ermittelten Betriebsparameters eine oder mehrere Schutzmaßnahmen ergreift.

**[0002]** Turbomolekularvakuumpumpen sind grundsätzlich bekannt, zum Beispiel aus der EP 3 557 072 A1, EP 1 898 098 A2 oder EP 3 620 662 A1. Im Folgenden wird die Turbomolekularvakuumpumpe auch kurz als Turbomolekularpumpe oder noch kürzer als Vakuumpumpe bezeichnet.

**[0003]** Während des Betriebs derartiger Vakuumpumpen können Bedingungen auftreten, welche insbesondere bei frei zugänglichen Vakuumpumpen den Schutz von Personen oder auch von Anlagen erforderlich machen. Beispielsweise kann während des Betriebs der Vakuumpumpe Wärme entstehen, wodurch sich die Temperatur an der Außenfläche des Gehäuses der Vakuumpumpe erhöht. Eine erhöhte Gehäusetemperatur birgt die Gefahr, dass eine Person bei Kontakt mit dem Gehäuse Verbrennungen erleiden kann. Aber nicht nur die Gehäusetemperatur kann ein Betriebsparameter sein, der Maßnahmen erfordern kann, wenn er bestimmte Werte erreicht, überschreitet oder unterschreitet. So können z.B. Schwingungen der Vakuumpumpe für eine konkrete, die Vakuumpumpe beinhaltende Anlage kritisch werden, wenn die Amplitude oder die Frequenz der Schwingungen bestimmte Werte annehmen.

**[0004]** Beispielsweise zum Schutz des Bedienpersonals können Vakuumpumpen so eingestellt sein, dass während des Betriebs eine für Personen gefährliche Bedingung gar nicht erst eintritt. So kann die Vakuumpumpe zur Vermeidung von übermäßiger Wärmeentwicklung beispielsweise mit reduzierter Drehzahl des Rotors betrieben werden, wodurch die Gehäusetemperatur unterhalb einer kritischen Temperatur bleibt, aber letztlich - wegen der begrenzten maximalen Drehzahl - auch die Pumpleistung reduziert ist. Mit anderen Worten ist die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe alleine aufgrund der Sicherheit für die Umgebung, also das Bedienpersonal oder eine die Vakuumpumpe beinhaltende Anlage wie z.B. ein jeweiliger Pumpstand, beschränkt.

**[0005]** Für die Funktionssicherheit der Vakuumpumpe selbst ist es jedoch üblicherweise nicht nötig, die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe einzuschränken, da die Vakuumpumpe selbst noch unter Bedingungen betreibbar ist, welche bereits eine Gefährdung für das Bedienpersonal darstellen würden. Insbesondere ist es für einen zuverlässigen Betrieb der Vakuumpumpe selbst nicht erforderlich, die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe derart zu reduzieren, dass im Ergebnis die Gehäusetemperatur unterhalb einer für Personen kritischen

Temperatur liegt. Relevanter ist es, dass eine für die Funktionssicherheit der Vakuumpumpe kritische Temperatur wie zum Beispiel des Wälzlagers bzw. eines verwendeten Schmiermittels, des Antriebs, des Rotors und/oder bestimmter elektrischer Komponenten nicht überschritten wird. Analog gilt dies für andere Betriebsparameter als die Gehäusetemperatur, z.B. einen Schwingungszustand, wie bereits erwähnt,

**[0006]** Überdies ist es nicht erforderlich, die Vakuumpumpe in einem leistungsreduzierten Modus zu betreiben, wenn die Vakuumpumpe so angeordnet ist, dass sie keine Gefahr für in der Nähe arbeitende Personen oder die sie beinhaltende Anlage darstellt. Bekannte Vakuumpumpen sind aber häufig dennoch so eingestellt, dass sie zugunsten z.B. der Sicherheit von Personen nicht mit maximaler Leistung betrieben werden können, und zwar unabhängig davon, ob die Vakuumpumpe bei maximaler Leistung in der Nähe befindliche Personen gefährden würde oder nicht. Somit kann das Potential bekannter Vakuumpumpen nicht vollständig ausgenutzt werden, wenn die Vakuumpumpe in einer Umgebung betrieben wird, die grundsätzlich keinen Schutz von Personen oder Anlagen erfordert.

**[0007]** Eine Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, eine Vakuumpumpe zu schaffen, die eine möglichst optimale Ausnutzung ihrer Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig hoher Sicherheit für im Bereich der Vakuumpumpe arbeitende Personen oder im Bereich der Vakuumpumpe befindliche oder die Vakuumpumpe beinhaltende Anlagen ermöglicht.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch eine Turbomolekularvakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, und insbesondere durch eine Benutzerschnittstelle oder durch eine Einrichtung zur Verbindung der Vakuumpumpe mit einer Benutzerschnittstelle, wobei über die Benutzerschnittstelle die Steuereinheit von einem Benutzer in einen von dem Schutzmodus verschiedenen Neutralmodus überführbar ist, in welchem die Steuereinheit keine Schutzmaßnahme ergreift, und/oder über welche die Vorgabe veränderbar ist.

**[0009]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass ein Benutzer über die Benutzerschnittstelle mit der Vakuumpumpe interagieren kann, um das Verhalten der Vakuumpumpe vorgeben zu können, und zwar das Verhalten hinsichtlich des Schutzes nicht der Vakuumpumpe selbst, sondern des Schutzes von deren Umgebung.

**[0010]** Eine erfindungsgemäße Möglichkeit zur Interaktion besteht darin, die Vakuumpumpe wahlweise im Schutzmodus oder im Neutralmodus zu betreiben, und zwar beispielweise je nachdem ob während des Betriebs der Vakuumpumpe eine Schutzmaßnahme erforderlich ist oder nicht. So lässt sich der Schutzmodus deaktivieren und die Steuereinheit im Neutralmodus betreiben, wenn die Vakuumpumpe in einer unkritischen Umgebung betrieben wird. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Vakuumpumpe mit maximaler Leistungsfähigkeit betrieben werden kann. Wird die Vakuumpumpe hingegen in einer Umgebung betrieben, in welcher die Va-

kuumpumpe während des Betriebs für Personen zugänglich ist oder z.B. bei maximaler Leistung für den Pumpstand, in dem sie betrieben wird, aufgrund eines Schwingungszustands kritisch ist, so lässt sich die Vakuumpumpe dauerhaft im Schutzmodus betreiben. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass sich die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe zumindest im Rahmen dessen optimal nutzen lässt, was vor dem Hintergrund des Schutzes von Personen oder der Umgebung maximal möglich ist. Die Erfindung ermöglicht es also, stets einen optimalen Kompromiss zwischen der Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe und dem Schutz der Umgebung zu erzielen. Insgesamt lässt sich somit das Potential der Vakuumpumpe je nach Betriebsumgebung der Vakuumpumpe bestmöglich ausnutzen.

