

(19)



(11)

**EP 3 640 481 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**03.05.2023 Patentblatt 2023/18**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 19/04<sup>(2006.01)</sup> F04D 29/02<sup>(2006.01)</sup>**  
**F04D 29/058<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **18200472.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 19/042; F04D 19/048; F04D 29/023;**  
**F04D 29/058; F05D 2240/511; F05D 2300/507**

(22) Anmeldetag: **15.10.2018**

(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)**
- **Sieben, Daniel**  
**35435 Wettenberg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.04.2020 Patentblatt 2020/17**

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

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH**  
**35614 Asslar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 3 088 746 JP-A- H01 190 991**  
**JP-U- 3 119 272 US-A- 5 679 992**  
**US-A1- 2001 012 488 US-A1- 2013 129 482**

- (72) Erfinder:
- **Stoll, Tobias**  
**35644 Hohenahr (DE)**
  - **Lohse, Martin**  
**35586 Wetzlar (DE)**

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).

**EP 3 640 481 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere betrifft sie eine Turbomolekularpumpe zur Erzeugung eines Hochvakuums oder eines noch höheren Vakuums.

**[0002]** Aus verschiedenen Gründen haben Vakuumpumpen mit Magnetfeldern zu kämpfen. Sie sind in unterschiedlichen Aspekten störend. Da einerseits Vakuumpumpen mit teilweise sehr hohen Drehzahlen laufen, bewirken auch schwache von extern eindringende Magnetfelder in rotierend bewegten Pumpkomponenten Wirbelströme, die zur Aufheizung der Komponenten führen und die bremsend wirken, so dass mit erhöhter Antriebsleistung reagiert werden muss. Andererseits ist wenigstens ein Lager der Pumpenwelle häufig als Permanentmagnetlager ausgebildet, um eine berührungsfreie und damit nicht kontaminierende Lagerung eines Wellenendes des Pumpenrotors zu ermöglichen. Solche Magnetlager weisen starke Magnete (Dauermagnete) auf, die intern und auch nach extern wirken und dort unerwünschte Wirkungen haben können, intern womöglich auch wieder die beschriebenen induktiven Effekte.

**[0003]** Es ist deshalb wünschenswert, den magnetischen Fluss sowohl von außen nach innen als auch von innen nach außen der Vakuumpumpe möglichst zu verringern oder zu unterbinden, also abzuschirmen.

**[0004]** Eine Pumpe der eingangs genannten Art ist aus der EP 3 034 881 A1 bekannt. Um eine Abschirmung der beschriebenen Art zu bewirken, wird dort eine Vakuumpumpe angegeben, die ein das herkömmliche Pumpengehäuse umgebende Schirmgehäuse aufweist. Eine Eigenschaft dieser Bauform ist es, dass das außen angebrachte Schirmgehäuse mechanisch vergleichsweise stabil sein und deshalb vergleichsweise kräftig ausgebildet werden muss. Es trägt deshalb zur Vergrößerung des Gesamtaufbaus bei.

**[0005]** Die EP 1 669 608 A2 beschreibt eine Vakuumpumpe, bei der ein Splitterschutz in der Öffnung des Ansaugflansches aus einem Material mit hoher relativer Permeabilität gefertigt wird, um eine magnetische Entkopplung zu bewirken. Eine Eigenschaft dieser Bauart ist es, dass die magnetische Abschirmung in radialer Richtung nicht stattfindet.

**[0006]** Die ältere Anmeldung EP 3 447 229 A1 beschreibt einen Einstellring zur axialen Ausrichtung eines Lagerabschnitts eines Lagers. Ein sich radial erstreckender Teil des Einstellrings kann als magnetische Abschirmung ausgebildet sein. Hier werden Bereiche der Öffnung in axialer Richtung abgedeckt, während in radialer Richtung keine Abschirmung vorgenommen wird.

**[0007]** Die EP 3 088 746 A1 beschreibt eine Vakuumpumpe, bei der die rotorseitige Lagerhälfte eines Permanentmagnetlagers von einer Hülse, die mit Stahl, Titan, und/oder einem Verbundwerkstoff gefertigt ist, eingefasst. Weitere Pumpen sind aus den Druckschriften US 2001/012488 A1, US 2013/129482 A1, JP 3119272 U

und JP H01190991 A bekannt.

**[0008]** Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vakuumpumpe anzugeben, die eine gute magnetische Abschirmung aufweist, die die Baugröße der Pumpe weitgehend unverändert lässt.

**[0009]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0010]** Angegeben wird eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Sie hat ein Gehäuse und darin liegende rotationsfähige pumpwirksame Komponenten. Sie weist eine Abschirmung von Magnetfeldern auf. Die Abschirmung hat eine relative Permeabilität von über 3.000 und liegt im Inneren des Gehäuses und überdeckt ein Permanentlager des Pumpenrotors in Umfangsrichtung betrachtet und/oder in axialer Richtung betrachtet ganz oder teilweise. Eine zusätzliche Abschirmung kann sogar den Pumpenrotor und den Pumpenstator in axialer und/oder radialer Richtung betrachtet ganz oder teilweise überdecken.

**[0011]** Dadurch, dass die Abschirmung im Inneren des Gehäuses vorgesehen ist, kann sie vergleichsweise filigran/dünn gebaut werden, da sie jedenfalls gegen äußere Einwirkung schon vom regulären Pumpengehäuse geschützt ist. Je nach Ausführungsform muss sie noch nicht einmal selbsttragend ausgebildet werden.

**[0012]** Je nach Anwendungsfall bzw. Pumpenbauart können dabei verschiedene Abschirmungsziele verfolgt werden. Eines ist es, die Einwirkung der Magnete des Magnetlagers nach außen zu reduzieren, indem das Magnetlager nach außen hinreichend abgeschirmt wird, indem seine Komponenten in radialer Richtung betrachtet ganz oder wenigstens teilweise (in axialer oder Umfangsrichtung gesehen) von einer Abschirmung überdeckt sind. Ein weiteres oder anderes Ziel kann es sein, die von außen auf das Innere der Pumpe einwirkenden Magnetfelder abzuschwächen, um die genannten induktiven Effekte (Wirbelstrom mit Wärmeentwicklung und Bremswirkung) zu verringern. Ein weiteres und/oder anderes Ziel kann es sein, die Wirkung des Magnetfelds des Magnetlagers pumpenintern auf die rotierenden Teile in der Pumpe zu verringern.

**[0013]** Abhängig davon, welche der genannten Ziele erreicht und verwirklicht werden sollen oder müssen, können verschiedene Einbauorte einer zusätzlichen innenliegenden Abschirmung gewählt werden. Allgemein gesprochen kann eine zusätzliche Abschirmung in radialer Richtung betrachtet innerhalb von Komponenten des Pumpenstators liegen, und/oder sie kann wieder in radialer Richtung betrachtet außerhalb des Pumpenrotors und außerhalb des Pumpenstators liegen.

**[0014]** Eine Möglichkeit ist es, eine zusätzliche Abschirmung hülsenartig an der Innenwand des Außengehäuses anzubringen, die in Umfangsrichtung um den Gehäuseinnenumfang mindestens teilweise und vorzugsweise vollständig umläuft und die in axialer Richtung soweit es als nötig angesehen wird, die innenliegenden Pumpenkomponenten (Magnetlager, Pumpenstator, Pumpenrotor, ...) ganz oder mindestens teilweise über-

deckt.

