

(19)



(11)

**EP 3 564 538 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.04.2021 Patentblatt 2021/14**

(51) Int Cl.:  
**F04D 29/52** (2006.01)      **F04D 19/04** (2006.01)  
**F04D 29/40** (2006.01)      **F04D 29/02** (2006.01)  
**F04D 29/60** (2006.01)      **H01J 49/24** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19158341.8**

(22) Anmeldetag: **20.02.2019**

**(54) VAKUUMSYSTEM UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SOLCHEN**

VACUUM SYSTEM AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

SYSTÈME À VIDE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN TEL SYSTÈME 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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.11.2019 Patentblatt 2019/45**

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

(72) Erfinder:  
 • **HOFFMANN, Jan**  
**35305 Grünberg (DE)**

• **SCHWEIGHÖFER, Michael**  
**35641 Schöffengrund (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 3 067 565**      **EP-A1- 3 296 571**  
**DE-A1-102007 027 352**      **DE-A1-102014 213 942**  
**US-A1- 2018 163 732**      **US-B1- 6 182 851**  
**US-B1- 6 336 356**

**EP 3 564 538 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Vakuumsystem, insbesondere Massenspektrometriesystem, umfassend eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekular- und/oder Splitflow-Vakuumpumpe, mit einem Pumpenrotor, der in einem Rotorgehäuse angeordnet ist, und eine mittels der Vakuumpumpe evakuierbare Vakuunkammer, die von einem Kammergehäuse umgeben ist.

**[0002]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Vakuumsystems, insbesondere Massenspektrometriesystems, wobei das Vakuumsystem eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekular- und/oder Splitflow-Vakuumpumpe, mit einem Pumpenrotor, der in einem Rotorgehäuse angeordnet ist, und eine mittels der Vakuumpumpe evakuierbare Vakuunkammer, die von einem Kammergehäuse umgeben ist, umfasst.

**[0003]** Bei aktuellen Auslegungen von Mehrkammer-Vakuumsystemen stellt sich die Frage, wie eine Splitflow-Pumpe am besten mit der oder den Vakuunkammern verbunden werden kann. Bauraum, Anzahl der Bauteile, Herstellkosten, Prüfaufwand, Abmessungen und auch Gewicht, letzteres insbesondere im Hinblick auf Transport, stellen hier wichtige Entscheidungsgrößen im Zuge der Optimierung dar. Es ist grundsätzlich bekannt, eine Splitflowpumpe mit einem als Strangpressteil ausgebildeten Rotorgehäuse auszustatten, so etwa in der US 2018/0163732 A1 offenbart, welches wenigstens einen Verbindungsflansch zum Anschluss eines Kammergehäuses einer Vakuunkammer aufweist. Man spricht hierbei auch von einer Box-Type-Pumpe. Die meisten Anlagen sind einfach aufgebaut. Beispielsweise wird eine Pumpe als Box-Type an ein Mehrkammer-Gehäuse geschraubt. Dabei sind zahlreiche Verbindungsflächen abzudichten.

**[0004]** Die US 6,336,356 B1 offenbart eine Vakuumpumpe mit einem gemeinsamen Gehäuse für zwei Vakuumpumpen. Die US 6,182,851 B1 offenbart eine durch Strangpressen hergestellte Vakuunkammer. Die DE 10 2007 027 352 A1 offenbart ein Vakuumsystem mit einem einteiligen Gehäusekörper, der ein Rotorgehäuse und ein Kammergehäuse bildet.

**[0005]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Herstellung und/oder Montage eines Vakuumsystems der eingangs genannten Art zu vereinfachen und/oder die hiermit verbundenen Kosten zu reduzieren.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Vakuumsystem nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass das Rotorgehäuse und das Kammergehäuse einteilig von einem Gehäusekörper gebildet sind, und wobei der Gehäusekörper ein Strangpressteil ist.