**[0011]** Ferner besteht eine alternative oder zusätzliche Möglichkeit zur Interaktion mit der Vakuumpumpe darin, dass der Benutzer über die Benutzerschnittstelle die Vorgabe verändern kann, um so auf das Verhalten der Vakuumpumpe Einfluss nehmen zu können. Dies wird nachfolgend im Zusammenhang mit vorteilhaften Ausführungsformen noch genauer beschrieben.

**[0012]** Vorteilhafte Ausführungsformen sind den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren zu entnehmen.

**[0013]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vakuumpumpe kann eine Veränderung der Vorgabe eine Erhöhung oder Verringerung zumindest eines die Schutzmaßnahme auslösenden Vorgabewerts beinhalten. Der Benutzer kann somit die Vorgabe derart anpassen, dass eine Schutzmaßnahme entsprechend der am Anwendungsort der Vakuumpumpe vorliegenden Bedürfnisse ergriffen wird. Beispielsweise kann der Vorgabewert derart durch den Benutzer geändert werden, dass weiterhin eine Schutzmaßnahme ergriffen wird, jedoch nicht bei Erreichen eines z.B. werkseitig eingestellten Vorgabewerts, sondern bei einem für den jeweiligen Anwendungszweck geeigneteren Vorgabewert. Beispielsweise kann es bei einigen Anwendungsfällen angebracht sein, den Vorgabewert zu erhöhen, um die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe nicht durch vorzeitig ergriffene Schutzmaßnahmen unnötig einzuschränken.

**[0014]** Alternativ oder zusätzlich kann eine Veränderung der Vorgabe auch eine Änderung der Schutzmaßnahme beinhalten. Hierdurch kann der Benutzer selbst auswählen, welche Art von Schutzmaßnahme oder welcher Grad einer Schutzmaßnahme bei Erfüllung einer jeweiligen Vorgabe eingeleitet wird.

**[0015]** Eine Schutzmaßnahme kann beispielsweise darin bestehen, ein Warnsignal zu erzeugen. Das Warnsignal kann beispielsweise optisch oder akustisch ausgegeben werden. Für ein optisches Warnsignal kann zum Beispiel an der Vakuumpumpe ein Leuchtmittel, wie z.B. eine LED, vorgesehen sein. Das Warnsignal kann aber auch an einem Anzeigegerät für den Benutzer hörbar und/oder sichtbar ausgegeben werden, beispielsweise an einem mobilen Endgerät oder einem Benutzerbildschirm an einem von der Vakuumpumpe entfernten Ort.

**[0016]** Anstelle oder neben der Erzeugung eines Warnsignals kann eine Schutzmaßnahme auch darin bestehen, in den Betrieb der Vakuumpumpe einzugreifen, d.h. den momentanen Betrieb der Vakuumpumpe zu verändern. Insbesondere kann der Wert eines Parameters der Vakuumpumpe erhöht oder reduziert werden. Beispielsweise kann die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe oder die Drehzahl des Rotors reduziert werden. Hierdurch kann z.B. eine weitere Erwärmung der Vakuumpumpe verhindert werden. Mit anderen Worten wird die maximal mögliche Leistung der Vakuumpumpe hinsichtlich des jeweiligen Parameters beschränkt, um dafür den Schutz der Umgebung zu priorisieren.

**[0017]** In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann als Schutzmaßnahme auch die Erzeugung eines Abschaltsignals vorgesehen sein. Die Vakuumpumpe kann zum Beispiel abgeschaltet werden, wenn die Gehäusetemperatur an der Außenfläche einen vorgegebenen Wert erreicht oder überschreitet.

**[0018]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Vakuumpumpe kann eine Veränderung der Vorgabe eine Änderung der Zuordnung zwischen unterschiedlichen Werten des Betriebsparameters und unterschiedlichen Schutzmaßnahmen beinhalten. Hierdurch kann der Benutzer individuell gestalten, welche Schutzmaßnahme bei Erreichen welches Betriebsparameters ergriffen werden soll.

**[0019]** Die Vorgabe kann beinhalten, bei unterschiedlichen Werten des Betriebsparameters unterschiedliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Beispielsweise kann die Steuereinheit bei einem Wert des Betriebsparameters, d.h. bei Erreichen, Unterschreiten oder Überschreiten des Werts, ein Warnsignal und bei einem von diesem Wert verschiedenen weiteren Wert, d.h. bei Erreichen, Unterschreiten oder Überschreiten des weiteren Werts, ein anderes Warnsignal oder ein Abschaltsignal erzeugen.

**[0020]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Vorgabe beinhalten, im Rahmen einer Eskalations- oder Deeskalationsprozedur im Verlauf eines Anstiegs oder Abfalls des Wertes des Betriebsparameters zeitlich nacheinander unterschiedliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Beispielsweise können die Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von dem Anstieg oder Abfall eines jeweiligen Wertes des Betriebsparameters derart gestaffelt sein, dass ein Parameter der Vakuumpumpe, z.B. die Drehzahl des Rotors, für einen stets ausreichenden Schutz der Umgebung schrittweise reduziert wird. Es ist zum Beispiel auch möglich, dass eine Staffelung von Warnsignalen darin besteht, dass sich eine Intensität des Warnsignals ändert. Zum Beispiel kann mit zunehmender Gefahrenstufe, also mit zunehmendem Potential für eine Gefährdung der Umgebung, eine Lichtquelle heller leuchten oder schneller blinken oder es können zunehmend mehr Lichtquellen aufleuchten. Ferner kann sich zum Beispiel die Lautstärke eines akustischen Warnsignals mit zunehmender Gefahrenstufe erhöhen.

**[0021]** Bevorzugt regelt die Steuereinheit die Leistung

oder einen anderen Parameter der Vakuumpumpe derart, dass ein bestimmter Vorgabewert nicht überschritten wird. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe unter Einhaltung des Schutzes der Umgebung stets optimal genutzt. Beispielsweise kann die Rotordrehzahl der Vakuumpumpe reduziert werden, wenn ein für Personen gefährlicher Temperaturanstieg des Gehäuses ermittelt wird. Sobald die Vakuumpumpe wieder ausreichend abgekühlt ist, so dass keine Gefahr mehr besteht, kann die Rotordrehzahl und somit die Pumpleistung wieder erhöht werden.

**[0022]** Bevorzugt ist zur Ermittlung des Betriebsparameters ein Sensor der Vakuumpumpe vorgesehen. Zur Ermittlung des Betriebsparameters kann aber auch eine Schnittstelle, insbesondere zur Nachrüstung der Vakuumpumpe, für einen externen Sensor vorgesehen sein. Der externe Sensor kann beispielsweise an einem mit der Vakuumpumpe in Verbindung stehenden Rezipienten vorgesehen sein.

**[0023]** Der Begriff "Betriebsparameter" ist also breit zu verstehen, d.h. der Betriebsparameter muss kein Parameter der Vakuumpumpe selbst, sondern kann auch ein Parameter einer Umgebung sein, in der die Vakuumpumpe betrieben wird.