**[0015]** Bei dieser Anbringungsart kann die Abschirmung selbsttragend als stabile Hülse ausgebildet sein, die zu einem geeigneten Zeitpunkt bei der Herstellung der Pumpe in das Innere des Gehäuses eingeschoben wird. Die Außenoberfläche dieser Hülse kann form-schlüssig/komplementär zur Innenoberfläche des Gehäuses ausgebildet sein. Die Hülse kann im Bereich des Pumpeneinlasses auch einen nach radial innen gerichteten Kragen aufweisen. Es sind bei dieser Anbringungsart der Abschirmung aber auch Lösungen denkbar, dass eine nicht selbsttragende Abschirmung eingebracht wird, etwa eine folienartig ausgebildete Abschirmung, die wieder im gewünschten Überdeckungsgrad vorzusehen ist.

**[0016]** Es ist auch möglich, innenliegende und sowieso nötige Pumpenkomponenten magnetfeldabschirmend bzw. mit einem schirmenden Material auszubilden, etwa die Abstandsringe, die in axialer Richtung gestapelt werden, um zwischen sich Statorringe geeignet beabstandet zu halten. Auch eine womöglich vorgesehene äußere Stator-Holweck-Hülse kann mit einem schirmenden Material gebaut sein.

**[0017]** Es ist auch möglich, Abschirmungen sehr nahe an den Magneten des Magnetlagers vorzusehen, etwa unmittelbar an der Außenoberfläche der außenliegenden Magnetringe oder am Außenumfang oder Innenumfang eines die äußeren Magneten haltenden Trägerabschnitts. Schließlich ist es auch möglich, den Trägerabschnitt selbst magnetisch abschirmend aufzubauen.

**[0018]** Vorstehend und auch weiter unten wurden verschiedene Möglichkeiten der Anbringung von Abschirmungen beschrieben. Hierbei ist es denkbar, lediglich eine dieser Möglichkeiten zu wählen. Genauso ist es aber auch denkbar, nach Bedarf diese Möglichkeiten in geeigneter Weise miteinander zu kombinieren, um die magnetische Abschirmung in gewünschtem Umfang zu erhalten.

**[0019]** Schließlich ist es auch möglich, in axialer Richtung eine Abschirmung vorzunehmen, indem die Einlassöffnung des Pumpeneinlasses mit einem magnetfeld-schirmenden Material vergittert wird.

**[0020]** Die Abschirmung kann mehrlagig aufgebaut sein und kann insbesondere eine Trägerlage und eine Abschirmlage aufweisen. Die Trägerlage kann gewünschte Eigenschaften hinsichtlich mechanischer Stabilität, Widerstandsfähigkeit und Festigkeit aufweisen. Insbesondere kann die Trägerlage selbsttragend sein, also so, dass sie ein in sich selbst stabiler Formkörper ist, der separat in der gewünschten Form gehandhabt werden kann. Auf der Trägerlage kann die Abschirmlage aufgebracht und an ihr befestigt sein. Auch die Abschirmlage kann selbsttragend sein, muss es aber nicht, da sie von der Trägerlage getragen wird. Die Abschirmlage weist die nötigen Merkmale auf, um die gewünschte magnetische Abschirmung zu bewirken.

**[0021]** Die Abschirmung kann aber auch ein folienartig flexibles Material sein, das auch mehrlagig sein kann und wiederum eine Abschirmlage und eine Trägerlage auf-

weisen kann. Die Trägerlage kann ein Kunststoff oder ähnliches sein.

**[0022]** Die Abschirmung kann vorgefertigt sein und dann zu einem geeigneten Zeitpunkt in die zu fertigende Pumpe eingebaut werden. Sie kann Klebestellen oder Klebeflächen aufweisen, so dass sie verklebt werden kann.

**[0023]** Die Abschirmung bzw. die Abschirmlage weist vorzugsweise ein metallisches Material auf, das eine gewünschte magnetische Abschirmung bewirkt. Das Material kann eine metallische Legierung sein und überwiegend Nickel aufweisen, beispielsweise Mu-Metall, oder es kann eine Legierung mit überwiegend Kobalt (mindestens 30 Gew.-% Kobalt, vorzugsweise mindestens 50 Gew.-% Kobalt) sein, insbesondere Vitrovac®. Allgemein gesprochen ist das abschirmende Material ein Material einer hohen relativen magnetischen Permeabilität  $\mu_r$ .

**[0024]** Die relative magnetische Permeabilität liegt über 3000 und kann über 10.000 oder über 30.000 liegen.

**[0025]** Die Dicke der Abschirmung bzw. Abschirmlage kann - je nach Material und/oder Bedarf - von etwa 0,02mm bis mehrere Millimeter (z.B. 1 bis 10 mm bei Metall oder Stahl) oder gar mehrere Zentimeter (z.B. 1 bis 3 cm) betragen. Die Abschirmung kann mit den wählbaren Parametern (z.B. Material, Dicke) dazu ausgelegt sein, um eine Dämpfung der Magnetfelder auf unter 50% oder unter 25% oder unter 10% bewirken.

**[0026]** Vorzugsweise weist die Abschirmung bzw. die Abschirmlage auch eine hinreichende elektrische Leitfähigkeit auf. Sie beträgt vorzugsweise mindestens 1% der Leitfähigkeit von Kupfer. Sie kann aber auch höher sein und in einem Bereich von über 10% oder über 20% oder über 50% der Leitfähigkeit von Kupfer liegen.

**[0027]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- 40 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- 45 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,
- 50 Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- 55 Fig. 6 Einbaumöglichkeiten der Abschirmung, und

Fig. 7 eine Aufbaumöglichkeit der Abschirmung.

**[0028]** In den Fig. 1 bis 5 wird ein möglicher Aufbau einer Vakuumpumpe 111 beschrieben. Die Beschreibung erfolgt hier ohne die Darstellung der Abschirmung. Die Einbaumöglichkeiten der Abschirmung sind in Fig. 6 in Kombination gezeigt. Diese Möglichkeiten sind als mit den Merkmalen der Fig. 1 bis 5 kombinierbar zu verstehen. Fig. 7 zeigt den möglichen Aufbau einer Abschirmung, was wiederum als mit den Merkmalen der Fig. 6 und der Fig. 1 bis 5 kombinierbar zu verstehen ist.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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. 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.

**[0031]** 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, gebracht 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

**[0035]** In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

**[0036]** 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.

**[0037]** In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor (auch als "Pumpenrotor" angesprochen) 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

**[0038]** 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 (zusammen auch als "Pumpenstator 157" angesprochen). 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.

**[0039]** 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, 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.

**[0040]** 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.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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.

**[0044]** 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. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

**[0045]** 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.

**[0046]** Das Permanentmagnetlager 183 kann eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193 umfassen, 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, der umlaufend hülsenförmig ausgebildet sein kann und die Ringmagnete 195 radial außen hält und ggf. 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.

**[0047]** 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, da 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.

**[0048]** 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.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** Fig. 6 zeigt schematisiert und vereinfacht, was in ähnlicher Weise in Fig. 3 gezeigt wurde, jedoch mit Einbaumöglichkeiten der genannten Abschirmung. Die Abschirmungen der Fig. 6 sind mit den Bezugsziffern 601 bis 605 bezeichnet. Wie schon vorher erwähnt, kann eine einzelne dieser Abschirmungen vorgesehen sein, oder es können mehrere der Abschirmungen kombiniert miteinander vorgesehen sein.

**[0052]** Allgemein kann die Abschirmung als selbsttragendes Bauteil oder als nicht selbsttragendes Bauteil oder als Beschichtung ausgebildet sein. Es kann sich um ein geeignet geformtes flächensteifes Material handeln, bspw. ein Blech, oder um ein folienartiges Material oder um eine an den dargestellten Orten durch geeignete Verfahren aufgebraute Beschichtung. Bauteil oder Beschichtung sind mit dem gewünschten Material in der gewünschten Dicke gefertigt.