**[0007]** Der erfindungsgemäße Gehäusekörper ist besonders einfach und kostengünstig herzustellen und Rotor- und Kammergehäuse brauchen nicht separat hergestellt und dann aufwendig verbunden und abgedichtet zu werden. Hierdurch lässt sich nicht nur der Montageauf-

wand reduzieren. Auch müssen für Rotorgehäuse und Kammergehäuse nicht wie im Stand der Technik separate Leckagetests durchgeführt werden.

**[0008]** Zudem lassen sich dünne Wandstärken im Verbindungsbereich zwischen Rotorgehäuse und Kammergehäuse realisieren, wohingegen eine bekannte Flanschverbindung zwischen den beiden einen großen Bauraum einnimmt. Anders ausgedrückt lassen sich durch die Erfindung der Pumpenrotor und die Vakuunkammer bzw. hierin angeordnete Funktionselemente nah beieinander anordnen. Generell sind im Verbindungsbereich dünne Wandstärken möglich, was den nötigen Bauraum weiter verkleinert. Insbesondere ist die Größe der Kammer nun weitgehend unabhängig von der Größe des Pumpenrotors und/oder von der Größe einer Flanschverbindung. Die Kammer lässt sich somit beispielsweise besonders klein und nah beim Pumpenrotor ausbilden, so dass das zu evakuierende Volumen und die zur Evakuierung nötige Abpumpezeit entsprechend klein sind. Grundsätzlich kann das Kammergehäuse aber somit auch größer und/oder breiter ausgeführt werden als das Rotorgehäuse. Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass sich die Kammer zumindest bereichsweise um den Pumpenrotor herum erstreckt.

**[0009]** Nicht zuletzt bietet die Erfindung auch eine hohe Prozesssicherheit sowie besonders geringen Materialauschuss und somit wiederum Kostenvorteile.

**[0010]** Zum Zwecke etwaiger separater Beanspruchung zu einem späteren Zeitpunkt wird hiermit zur Lösung der Aufgabe ferner ein Vakuumsystem offenbart, insbesondere Massenspektrometriesystem, umfassend eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekular- und/oder Splitflow-Vakuumpumpe, mit einem Pumpenrotor, der in einem Rotorgehäuse angeordnet ist, und eine Vakuunkammer, die von einem Kammergehäuse umgeben ist, wobei das Rotorgehäuse und das Kammergehäuse einteilig von einem Gehäusekörper gebildet sind, und wobei der Gehäusekörper als ein Profilbauteil, Zylinderkörper und/oder ein Strangpressteil ausgebildet ist. Der Begriff "Zylinder" beschränkt sich hierin nicht auf einen Kreiszyylinder. Insbesondere weist das Profilbauteil eine Profillachse, der Zylinderkörper eine Zylinderachse und/oder das Strangpressteil eine Strangachse auf, die parallel zum Pumpenrotor verläuft.

**[0011]** Insbesondere kann der Gehäusekörper als Doppelstrangpressprofil ausgebildet sein und/oder wenigstens zwei Teilstränge aufweisen, von denen einer das Rotorgehäuse und ein anderer das Kammergehäuse bildet. Grundsätzlich ist es auch denkbar, mehr als zwei Teilstränge vorzusehen. So können beispielsweise auch wenigstens zwei Kammern um den Pumpenrotor herum versetzt angeordnet sein.

**[0012]** Insoweit sich hier auf eine radiale, axiale oder Querrichtung bezogen wird, beziehen sich diese Begriffe auf den Pumpenrotor und/oder eine Strang- oder Profillachse des Gehäusekörpers, wobei Pumpenrotor und Strang- bzw. Profillachse insbesondere parallel zueinander ausgerichtet sind.

**[0013]** Insbesondere ist vorgesehen, dass im Gehäusekörper eine Öffnung zwischen Pumpenrotor und Vakuumkammer ausgebildet ist. Durch die Öffnung kann die Vakuumkammer abgepumpt werden. Diese Öffnung kann auch als Port bezeichnet werden, da sie die Verbindung zwischen Vakuumkammer und Pumpenrotor herstellt. Der Port ist somit im Gehäusekörper integriert.