**[0024]** Vorzugsweise ist der Sensor ein Temperatursensor und kann an der Außenfläche des Pumpengehäuses angebracht sein. Grundsätzlich kann die Temperatur der Außenfläche des Pumpengehäuses auch indirekt ermittelt werden, beispielsweise über die Temperatur des Rotors, eines Wälzlagers für den Rotor oder eines Schmiermittels für das Wälzlager.

**[0025]** Die Benutzerschnittstelle zur Interaktion des Benutzers mit der Steuereinheit kann an der Vakuumpumpe angebracht, z.B. in Form eines Touch-Screen oder einer anderen Eingabeeinrichtung, oder auf andere Art und Weise realisiert sein, beispielsweise durch ein mit der Vakuumpumpe, insbesondere über eine Datenschnittstelle, verbundenes Eingabe-/Ausgabegerät. Das Eingabe-/Ausgabegerät kann mit der Vakuumpumpe kabelgebunden oder kabellos verbunden sein. Dabei kann das Eingabe-/Ausgabegerät in Form eines Rechners ausgebildet sein, insbesondere eines Rechners zur Bedienung oder Steuerung einer die Vakuumpumpe beinhaltenden Anlage. Es ist auch möglich, dass das Eingabe-/Ausgabegerät ein mobiles Endgerät ist, welches so einen Zugriff auf die Vakuumpumpe von einem entfernten Standort zulässt.

**[0026]** Das Eingabe-/Ausgabegerät kann eine graphische Benutzeroberfläche umfassen, über welche der Benutzer auf einfache Weise zwischen dem Schutzmodus und dem Neutralmodus wählen und/oder die Vorgabe ändern kann. Außerdem kann auf der graphischen Benutzeroberfläche der aktuelle Status der Vakuumpumpe angezeigt werden, z.B. welcher Modus gerade aktiviert ist und/oder welchen Wert ein jeweiliger ermittelter Betriebsparameter momentan besitzt und/oder ob von der Vakuumpumpe aktuell eine Gefahr ausgeht oder nicht.

**[0027]** Obwohl die Erfindung vorstehend auch im Zu-

sammenhang mit Temperaturen als Betriebsparameter beschrieben wird, können - wie ebenfalls vorstehend schon erwähnt - die vorliegenden Ideen und Konzepte auch auf andere ermittelbare Betriebsparameter angewendet werden. Beispielsweise kann es sich bei dem Betriebsparameter um eine Geräuschemission oder um einen Vibrationszustand der Vakuumpumpe handeln.

**[0028]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,

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

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

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

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

Fig. 6 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe, welche unter anderem rein schematisch unterschiedliche Anbringungsstellen für einen Sensor zur Ermittlung eines Betriebsparameters zeigt.

**[0029]** Die Fig. 1 bis 5 zeigen eine bekannte Vakuumpumpe in Form einer Turbomolekularvakuumpumpe 111, welche entsprechend der im Zusammenhang mit Fig. 6 beschriebenen erfindungsgemäßen Vakuumpumpe 111 ausgebildet sein kann. Umgekehrt gelten die nachfolgenden Ausführungen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 5 auch für die erfindungsgemäße Vakuumpumpe von Fig. 6.

**[0030]** 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.

**[0031]** 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.

**[0032]** Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

**[0033]** 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 Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

**[0034]** 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.

**[0035]** Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

**[0036]** 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.

**[0037]** An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt

werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

5 **[0038]** In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

10 **[0039]** 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.

15 **[0040]** In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

20 **[0041]** 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.

25 **[0042]** Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

30 **[0043]** Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

35 **[0044]** 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.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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.

**[0048]** 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 Turbomolekularvakuumumpumpen (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.

**[0049]** Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

**[0050]** 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.

**[0051]** Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehre-

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

**[0052]** Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

**[0053]** Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 als Antrieb zum Drehen 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 Permanentmagnetanord-

nung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

**[0054]** 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.

**[0055]** Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerhalb einer 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.

**[0056]** Nachfolgend wird im Zusammenhang mit Fig. 6 das der Erfindung zugrunde liegende Konzept rein beispielhaft erläutert.

**[0057]** Während des Betriebs der Vakuumpumpe 111 kann Wärme in der Vakuumpumpe 111 entstehen, beispielsweise durch Reibung in dem Wälzlager 181, durch magnetfeldinduzierte Wirbelströme in dem Rotor 149 oder durch Abwärme elektrischer Komponenten. Hierdurch kann sich die Temperatur an der Außenfläche 227 des Pumpengehäuses 119 derart stark erhöhen, dass bei Berührung mit dem Pumpengehäuse 119 Verbrennungsgefahr besteht.

**[0058]** Zur Ermittlung der Außenflächentemperatur dient ein Sensor 225. In dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel sind rein beispielhaft zwei mögliche Anbringungsorte für den Sensor 225 dargestellt. So kann der Sensor 225 zum Beispiel an der Außenfläche 227 des Pumpengehäuses 119 oder aber auch an der Außenfläche 227 des Unterteils 121 angebracht sein. Es ist alternativ möglich, den Sensor 225 an einer anderen Stelle, beispielsweise im Inneren der Vakuumpumpe 111, vorzusehen. Auf die Temperatur an der Außenfläche 227 der Pumpe 111 kann auch indirekt durch Temperaturmessung an anderer Stelle geschlossen werden, wie im Einleitungsteil bereits erwähnt.

**[0059]** Damit sich das Pumpengehäuse 119 nicht derart erwärmt, dass Verbrennungsgefahr besteht, ist eine mit dem Sensor 225 verbundene und - grundsätzlich an beliebiger Stelle und hier rein beispielhaft in dem Elektronikgehäuse 123 untergebrachte - Steuereinheit 229 vorgesehen, welche in Abhängigkeit von dem Wert der mittels des Sensors 225 ermittelten Temperatur eine oder mehrere Schutzmaßnahmen ergreift, wie im Einleitungsteil anhand unterschiedlicher Beispiele erläutert, wenn sich die Steuereinheit 229 im Schutzmodus befindet.

**[0060]** Bei der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe

111 ist eine nur schematisch in Form eines mobilen Endgerätes, z.B. eines Notebooks, dargestellte Benutzerschnittstelle 231 vorgesehen, über welche der Benutzer mit der Steuereinheit 229 interagieren kann, um z.B. die Steuereinheit 229 in einen von dem Schutzmodus verschiedenen Neutralmodus zu überführen, in welchem die Steuereinheit 229 keine Schutzmaßnahme ergreift.

**[0061]** Die Benutzerschnittstelle 231 kann z.B. über die Datenschnittstelle 129 mit der Steuereinheit 229 verbunden werden. Eine drahtlose Kommunikation ist alternativ auch möglich.