**[0053]** Mit 601 ist eine nicht erfinderische Abschirmung bezeichnet, die am Innenumfang des Gehäuses 119 anliegt. Sie kann eine selbsttragende stabile Hülse sein oder kann eine weniger stabile Struktur sein, die auf die Innenoberfläche des Gehäuses 119 aufgeklebt oder sonstwie geeignet befestigt ist. Sie kann, wie in Fig. 6 angedeutet, in axialer Richtung das Pumpeninnere weitgehend vollständig überdecken. Sie kann aber, wenn beispielsweise nur das Magnetlager abgeschirmt werden soll, auch (in axialer Richtung betrachtet) nur im Bereich des Magnetlagers vorgesehen sein.

**[0054]** Der Bedeckungsgrad des Magnetlagers mit der Abschirmung in axialer Richtung betrachtet kann eine Untergrenze von 80% seiner axialen Länge oder von 90% oder von 100% oder von 110% haben und/oder kann eine Obergrenze von 90% oder 95% oder 100%

oder 110% oder 120% oder 150% haben. In Umfangsrichtung läuft die Abschirmung 601 vorzugsweise vollständig um den Umfang um.

**[0055]** Die Abschirmung 601 kann eine stabile Hülse sein. Sie kann einen zylindrischen Teil aufweisen, der in Fig. 6 von unten nach oben verlaufend mit Bezugsziffer 601a bezeichnet ist. Sie kann weiterhin einen am einen axialen Ende des zylindrischen Teils 601a angesetzten radial verlaufenden Teil (Kragen) 601b aufweisen, der sich vom zylindrischen Teil 601a aus radial einwärts erstreckt und etwa noch den Flansch 113 der Pumpe innen überdeckt. Die radiale Erstreckung einwärts des Kragens 601b kann so weit sein, dass die Öffnung 115 der Pumpe im Wesentlichen unbedeckt bleibt. Es ist aber auch möglich, den Kragen 601b gitterartig weiter nach radial innen zu ziehen, so dass einerseits ein Splitterschutz entsteht und andererseits auch in axialer Richtung eine magnetische Abschirmung gegeben ist. In diesem Fall kann der Kragen 601b (nicht gezeigt) bis über die radial innere Grenze der Öffnung 115 hinaus nach innen laufen.

**[0056]** Die Fig. 6 zeigt schematisch die Pumpstufen von sich radial erstreckenden Stator- und Rotorelementen, die von der Abschirmung 601 überdeckt sind. Sie kann aber auch oder stattdessen noch so weit gezogen sein, dass sie auch eine Holweck-Statorhülse 167, 169 radial außen mit abdeckt.

**[0057]** Wenn eine Holweck-Hülse 167, 169 vorgesehen ist, kann diese aber auch selbst aus magnetfeldschirmendem Material hergestellt sein und dan in geeigneter Weise verbaut werden. Vorzugsweise wird dies dann mit der radial äußersten Holweck-Hülse gemacht, die in der Regel eine Statorhülse ist.

**[0058]** Fig. 6 zeigt als Option auch, dass Abstandsringe 159, 604 als Abschirmung gebaut werden können, indem sie aus einem geeigneten schirmenden Material hergestellt werden. In axialer Richtung betrachtet nehmen die Abstandsringe 159, 604 einen merklichen Anteil der Länge ein, in der Regel über 70% oder über 80%, so dass durch entsprechende Ausbildung dieser Ringe 70 bis 80% der Länge magnetisch abgeschirmt werden können. Da die Ringe auch eine gewisse Dicke haben, kann entsprechend der Dicke die Abschirmung gewünscht gestaltet werden.

**[0059]** Die bisher beschriebenen Abschirmungen 601 und 604 liegen weitgehend außerhalb der Stator- und Rotorkomponenten. Es ist aber erfindungsgemäß erforderlich, die Abschirmung radial betrachtet innerhalb von Rotorkomponenten vorzusehen. In Fig. 6 ist dies mit den Bezugsziffern 602, 603 und 605 gezeigt.

**[0060]** Bezugsziffer 201, 605 zeigt die Halterung für die radial außenliegenden Magnetringe 195 des Magnetlagers. In der Regel sind dies die Magnetringe der rotorseitigen Lagerhälfte, während die Ringe 197 der statorseitigen Lagerhälfte auf einem Zapfen radial innen sitzen. Die Verhältnisse können bei anderen Konstruktionen aber auch anders herum sein (also dass die statorseitige Lagerhälfte radial außen liegt).

**[0061]** In jedem Fall sind die radial außenliegenden

Magnetringe (195 in Fig. 6) durch eine geeignete Haltestruktur zu halten, die ihrerseits wieder weiter radial außen liegt. In der Regel ist sie hülsenförmig oder becherförmig aufgebaut und bildet einen Trägerabschnitt 201, der dann Teil der Rotorwelle 153 bildet.

**[0062]** Der Trägerabschnitt 201, 605 selbst kann in einer Variante der Erfindung aus einem schirmenden Material gefertigt sein und dann in geeigneter Weise mit der Welle 153 bzw. einem Statorteil verbunden sein, etwa durch Verschrauben oder ähnliches. Der Trägerabschnitt 201, 605 läuft vorzugsweise lückenlos um den Umfang der Lagermagnete um und überdeckt in axialer Richtung betrachtet die radial außenliegenden Magnetringe 195 sowie auch die radial innenliegenden Magnetringe 197 vorzugsweise vollständig. Am Boden des Bechers können auch Komponenten, die sich radial einwärts zur Achse 151 der Pumpe hin erstrecken, noch mit dem schirmenden Material ausgeführt sein. Nicht dargestellt ist in Fig. 6 eine Unterbrechung des Aufbaus der Welle 153 dahingehend, dass der Trägerabschnitt 201 letztlich ein anderes Bauteil sein kann als der Hauptteil der Welle 153 und mit diesem geeignet verbunden ist.

**[0063]** Sinngemäß gleiche Gedanken gelten, wenn der Rotorteil des Lagers radial innen liegt. Dann liegen die Statormagneten radial außen und werden von dem dazu radial außen liegenden Trägerabschnitt 201 gehalten, der mit statischen Teilen der Pumpe verbunden ist.

**[0064]** Weitere erfindungsgemässe Ausführungsformen des Einbaus der Abschirmung zeigen als Kombination die Bezugsziffern 602 und 603. Radial innen und/oder radial außen am (womöglich konventionell ausgebildeten) Trägerabschnitt 201 liegen Abschirmungen. Zur Überdeckung der abgeschirmten Komponenten, und zwar der Magneten des Magnetlagers gilt sinngemäß das Gleiche wie zur Überdeckung durch die Hülse 601 gesagt wurde.

**[0065]** Die innen und/oder außen am Trägerabschnitt 201 vorgesehenen Abschirmungen 603, 602 können selbst wieder selbsttragende Bauteile sein, die selbstständig hergestellt und gehandhabt werden können, oder es kann sich um nicht selbsttragende Teile handeln ähnlich einer Folie, wie dies schon zu Bezugszeichen 601 erläutert wurde.

**[0066]** Das Vorsehen der Abschirmung unmittelbar im Bereich des Magnetlagers (also Bezugsziffern 602, 603, 605) hat den Vorteil, dass wegen des kleinen Radius die schirmenden Strukturen umlaufend relativ klein sind, so dass dementsprechend auch Materialkosten für schirmende Materialien relativ gering bleiben. Darüber hinaus ist dann auch das Pumpeninnere gegenüber Auswirkungen der Magnetfelder des Magnetlagers abgeschirmt.