**[0014]** Der Gehäusekörper kann insbesondere wenigstens zwei parallel ausgerichtete, zylindrische Hohlräume aufweisen, wobei bevorzugt der Pumpenrotor in einem ersten der Hohlräume angeordnet ist und die Vakuumkammer in einem zweiten der Hohlräume gebildet ist. Die Hohlräume können insbesondere in parallel ausgerichteten Teilsträngen und/oder Teilprofilen des Gehäusekörpers ausgebildet sein. Der Gehäusekörper kann beispielsweise auch einen dritten zylindrischen Hohlraum umfassen, insbesondere wobei im dritten zylindrischen Hohlraum ein weiterer Pumpenrotor und/oder eine weitere Vakuumkammer vorgesehen ist bzw. sind. Grundsätzlich können beispielsweise zwei Pumpenrotoren in getrennten zylindrischen Hohlräumen, insbesondere im ersten und dritten zylindrischen Hohlraum, vorgesehen sein, mittels denen gemeinsam wenigstens eine Vakuumkammer, insbesondere im zweiten zylindrischen Hohlraum, evakuiert werden kann. So kann für die Vakuumkammer ein besonders hohes Saugvermögen bereitgestellt werden. Grundsätzlich kann auch ein Pumpenrotor zwei in getrennten zylindrischen Hohlräumen vorgesehene Vakuumkammern evakuieren. Grundsätzlich kann der Gehäusekörper auch mehr als drei parallel ausgerichtete zylindrische Hohlräume umfassen.

**[0015]** Bei einer Ausführungsform ist der Pumpenrotor im Rotorgehäuse eingesteckt angeordnet. Dies ermöglicht eine besonders einfache Montage des Systems. Außerdem lässt sich somit die Pumpe warten, ohne die Vakuumkammer und hierin vorhandene Funktionselemente zu beeinflussen. Insbesondere ist der Rotor unmittelbar in das Rotorgehäuse eingesteckt, d.h. es ist insbesondere keine Zwischenhülle zwischen Pumpenrotor und Rotorgehäuse vorgesehen. Im Fall einer Turbomolekularpumpe können aber beispielsweise auch Statorscheiben und gegebenenfalls Distanzstücke für die Statorscheiben mit eingesteckt sein. Insbesondere ist der Pumpenrotor also höchstens durch Statorscheiben und gegebenenfalls Distanzhülsen von einer Innenwand des Rotorgehäuses getrennt. Grundsätzlich kann aber alternativ auch eine zusätzliche Hülle für den Rotor und gegebenenfalls Statorscheiben vorgesehen sein. Grundsätzlich kann ein Lagerelement, insbesondere zusammen mit einem hierfür vorgesehen Träger, insbesondere einem sogenannten Stern, in das Rotorgehäuse eingesteckt sein.

**[0016]** Bei einer weiteren Ausführungsform weist die Pumpe ein Pumpenbasiselement auf, welches am Gehäusekörper befestigt ist, insbesondere mittels wenigstens eines Befestigungselements. Beispielsweise kann das Pumpenbasiselement mit dem Gehäusekörper verschraubt sein. Bei einem weiteren Beispiel kann das

Pumpenbasiselement am Gehäusekörper durch Schrauben befestigt sein, die in den Gehäusekörper eingeschraubt sind. Das Pumpenbasiselement kann beispielsweise einen Antrieb, eine Steuerung und/oder eine Lagerung für den Pumpenrotor umfassen.