**[0062]** Die Benutzerschnittstelle 231 dient - wie ebenfalls im Einleitungsteil erläutert - nicht nur dazu, zwischen dem Schutzmodus und dem Neutralmodus zu wechseln, sondern auch zum Ändern der Vorgabe. So kann z.B. eine Veränderung der Vorgabe eine Erhöhung oder Verringerung einer Sicherheitstemperatur beinhalten. Beispielsweise kann die Sicherheitstemperatur von 60°C auf 80°C erhöht werden, wenn die Vakuumpumpe 111 von einem Berührungsschutz umgeben ist, der eine unmittelbare Berührung der Außenfläche des Pumpengehäuses durch Bedienpersonal ausschließt oder unwahrscheinlicher macht. Dagegen kann bei besonders temperaturkritischen Anwendungen oder Einbausituationen die Sicherheitstemperatur herabgesetzt werden, beispielsweise auf 40°C.

**[0063]** Neben der Änderung einer Sicherheitstemperatur kann die Veränderung der Vorgabe auch eine Änderung der Schutzmaßnahme beinhalten. So kann beispielsweise anstelle einer Reduzierung der Rotordrehzahl bei Erreichen bzw. Überschreiten einer jeweils eingestellten Sicherheitstemperatur als Schutzmaßnahme ein Warnsignal ausgegeben werden. Eine derartige Einstellung kann beispielsweise bei berührungsgeschützt verbauten Vakuumpumpen 111 vorgesehen sein, wenn eine Einschränkung der Pumpenleistung nicht nötig ist. Dennoch wird der Benutzer davor gewarnt, dass sich die Temperatur des Pumpengehäuses 119 oberhalb der Sicherheitstemperatur befindet, so dass der Benutzer bei einer Annäherung an die Vakuumpumpe 111 entsprechende Sicherheitsvorkehrungen treffen kann.

**[0064]** Eine Veränderung der Vorgabe kann auch eine Änderung der Zuordnung zwischen unterschiedlichen Werten der ermittelten Temperatur - allgemein des jeweiligen Betriebsparameters der Vakuumpumpe - und unterschiedlichen Schutzmaßnahmen beinhalten. So kann beispielsweise werkseitig vorgesehen sein, dass bei Erreichen einer Temperatur unterhalb einer beispielsweise 60°C betragenden Sicherheitstemperatur, z. B. bei Erreichen von 50°C, ein Warnsignal ausgegeben wird und bei Erreichen bzw. Überschreiten der Sicherheitstemperatur die Rotordrehzahl reduziert wird. Durch die Veränderung der Vorgabe kann der Benutzer diese Zuordnung selbst ändern. So kann er die Vorgabe beispielsweise dahingehend anpassen, dass bei Erreichen bzw. Überschreiten der Sicherheitstemperatur von 60°C erstmals ein Warnsignal ausgegeben wird und erst bei einer Temperatur oberhalb der Sicherheitstemperatur ei-

ne andere Schutzmaßnahme ergriffen wird, wie zum Beispiel das Abschalten der Vakuumpumpe 111, wenn die Temperatur an der Außenfläche des Gehäuses 80°C überschreitet.

**[0065]** Es ist anzumerken, dass eine zum Beispiel zunächst berührgeschützt verbaute und daher in einem Neutralmodus betriebene Vakuumpumpe 111 von einem Benutzer über die Benutzerschnittstelle 231 auch wieder aus dem Neutralmodus in den Schutzmodus überführt werden kann, wenn z.B. der Einbauort verändert werden muss und ein Berührschutz nicht länger sichergestellt werden kann. Die Vakuumpumpe 111 lässt sich dann mit solchen Betriebsparametern betreiben, welche im Rahmen des Benutzerschutzes maximal möglich sind.

**[0066]** Insgesamt lässt sich somit das Potential der Vakuumpumpe 111 in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Nutzungsumgebung stets optimal ausnutzen.

### Bezugszeichenliste

#### **[0067]**

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	Kühlmittleitung
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
5	191 rotorseitige Lagerhälfte
	193 statorseitige Lagerhälfte
	195 Ringmagnet
	197 Ringmagnet
	199 Lagerspalt
10	201 Trägerabschnitt
	203 Trägerabschnitt
	205 radiale Strebe
	207 Deckelement
	209 Stützring
15	211 Befestigungsring
	213 Tellerfeder
	215 Not- bzw. Fanglager
	217 Motorstator
	219 Zwischenraum
20	221 Wandung
	223 Labyrinthdichtung
	225 Sensor
	227 Außenfläche
	229 Steuereinheit
25	231 Benutzerschnittstelle

### **Patentansprüche**

- 30 1. Turbomolekularvakuumpumpe (111), umfassend:
- einen um eine Rotationsachse (151) drehbaren Rotor (149),
- einen Antrieb zum Drehen des Rotors (149),
- 35 eine Steuereinheit (229), welche in einem Schutzmodus einen Betriebsparameter, insbesondere die Temperatur an einer Außenfläche (227) eines Gehäuses (119) der Turbomolekularvakuumpumpe (111), ermittelt und gemäß einer Vorgabe in Abhängigkeit von dem Wert des ermittelten Betriebsparameters eine oder mehrere Schutzmaßnahmen ergreift, und
- 40 eine Benutzerschnittstelle (231) oder eine Einrichtung zur Verbindung der Turbomolekularvakuumpumpe mit einer Benutzerschnittstelle (231), **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 45 über die Benutzerschnittstelle (231) die Steuereinheit (229) von einem Benutzer in einen von dem Schutzmodus verschiedenen Neutralmodus überführbar ist, in welchem die Steuereinheit (229) keine Schutzmaßnahme ergreift.
- 50
2. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach Anspruch 1,
- 55 wobei eine Veränderung der Vorgabe eine Erhöhung oder Verringerung zumindest eines die Schutzmaßnahme auslösenden Vorgabewerts beinhaltet.

3. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Veränderung der Vorgabe eine Änderung der Schutzmaßnahme beinhaltet.
4. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Veränderung der Vorgabe eine Änderung der Zuordnung zwischen unterschiedlichen Werten des Betriebsparameters und unterschiedlichen Schutzmaßnahmen beinhaltet.
5. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vorgabe beinhaltet, bei unterschiedlichen Werten des Betriebsparameters unterschiedliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen.
6. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vorgabe beinhaltet, im Rahmen einer Eskalations- oder Deeskalationsprozedur im Verlauf eines Anstiegs oder Abfalls des Wertes des Betriebsparameters zeitlich nacheinander unterschiedliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen.
7. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Schutzmaßnahme darin besteht, ein Warnsignal zu erzeugen.
8. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Schutzmaßnahme darin besteht, den momentanen Betrieb der Turbomolekularvakuumpumpe (111) zu verändern, insbesondere einen Parameter der Turbomolekularvakuumpumpe (111) zu erhöhen oder zu reduzieren, bevorzugt die Drehzahl des Rotors (149) zu reduzieren.
9. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Schutzmaßnahme darin besteht, ein Abschaltsignal zu erzeugen.
10. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (229) bei einem Wert des Betriebsparameters ein Warnsignal und bei einem von diesem Wert verschiedenen weiteren Wert ein anderes Warnsignal oder ein Abschaltsignal erzeugt.
11. Turbomolekularvakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zur Ermittlung des Betriebsparameters ein Sensor (225) der Turbomolekularvakuumpumpe (111) oder eine Schnittstelle für einen externen Sen-

sor vorgesehen ist.