**[0067]** Die Abschirmung weist ein Material auf, das Magnetfelder in gewünschter Weise dämpft. Das Material hat eine vergleichsweise hohe relative magnetische Permeabilität und hat vorzugsweise hinreichend elektrische Leitfähigkeit. Die relative magnetische Permeabilität  $\mu_r$  ist größer als 3.000 und kann größer 10.000 oder größer 30.000 oder sogar größer als 100.000 sein. Die

elektrische Leitfähigkeit des schirmenden Materials ist mindestens 1% oder mindestens 10% oder mindestens 20% oder mindestens 50% die von Kupfer.

**[0068]** Wenn mehrere Abschirmungen (601 und/oder 602 und/oder 603 und/oder 604 und/oder 605) vorgesehen sind, können sie teils als selbsttragendes oder nicht selbsttragendes Bauteil und teils als Beschichtung ausgebildet sein. Sie können aber auch nur als selbsttragendes oder nicht selbsttragendes Bauteil oder nur als Beschichtung ausgebildet sein.

**[0069]** Das schirmende Material ist vorzugsweise ein metallisches Material oder weist wenigstens metallisches Material auf. Das metallische Material kann eine Legierung sein. Die Legierung kann überwiegend Nickel aufweisen und kann beispielsweise Mu-Metall sein, oder sie weist vergleichsweise viel Kobalt auf und weist vorzugsweise Vitrovac auf.

**[0070]** Implizit wurde bisher ein intern homogener Aufbau der Abschirmung 601 - 605 beschrieben. Tatsächlich kann dies auch der Fall sein, indem die Abschirmung homogen aus einem geeigneten Material gefertigt ist. Genauso gut ist es aber möglich, die Abschirmung als Kompositaufbau vorzusehen und insbesondere als ein Bauteil mit mehreren Lagen/Schichten auszubilden. Fig. 7 zeigt dies schematisch im Querschnitt. Gezeigt sind zwei Lagen, die eine Trägerlage 701 und eine Abschirmlage 702 aufweisen können. Die Trägerlage kann mechanisch stabil und reißfest und biegefest sein. Sie kann zu einer vorgeformten selbsttragenden Struktur formbar sein, um etwa Hülsen entsprechend 601, 602 oder 603 zu bilden.

**[0071]** Die Trägerlage kann aus einem metallischen Material bestehen, insbesondere einem Blech, das vergleichsweise dünn sein kann, beispielsweise dünner als 1 mm oder dünner als 500  $\mu\text{m}$ . Vorzugsweise weist die Trägerlage eine Dicke von weniger als 250  $\mu\text{m}$  auf, beispielsweise konkret eine Dicke von ca. 200  $\mu\text{m}$ . Es kann sich beispielsweise um Stahlblech handeln oder ein sonst geeignetes Blech. Die Trägerlage kann metallisch leitend sein.

**[0072]** Die Abschirmung 601 bis 605 bzw. die Abschirmschicht 702 kann eine Dicke von unter 2 mm oder unter 1 mm aufweisen. Sie kann auch unter 500  $\mu\text{m}$  oder unter 200  $\mu\text{m}$  oder unter 100  $\mu\text{m}$  oder unter 50  $\mu\text{m}$  Dicke liegen.

**[0073]** Auf der Trägerlage ist eine Abschirmlage 702 ausgebildet. Die Abschirmlage kann, muss aber nicht selbsttragend sein. Sie kann auch für sich alleine instabil oder nur gering biegebeständig sein und wird dann mechanisch im Wesentlichen von der Trägerlage 701 gehalten. Das Aufbringen der Abschirmlage 702 auf der Trägerlage 701 kann durch geeignete Prozessschritte erfolgen. Sie kann erfolgen, nachdem die Trägerlage 701 in die gewünschte Form gebracht wurde.

**[0074]** Es ist aber möglich, die Trägerlage 701 nicht selbsttragend auszubilden. Sie weist dann noch eine gewisse Reißfestigkeit auf, um ein womöglich sprödes Material der Abschirmlage beieinander halten zu können.

Sie kann bspw. eine Trägerfolie eines darauf ausgebildeten abschirmenden Materials sein.

**[0075]** Das Befestigen der Abschirmlage 702 auf der Trägerlage 701 kann beispielsweise durch Verkleben erfolgen. Der Klebstoff kann als eigene (in Fig. 7 nicht gezeigte) Lage/Schicht erkennbar sein. Auch die Anbringung der Abschirmung gemäß Fig. 7 in der Pumpe kann durch Verkleben erfolgen, so dass an einer der freien Oberflächen, z. B. an der freien Oberfläche der Trägerlage 701, eine Klebeschicht vorgesehen sein kann. Sie kann punktuell oder flächendeckend vorgesehen sein.

**[0076]** Die Fig. 6 zeigt die vorwiegend in radialer Richtung wirkenden Abschirmungen 601 bis 605. Es kann darüber hinaus eine in axialer Richtung nach oben wirkende Abschirmung der Öffnung 115 vorgesehen sein. Sie kann gitterförmig ausgebildet sein, um den Durchtritt des durch die Pumpe abzusaugenden Gases zu gestatten. Die Abschirmung kann dann gitterförmig über der Öffnung 115 liegen. Wie schon gesagt, kann sie als Baueinheit mit beispielsweise der hülsenförmigen Abschirmung 601 ausgebildet sein. Sie kann aber auch separat anbringbar und montierbar sein oder kann in Baueinheit mit einer der Abschirmungen 602, 603 oder 605 vorgesehen sein. Sie kann auch als Baueinheit mit dem obersten Abstandshalter 159, 604 ausgebildet sein.

**[0077]** Der zweilagige Aufbau der Fig. 7 bzw. allgemein ein mehrlagiger Aufbau kann in allen Abschirmungen 601 bis 605 gewählt sein. Die Abstandsringe 604 können mehrere Lagen in Form mehrerer in radialer Richtung verschachtelter Ringe aufweisen. Die Abschirmlage 701 kann dann radial innerhalb oder radial außerhalb der Trägerlage 702 liegen.

**[0078]** Merkmale, die in dieser Beschreibung und in den Patentansprüchen dargestellt sind, sollen auch dann als miteinander kombinierbar verstanden werden, soweit die Kombination durch die Patentansprüche gestützt ist.

#### Bezugszeichenliste

##### **[0079]**

111	Vakuumpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Elektromotor
127	Anschlüsse
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschlüsse
141	untere Seite
143	Schrauben

145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrungen
148	Kühlmittelleitung
149	Pumpenrotor
5 151	Rotorachse
153	Rotorwelle
155	Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
10 161	Rotornabe
163, 165	Holweck-Rotorhülse
167, 169	Holweck-Statorhülse
171	Spalt
173, 175	Holweckspalt
15 179	Verbindungskanal
181	Wälzlager
183	Permanentmagnetlager
185	Spritzmutter
187	Scheiben
20 191	rotorseitige Lagerhälfte
193	statorseitige Lagerhälfte
195, 197	Ringmagnete
203	Trägerabschnitt
207	Deckelelement
25 211	Befestigungsring
213	Tellerfeder
215	Fanglager
217	Motorstator
219	Zwischenraum
30 221	Wandung
223	Labyrinthdichtung
601 - 605	Abschirmung
701	Trägerlage
702	Abschirmlage

35

#### **Patentansprüche**

##### **1. Vakuumpumpe mit**

40

einem Gehäuse (119),  
 einem Pumpenrotor (149, 163, 165) mit einer Rotorwelle (153) im Gehäuse (119),  
 einem Pumpenstator (157, 167, 169) im Gehäuse (119), der relativ zum Pumpenrotor (149) pumpwirksam angeordnet ist,  
 einem Pumpeneinlass (115) im Bereich eines Endes der Rotorwelle (153),  
 einem Permanentmagnetlager (183) für die Rotorwelle (153) im Bereich des Pumpeneinlasses (115),  
 einer Abschirmung (602 - 603) von Magnetfeldern,  
 wobei die Abschirmung (602 - 603) im Inneren des Gehäuses (119) vorgesehen ist und in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung betrachtet das Permanentmagnetlager (183) ganz oder teilweise überdeckt,