**[0017]** Gemäß einer Weiterbildung weist der Gehäusekörper wenigstens einen Vorsprung, insbesondere Befestigungsvorsprung auf, an dem irgendein Funktionsteil, insbesondere das Pumpenbasiselement befestigt sein kann. Hierdurch kann das Funktionsteil bzw. Pumpenbasiselement auf besonders einfache und zuverlässige Weise befestigt werden. Insbesondere kann der Vorsprung am Rotorgehäuse ausgebildet, insbesondere angeformt und/oder einteilig mit diesem ausgebildet, sein. Beispielsweise kann der Vorsprung radial und/oder quer zur Rotorachse vorspringend ausgebildet sein. Bevorzugt erstreckt sich der Vorsprung mit im Wesentlichen konstanten Querschnitt und/oder entlang der gesamten axialen Länge des Rotorgehäuses, des Kammergehäuses und/oder des Gehäusekörpers. Der Vorsprung kann z.B. als in axialer Richtung erstreckte Materialsäule ausgebildet sein.

**[0018]** Beispielsweise kann das Pumpenbasiselement mittels wenigstens einer Befestigungsschraube in den Vorsprung eingeschraubt sein. Bevorzugt weist das Pumpenbasiselement wenigstens einen zum Vorsprung am Gehäusekörper korrespondierenden Befestigungsvorsprung, beispielsweise mit Durchgangsbohrungen, auf.

**[0019]** Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass in der Vakuumkammer ein Funktionselement angeordnet ist, wobei bevorzugt der Gehäusekörper, insbesondere das Kammergehäuse, eine Montageöffnung für das Funktionselement aufweisen kann. Hierdurch kann das Funktionselement auf besonders einfache Weise in die Vakuumkammer eingebracht werden. Das Funktionselement kann, insbesondere in einem Massenspektrometrysystem, beispielsweise eine Ionenoptik, ein Quadrupol oder ähnliches sein. Die Montageöffnung kann insbesondere quer und/oder radial angeordnet sein, was ein besonders einfaches Einbauen des Funktionselements ermöglicht. Grundsätzlich kann die Montageöffnung auch als Axialöffnung ausgebildet sein. Insbesondere kann auch eine Öffnung im axialen Ende des Gehäusekörpers bzw. Strangpressprofils, insbesondere die Öffnung eines die Vakuumkammer definierenden zylindrischen Hohlraumes, als Montageöffnung verwendet werden. Im Stand der Technik war es häufig nötig, das Funktionselement durch den offenen Port in die Vakuumkammer einzubringen, wobei dann die Befestigung des Funktionselements an einer vom Port abgewandten Seite stattfinden musste, die aber vom Kammergehäuse weitgehend versperrt war. Daher war die Montage mühsam oder erforderte ein besonderes Montagesystem. Bei der vorliegenden Ausführungsform kann das Funktionselement hingegen beispielsweise einfach an einem Träger, insbesondere einem Deckel, befestigt sein, welcher bei der Montageöffnung angebracht wird, insbesondere

die Montageöffnung überspannt. Die Befestigung des Funktionselements am Träger oder Deckel kann außerhalb des Systems, insbesondere in einer ergonomischen Arbeitsumgebung erfolgen. Der Deckel braucht anschließend lediglich zur Abdeckung der Montageöffnung befestigt zu werden. Die Befestigung kann dabei bevorzugt durch von außen betätigbare Schrauben erfolgen, so dass sie für den Monteur einfach durchführbar ist. Generell ist der Gehäusekörper in einem die Montageöffnung einfassenden Bereich bevorzugt bearbeitet und weist insbesondere eine geringe Rauigkeit auf, damit eine Abdichtung effektiv erfolgen kann.

**[0020]** Das Vakuumsystem kann gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wenigstens eine zweite Vakuumkammer aufweisen, die bevorzugt ebenfalls in dem Gehäusekörper, insbesondere im gleichen Teilstrang wie die erste Vakuumkammer und/oder wie der Pumpenrotor, gebildet ist. Somit lässt sich auf einfache Weise ein Mehrkammersystem realisieren. Die Vakuumkammern können beispielsweise axial hintereinander angeordnet und parallel zum Pumpenrotor ausgerichtet sein und/oder durch denselben zylindrischen Hohlraum des Strangpressteils gebildet sein. Grundsätzlich kann eine oder die Vakuumkammer auch in axialer Verlängerung des Rotorgehäuses und/oder im selben zylindrischen Hohlraum wie der Pumpenrotor angeordnet sein.