#### Claims

- 5 1. A turbomolecular vacuum pump (111) comprising:
  - 10 a rotor (149) rotatable about an axis of rotation (151);
  - a drive for rotating the rotor (149);
  - 15 a control unit (229) which, in a protection mode, determines an operating parameter, in particular the temperature at an outer surface (227) of a housing (119) of the turbomolecular vacuum pump (111), and takes one or more protective measures in accordance with a specification in dependence on the value of the determined operating parameter; and
  - 20 a user interface (231) or a device for connecting the turbomolecular vacuum pump to a user interface (231),
  - 25 **characterized in that,** via the user interface, the control unit (229) can be transferred by a user (231) to a neutral mode which is different from the protection mode and in which the control unit (229) does not take a protective measure.
- 30 2. A turbomolecular vacuum pump (111) according to claim 1, wherein a change in the specification comprises increasing or decreasing at least one default value which triggers the protective measure.
- 35 3. A turbomolecular vacuum pump (111) according to claim 1 or 2, wherein a change in the specification comprises changing the protective measure.
- 40 4. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, where a change in the specification comprises changing the association between different values of the operating parameter and different protective measures.
- 45 5. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein the specification comprises taking different protective measures for different values of the operating parameter.
- 50 6. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein the specification comprises taking different protective measures after one another in time in the course of an increase or decrease in the value of the operating parameter as part of an escalation or de-
- 55

escalation procedure.

7. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein a protective measure comprises generating a warning signal.
8. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein a protective measure comprises changing the current operation of the turbomolecular vacuum pump (111), in particular increasing or reducing a parameter of the turbomolecular vacuum pump (111), preferably reducing the rotational speed of the rotor (149).
9. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein a protective measure comprises generating a switch-off signal.
10. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein the control unit (229) generates a warning signal for one value of the operating parameter and another warning signal or a switch-off signal for a further value different from this value.
11. A turbomolecular vacuum pump (111) according to any one of the preceding claims, wherein a sensor (225) of the turbomolecular vacuum pump (111) or an interface for an external sensor is provided for determining the operating parameter.

## Revendications

1. Pompe à vide turbomoléculaire (111), comprenant :

un rotor (149) pouvant tourner autour d'un axe de rotation (151),

un entraînement pour faire tourner le rotor (149), une unité de commande (229) qui, dans un mode de protection, détermine un paramètre de fonctionnement, en particulier la température sur une surface extérieure (227) d'un boîtier (119) de la pompe à vide turbomoléculaire (111), et prend une ou plusieurs mesures de protection selon une consigne en fonction de la valeur du paramètre de fonctionnement déterminé, et une interface utilisateur (231) ou un dispositif de liaison de la pompe à vide turbomoléculaire à une interface utilisateur (231),

**caractérisée en ce que**

via l'interface utilisateur (231), l'unité de commande (229) peut être transférée par un utilisateur vers un mode neutre différent du mode de protection, dans lequel l'unité de commande

(229) ne prend aucune mesure de protection.

2. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon la revendication 1, dans laquelle une modification de la consigne implique une augmentation ou une diminution d'au moins une valeur de consigne déclenchant la mesure de protection.
3. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle une modification de la consigne implique une modification de la mesure de protection.
4. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle une modification de la consigne implique une modification de l'association entre différentes valeurs du paramètre de fonctionnement et différentes mesures de protection.
5. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la consigne implique de prendre différentes mesures de protection pour différentes valeurs du paramètre de fonctionnement.
6. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la consigne implique de prendre différentes mesures de protection successivement dans le temps dans le cadre d'une procédure d'escalade ou de désescalade au cours d'une croissance ou d'une décroissance de la valeur du paramètre de fonctionnement.
7. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle une mesure de protection consiste à générer un signal d'avertissement.
8. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle une mesure de protection consiste à modifier le fonctionnement instantané de la pompe à vide turbomoléculaire (111), en particulier à augmenter ou à réduire un paramètre de la pompe à vide turbomoléculaire (111), de préférence à réduire la vitesse de rotation du rotor (149).
9. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle une mesure de protection consiste à générer un signal de coupure.
10. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle, à une valeur du paramètre de fonc-

tionnement, l'unité de commande (229) génère un signal d'avertissement et, à une autre valeur différente de ladite valeur, elle génère un autre signal d'avertissement ou un signal de coupure.

5

11. Pompe à vide turbomoléculaire (111) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle est prévu(e) un capteur (225) de la pompe à vide turbomoléculaire (111) ou une interface pour un capteur externe, afin de déterminer le paramètre de fonctionnement.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