50

55

- wobei das Permanentmagnetlager (183) eine mit dem Pumpenstator (157) verbundenen statorseitige Lagerhälfte (193) mit Statormagneten (197) und eine mit dem Pumpenrotor (149) verbundenen rotorseitige Lagerhälfte (191) mit Rotormagneten (195) aufweist, die radial außerhalb der statorseitigen Lagerhälfte (193) liegt, wobei die Rotormagneten (195) von einer radial außen liegenden hülsenförmigen Trägerabschnitt (201, 605) gehalten werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trägerabschnitt (201, 605) aus einem die Abschirmung bildenden Material einer relativen magnetischen Permeabilität von über 3.000 gefertigt ist und/oder wobei die Abschirmung (602, 603) von einer an der Außenoberfläche und/oder der Innenoberfläche des Trägerabschnitts (201) anliegenden Hülse oder Folie aus einem die Abschirmung bildenden Material einer relativen magnetischen Permeabilität von über 3.000 gefertigt ist.
2. Pumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zusätzliche Abschirmung den Pumpenrotor (149) und den Pumpenstator (157) in axialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung ganz oder teilweise überdeckt.
  3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschirmung (602, 603) in radialer Richtung betrachtet innerhalb von Komponenten des Pumpenstators (157) liegt.
  4. Pumpe nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zusätzliche Abschirmung (601) in radialer Richtung betrachtet außerhalb des Pumpenrotors (149) und außerhalb des Pumpenstators (157) angebracht ist und insbesondere an der Innenwand des Gehäuses (119) anliegt.
  5. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschirmung (601 - 603) eine Hülse mit einem zylindrischen Hülsenbereich (601a) aufweist und insbesondere einen am Hülsenbereich (601a) angeetzten Kragenbereich (601b) aufweist, der sich radial einwärts erstreckt und der am pumpeneinlassseitigen Ende der Hülse liegt.
  6. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenstator (157) in axialer Richtung gestapelt Statorscheiben (157) und Abstandsringe (159, 604) aufweist, wobei die Abstandsringe (159, 604) ein die Abschirmung bildendes Material aufweisen.
  7. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Holweck-Statorhülse (167, 169) aufweist und eine zusätzliche Abschirmung radial außerhalb derselben ausgebildet ist oder die Holweckhülse selbst aus einem magnetfeldschirmenden Material gefertigt ist.
  8. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlass die Öffnung des Pumpeneinlasses (115) ein Gitter aufweist, das ein magnetfeldschirmendes Material aufweist.
  9. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschirmung (601 - 605) eine Folie oder ein flächensteifes Material aufweist, die bzw. das mehrlagig mit einer Trägerlage (701) und einer Abschirmlage (702) ausgebildet ist und die bzw. das insbesondere eine vorab aufgebraute Klebeschicht aufweist.
  10. Pumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerlage (701) ferromagnetischen Stahl und/oder Kupfer und/oder Aluminium aufweist.
  11. Pumpe nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerlage (701) selbsttragend ist und die Abschirmungslage (702) auf die Trägerlage (701) aufgebracht ist und von ihr getragen wird.
  12. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschirmung (601 - 605) ein metallisches Material aufweist, das insbesondere eine Legierung mit überwiegend Nickel, insbesondere Mu-Metall und/oder eine Legierung mit überwiegend Kobalt aufweist und/oder das ein Material mit einer hohen relativen magnetischen Permeabilität ( $\mu_r$ ) aufweist, die über 10.000 oder über 30.000 oder über 100.000 liegt.
  13. Pumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abschirmung (601 - 605) ein elektrisch leitfähiges Material aufweist, dessen spezifische elektrische Leitfähigkeit mindestens 1% oder mindestens 10%

oder mindestens 20% oder mindestens 50% der Leitfähigkeit von Kupfer beträgt.

## Claims

### 1. A vacuum pump comprising

a housing (119),  
 a pump rotor (149, 163, 165) having a rotor shaft (153) in the housing (119),  
 a pump stator (157, 167, 169) in the housing (119) that is arranged in a pump-active manner relative to the pump rotor (149),  
 a pump inlet (115) in the region of one end of the rotor shaft (153),  
 a permanent magnet bearing (183) for the rotor shaft (153) in the region of the pump inlet (115),  
 a shield (602 - 603) against magnetic fields, wherein the shield (602 - 603) is provided in the interior of the housing (119) and completely or partly covers the permanent magnet bearing (183), viewed in the axial direction and/or in the peripheral direction,  
 wherein the permanent magnet bearing (183) has a stator-side bearing half (193), which is connected to the pump stator (157) and which has stator magnets (197), and a rotor-side bearing half (191) which is connected to the pump rotor (149), which has rotor magnets (195) and which is disposed radially outside the stator-side bearing half (193), wherein the rotor magnets (195) are held by a radially outwardly disposed sleeve-shaped support section (201, 605),  
**characterized in that**  
 the support section (201, 605) is produced from a material forming the shield and having a relative magnetic permeability of more than 3,000, and/or  
 wherein the shield (602, 603) is produced from a sleeve or a foil composed of a material forming the shield and having a relative magnetic permeability of more than 3,000, said sleeve or foil contacting the outer surface and/or the inner surface of the support section (201).

### 2. A pump in accordance with claim 2,

#### **characterized in that**

an additional shield completely or partly covers the pump rotor (149) and the pump stator (157) in the axial direction and/or in the peripheral direction.

### 3. A pump in accordance with claim 1 or claim 2,

#### **characterized in that**

the shield (602, 603) is disposed within components of the pump stator (157), viewed in the radial direction.

### 4. A pump in accordance with claim 1, claim 2, or claim 3,

#### **characterized in that**

an additional shield (601) is attached outside the pump rotor (149) and outside the pump stator (157), viewed in the radial direction, and in particular contacts the inner wall of the housing (119).

### 5. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

#### **characterized in that**

the shield (601 - 603) has a sleeve having a cylindrical sleeve region (601a) and in particular has a collar region (601b) which is attached to the sleeve region (601a), which extends radially inwardly and which is disposed at the end of the sleeve at the pump inlet side.

### 6. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

#### **characterized in that**

the pump stator (157) has stator disks (157) and spacer rings (159, 604) stacked in the axial direction, with the spacer rings (159, 604) having a material forming the shield.

### 7. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

#### **characterized in that**

it has a Holweck stator sleeve (167, 169) and an additional shield is formed radially outside said Holweck stator sleeve (167, 169) or the Holweck sleeve itself is produced from a magnetic field shielding material.

### 8. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

#### **characterized in that**

the inlet opening of the pump inlet (115) has a grid which has a magnetic field shielding material.

### 9. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

#### **characterized in that**

the shield (601 - 605) has a foil or a surface-stiff material which is formed in multiple layers with a support layer (701) and a shielding layer (702) and which in particular has a pre-applied adhesive layer.

### 10. A pump in accordance with claim 9,

#### **characterized in that**

the support layer (701) comprises ferromagnetic steel and/or copper and/or aluminum.

### 11. A pump in accordance with claim 9 or claim 10,

**characterized in that** the support layer (701) is self-supporting and the shielding layer (702) is applied to and carried by the support layer (701).

12. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

**characterized in that**

the shield (601 - 605) has a metallic material which in particular has an alloy comprising predominantly nickel, in particular mu-metal, and/or an alloy comprising predominantly cobalt and/or which has a material having a high relative magnetic permeability ( $\mu_r$ ) which is greater than 10,000 or than 30,000 or than 100,000.