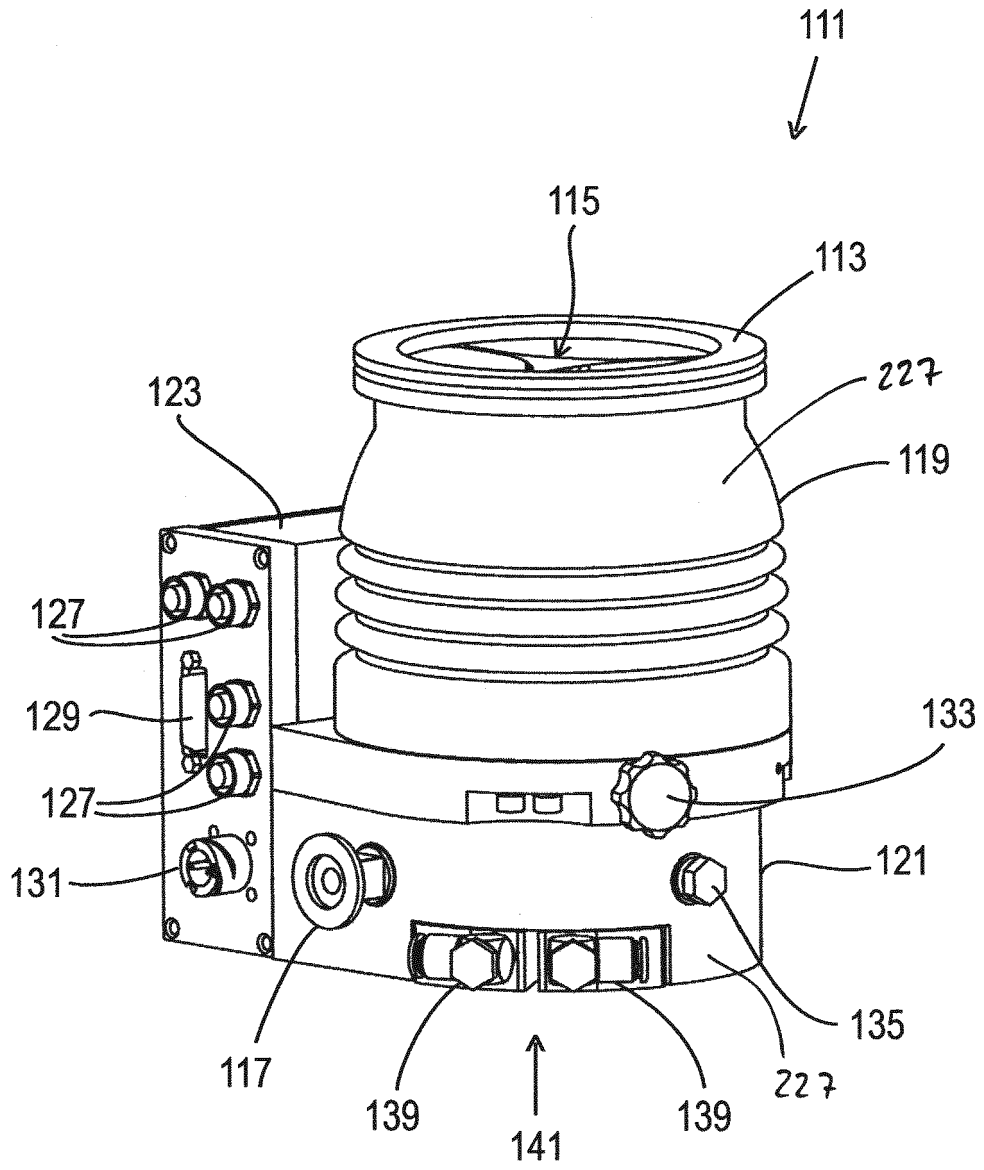


Fig. 1

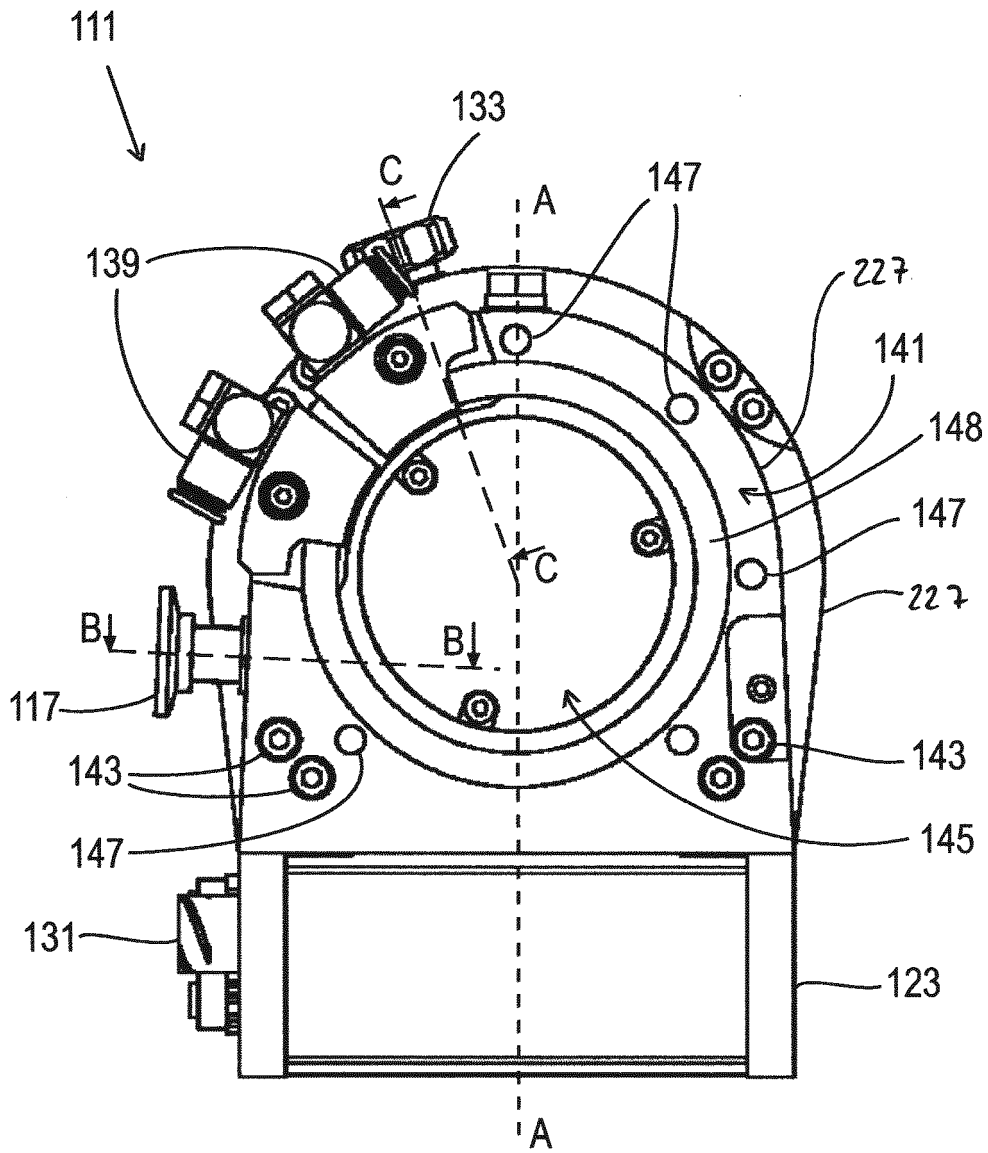


Fig. 2

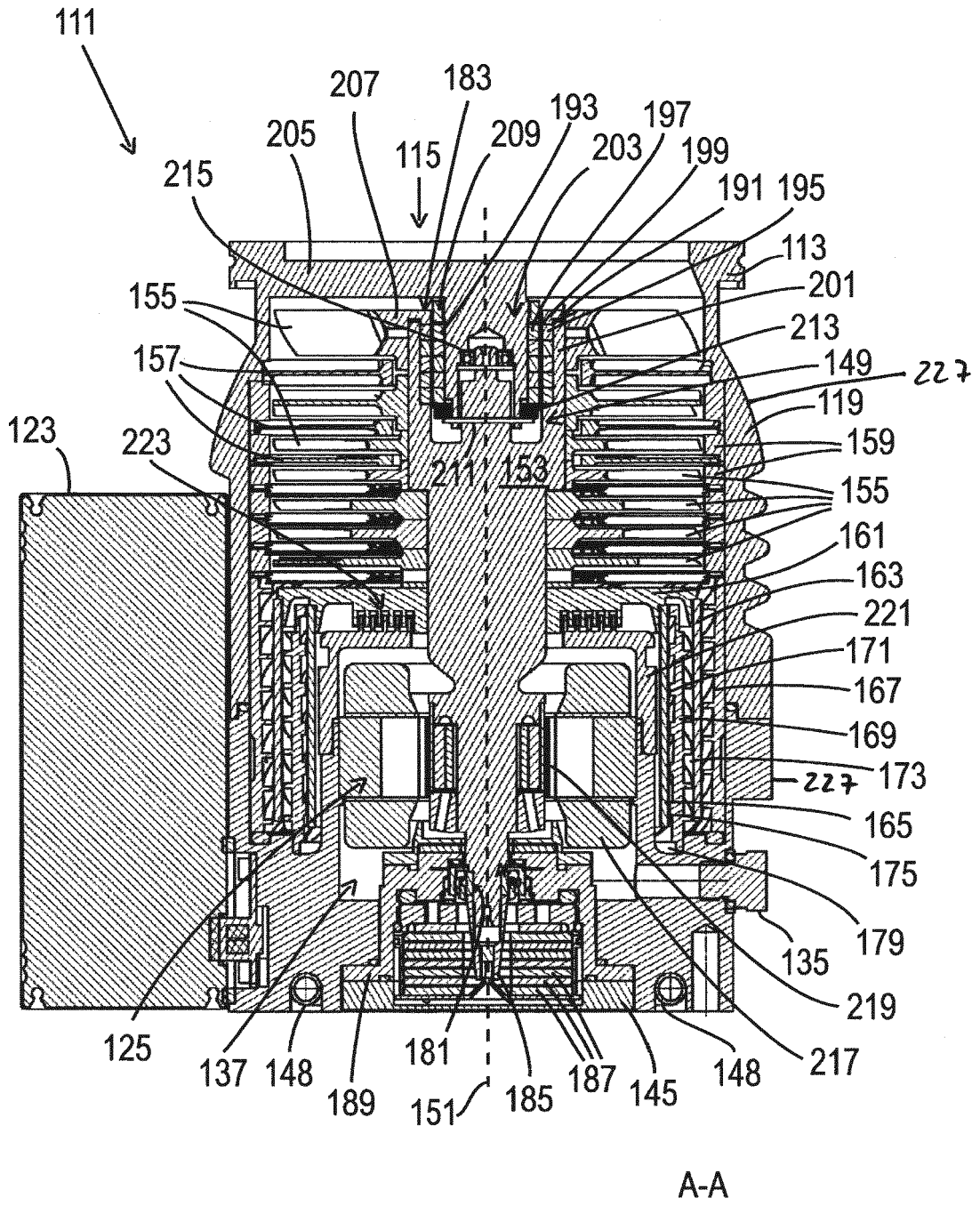