13. A pump in accordance with at least one of the preceding claims,

**characterized in that**

the shield (601 - 605) has an electrically conductive material whose specific electrical conductivity amounts to at least 1% or at least 10% or at least 20% or at least 50% of the conductivity of copper.

**Revendications**

1. Pompe à vide comprenant

un boîtier (119),

un rotor de pompe (149, 163, 165) ayant un arbre de rotor (153) dans le boîtier (119),

un stator de pompe (157, 167, 169) dans le boîtier (119), qui est disposé de façon active en pompage par rapport au rotor de pompe (149), une entrée de pompe (115) dans la zone d'une extrémité de l'arbre de rotor (153),

un palier à aimant permanent (183) pour l'arbre de rotor (153) dans la zone de l'entrée de pompe (115),

un blindage (601 - 605) contre les champs magnétiques, dans lequel

le blindage (601 - 605) est prévu à l'intérieur du boîtier (119) et, vu dans la direction axiale et/ou dans la direction circonférentielle, recouvre entièrement ou partiellement le palier à aimant permanent (183),

le palier à aimant permanent (183) comprend une moitié de palier côté stator (193), reliée au stator de pompe (157) et comportant des aimants de stator (197), et une moitié de palier côté rotor (191), reliée au rotor de pompe (149) et comportant des aimants de rotor (195), qui est située radialement à l'extérieur de la moitié de palier côté stator (193), les aimants de rotor (195) étant maintenus par une portion de support (201, 605) en forme de manchon située radialement à l'extérieur,

**caractérisée en ce que**

la portion de support (201, 605) est fabriquée en un matériau à perméabilité magnétique relative de plus de 3000, formant le blindage,

et/ou

le blindage (602, 603) est réalisé par un manchon ou une feuille qui s'appuie contre la surface extérieure et/ou contre la surface intérieure de la portion de support (201), en un matériau à perméabilité magnétique relative de plus de 3000, formant le blindage.

2. Pompe selon la revendication 1,

**caractérisée en ce que**

un blindage supplémentaire recouvre entièrement ou partiellement le rotor de pompe (149) et le stator de pompe (157) dans la direction axiale et/ou dans la direction circonférentielle.

3. Pompe selon la revendication 1 ou 2,

**caractérisée en ce que** le blindage (602, 603), vu dans la direction radiale, se trouve à l'intérieur de composants du stator de pompe (157).

4. Pompe selon la revendication 1, 2 ou 3,

**caractérisée en ce que**

le blindage supplémentaire (601), vu dans la direction radiale, est monté à l'extérieur du rotor de pompe (149) et à l'extérieur du stator de pompe (157) et s'appuie en particulier contre la paroi intérieure du boîtier (119).

5. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,

**caractérisée en ce que**

le blindage (601-603) comprend un manchon avec une partie de manchon cylindrique (601a) et en particulier une partie de collerette (601b) qui est rapportée à la partie de manchon (601a), qui s'étend radialement vers l'intérieur et qui est située à l'extrémité côté entrée de pompe du manchon.

6. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,

**caractérisée en ce que**

le stator de pompe (157) comprend des disques de stator (157) et des bagues d'espacement (159, 604), empilés dans la direction axiale, les bagues d'espacement (159, 604) comprenant un matériau formant le blindage.

7. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,

**caractérisée en ce que**

elle comprend un manchon de stator Holweck (167, 169), et

il est prévu un blindage supplémentaire radialement à l'extérieur de celui-ci, ou le manchon Holweck lui-même est fabriqué en un matériau de blindage contre les champs magnétiques.

8. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,  
**caractérisée en ce que**  
 l'ouverture de l'entrée de pompe (115) comprend une grille comprenant un matériau de blindage contre les champs magnétiques. 5
9. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,  
**caractérisée en ce que** 10  
 le blindage (601 - 605) comprend une feuille ou un matériau à surface rigide qui est formé(e) en plusieurs couches avec une couche de support (701) et une couche de blindage (702) et qui comprend une couche adhésive appliquée au préalable. 15
10. Pompe selon la revendication 9,  
**caractérisée en ce que**  
 la couche de support (701) comprend de l'acier ferromagnétique et/ou du cuivre et/ou de l'aluminium. 20
11. Pompe selon la revendication 9 ou 10,  
**caractérisée en ce que**  
 la couche de support (701) est autoportante et la couche de blindage (702) est appliquée sur la couche de support (701) et est supportée par celle-ci. 25
12. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes,  
**caractérisée en ce que** 30  
 le blindage (601 - 605) comprend un matériau métallique qui comprend en particulier un alliage à prédominance de nickel, en particulier de mu-métal et/ou un alliage à prédominance de cobalt, et/ou qui comprend un matériau à perméabilité magnétique relative ( $\mu_r$ ) élevée, qui est supérieure à 10 000 ou supérieure à 30 000 ou supérieure à 100 000. 35
13. Pompe selon l'une au moins des revendications précédentes, 40  
**caractérisée en ce que**  
 le blindage (601 - 605) comprend un matériau électriquement conducteur dont la conductivité électrique spécifique est d'au moins 1 % ou d'au moins 10 % ou d'au moins 20 % ou d'au moins 50 % de la conductivité du cuivre. 45

50

55

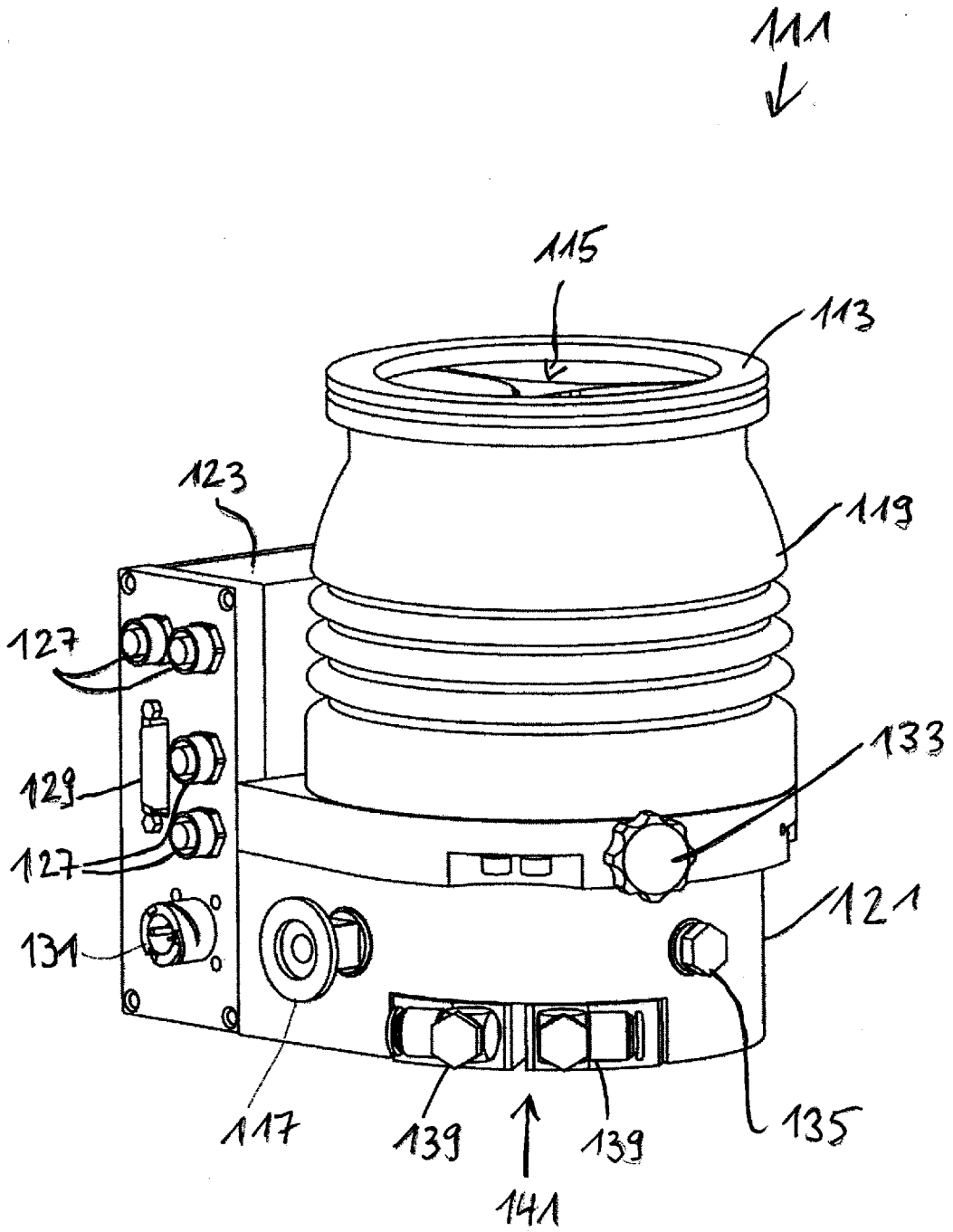


Fig. 1



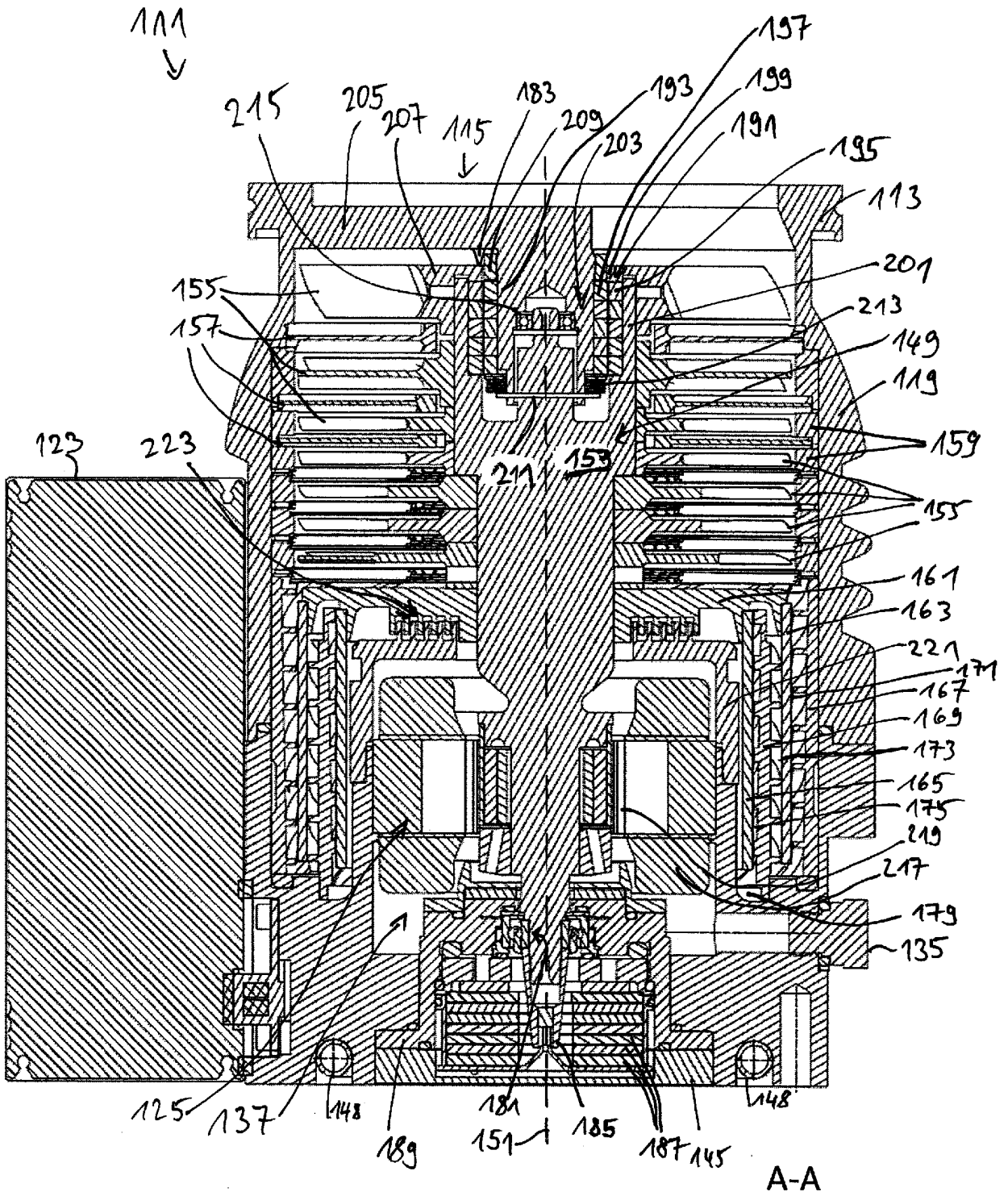


Fig. 3

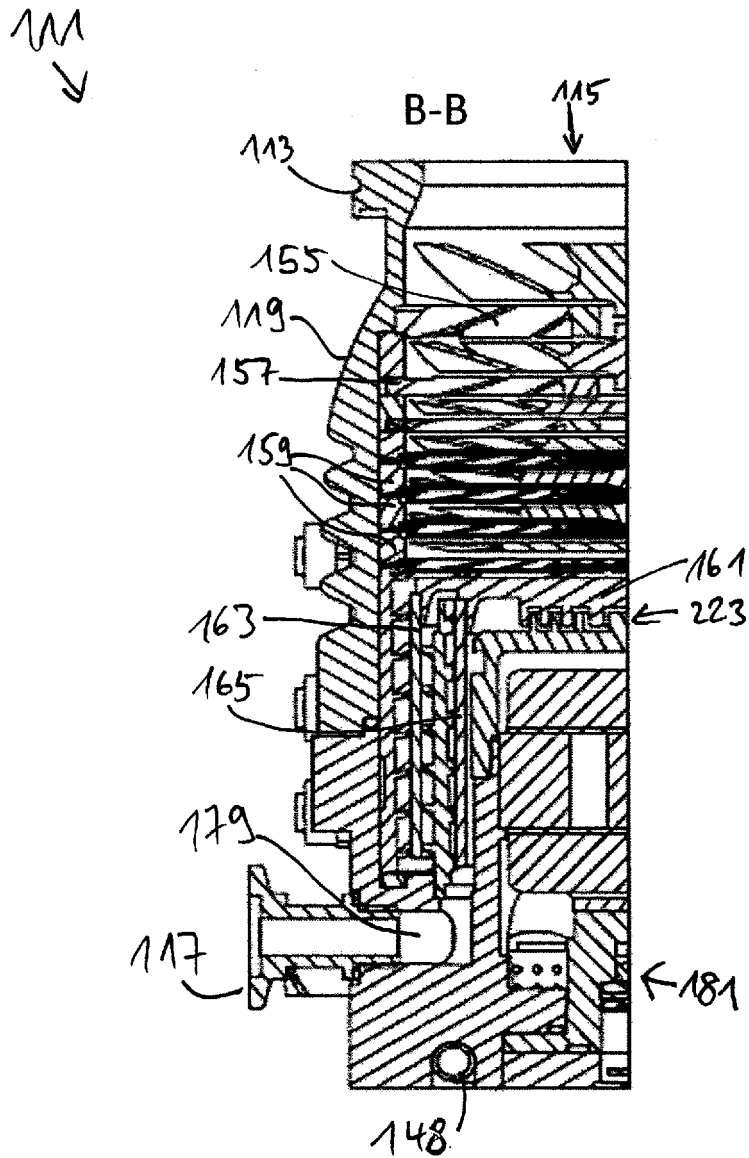


Fig. 4

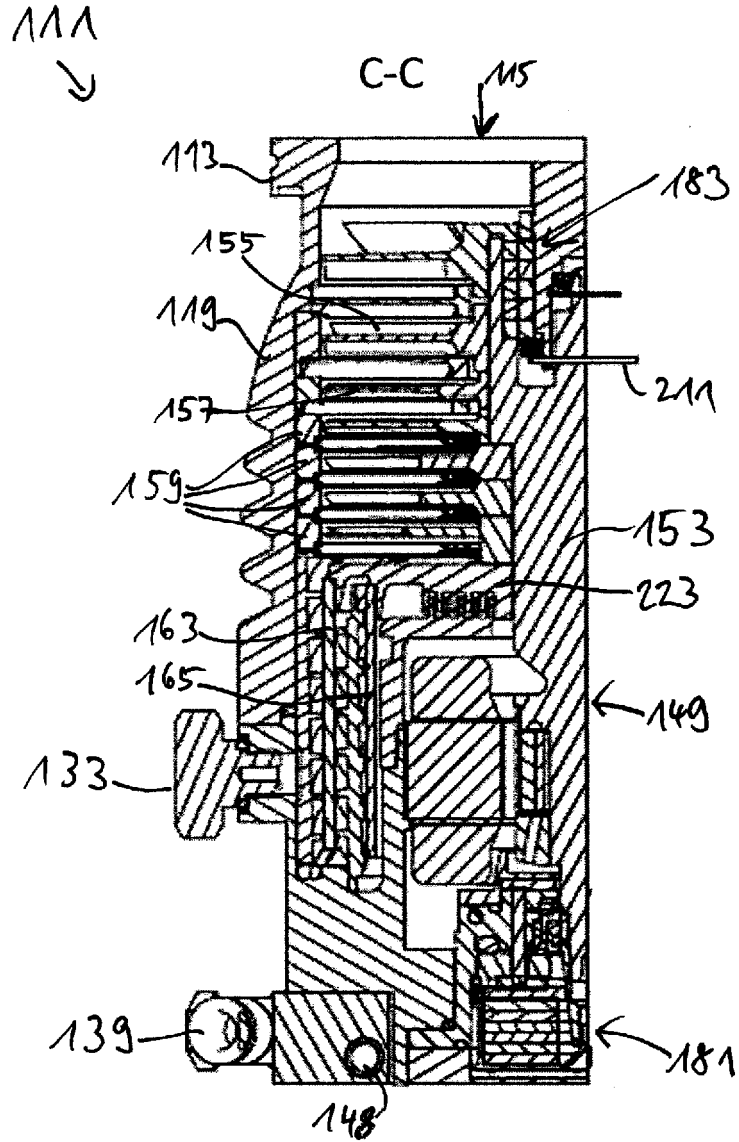


Fig. 5

Fig.6

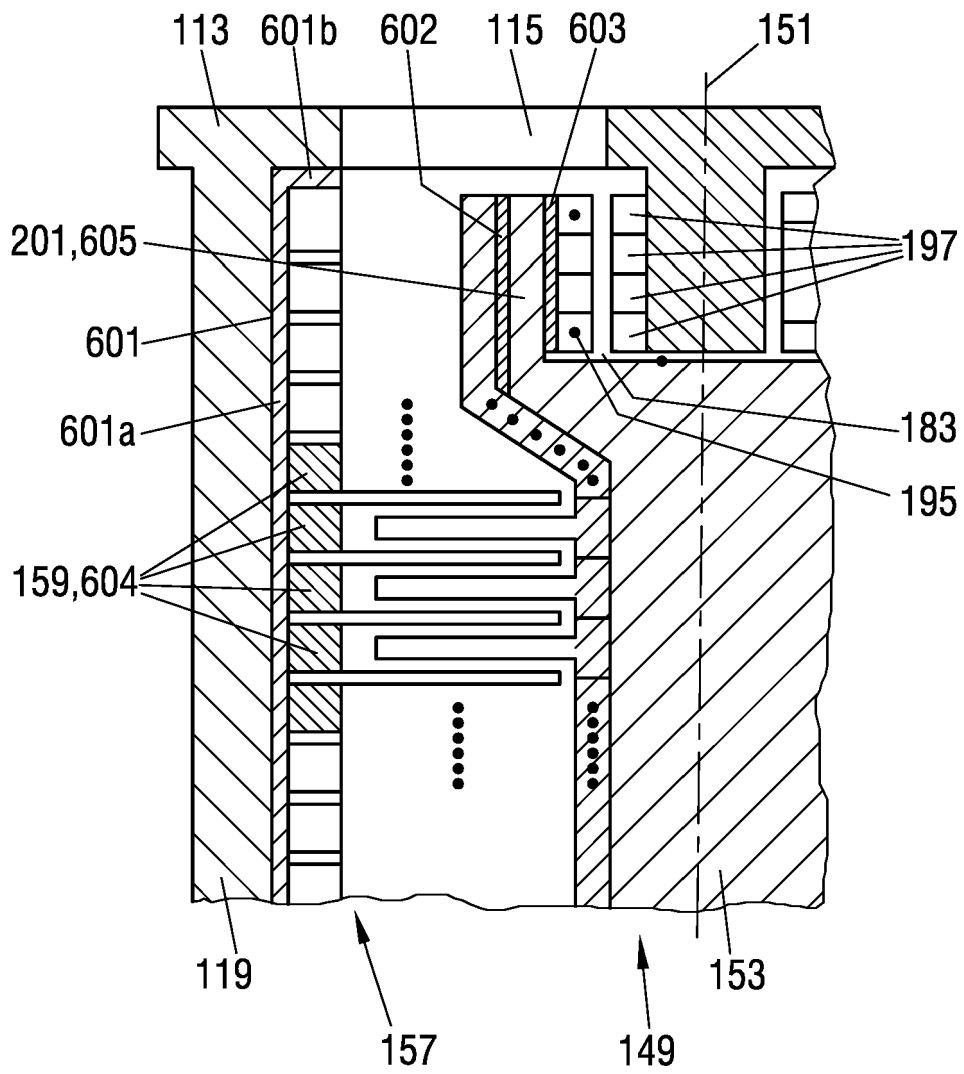
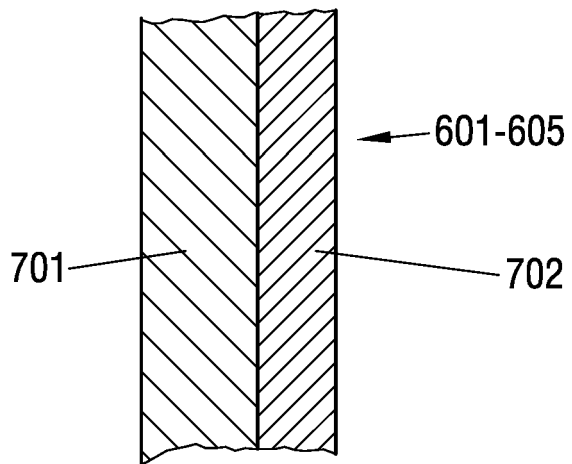


Fig.7



**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 3034881 A1 [0004]
- EP 1669608 A2 [0005]
- EP 3447229 A1 [0006]
- EP 3088746 A1 [0007]
- US 2001012488 A1 [0007]
- US 2013129482 A1 [0007]
- JP 3119272 U [0007]
- JP H01190991 A [0007]