Fig. 3

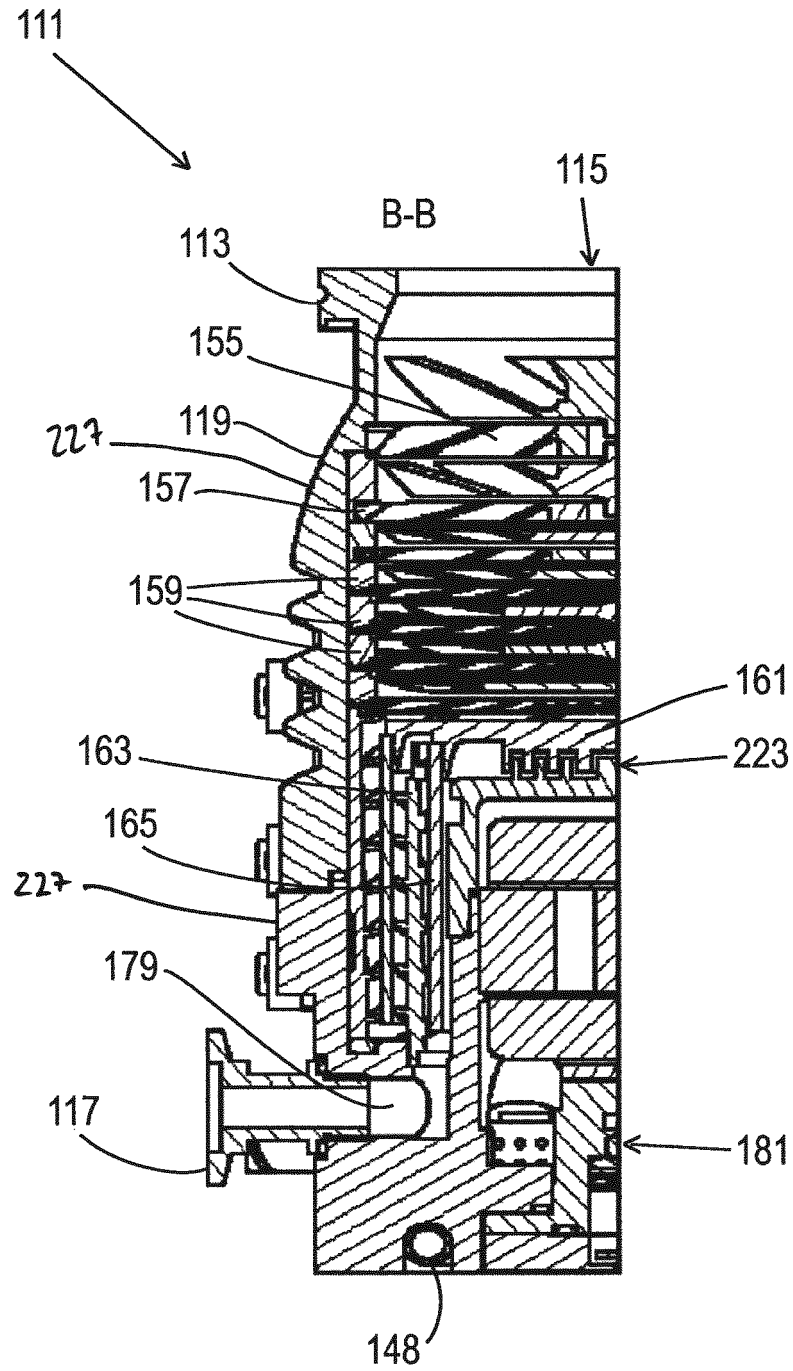


Fig. 4

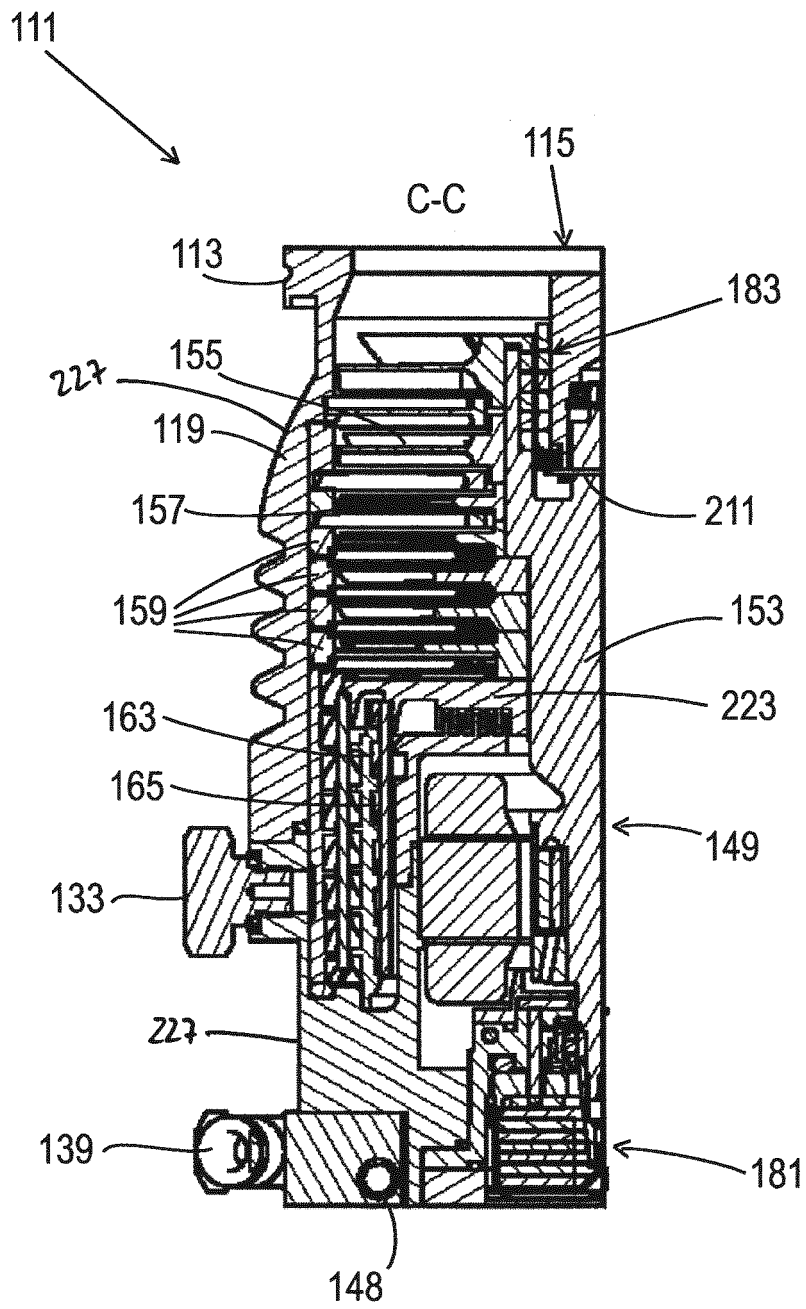


Fig. 5

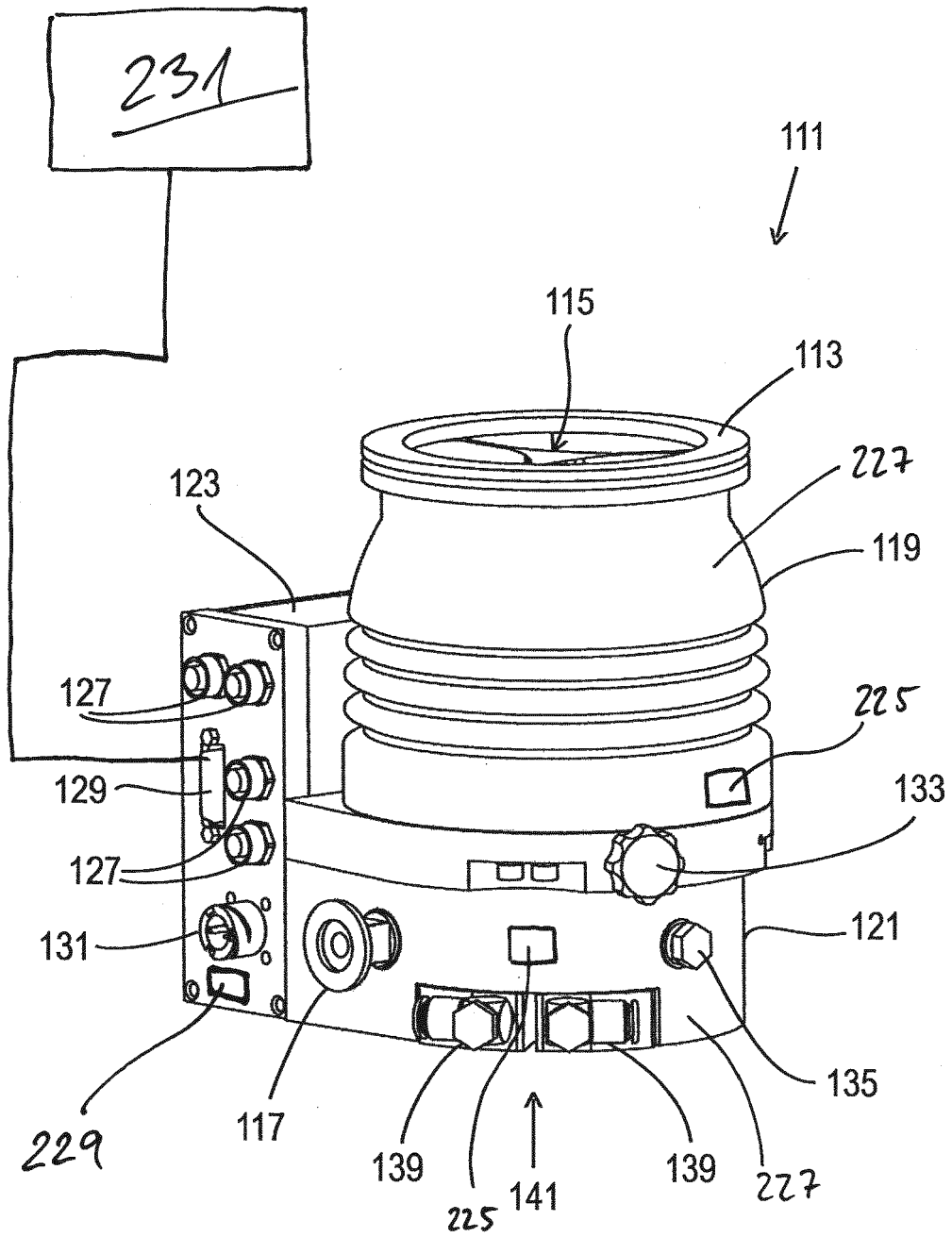


Fig. 6

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 3557072 A1 [0002]
- EP 1898098 A2 [0002]
- EP 3620662 A1 [0002]