**[0021]** Die Vakuumkammer kann beispielsweise in Bezug auf den Pumpenrotor radial und/oder axial benachbart zu diesem angeordnet sein. Insbesondere kann sowohl eine Vakuumkammer radial benachbart als auch eine Vakuumkammer axial benachbart angeordnet sein. Dies ermöglicht eine platzsparende Konstruktion. Weiterhin vorteilhaft, insbesondere in Bezug auf erreichbaren Bauraum, kann die zum Pumpenrotor axial benachbarte Vakuumkammer zumindest teilweise von einem zylindrischen Hohlraum gebildet sein, der auch den Pumpenrotor beinhaltet. Insbesondere kann also beispielsweise eine Vakuumkammer in einer Fortsetzung eines Rotorgehäusestranges ausgebildet sein. Die axial benachbarte Vakuumkammer kann bevorzugt aber zusätzlich von einem Strang bzw. zylindrischen Hohlraum des Kammergehäuses gebildet sein, wobei beispielsweise eine Durchgangsöffnung zwischen der Fortsetzung des Rotorgehäuses und dem Kammergehäuse vorgesehen sein kann.

**[0022]** Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass zwei Teilstränge des Gehäusekörpers und/oder ein zylindrischer Hohlraum für den Pumpenrotor und ein zylindrischer Hohlraum für die Vakuumkammer durch einen gemeinsamen, insbesondere einteiligen, Deckel verschlossen sind. Hierdurch wird die Montage weiter vereinfacht. Insbesondere können das Kammergehäuse und das Rotorgehäuse axial durch einen gemeinsamen, insbesondere einteiligen, Deckel verschlossen sein. Der Deckel kann beispielsweise als Platte ausgebildet sein, beispielsweise auf einer einem Pumpenbasiselement abgewandten Seite. Der Deckel kann aber auch an dem Pumpenbasiselement angeordnet und/oder angeformt

sein.

**[0023]** Allgemein können Rotorgehäuse und Kammergehäuse beispielsweise axial auf gleicher Höhe abschließen oder auch nicht, was sowohl für ein Niederdruckende als auch für ein Druckende, wie etwa ein Vorvakuumende, des Systems gilt.

**[0024]** Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass das Rotorgehäuse und das Kammergehäuse und/oder hierin jeweils vorgesehene zylindrische Hohlräume in ihren Querschnittsflächen, bevorzugt deutlich, unterschiedlich groß sind, beispielsweise mit wenigstens 20%, insbesondere wenigstens 40%, insbesondere wenigstens 60% Größenunterschied. Die Querschnittsfläche erstreckt sich dabei insbesondere senkrecht zur Rotorachse. Beispielsweise kann ein relativ großer Pumpenrotor mit einer relativ kleinen Vakuumkammer verwendet werden und umgekehrt. Somit lässt sich das Vakuumsystem besonders einfach bedarfsgerecht auslegen, ohne dass ein zwischengeschalteter Verbindungsflansch die Größen vorgibt oder zumindest beeinflusst.

**[0025]** Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren nach dem unabhängigen Verfahrensanspruch gelöst, und zwar insbesondere dadurch, dass das Rotorgehäuse und das Kammergehäuse einteilig von einem Gehäusekörper gebildet werden, der durch Strangpressen hergestellt wird.

**[0026]** Grundsätzlich ist nach dem Strangpressen eine, insbesondere spanende, Bearbeitung möglich, beispielsweise um Öffnungen und/oder Anlage- und/oder Dichtflächen auszubilden.

**[0027]** Der Gehäusekörper kann beispielsweise als Doppelstrangpressprofil mit wenigstens zwei Teilsträngen ausgebildet sein, insbesondere jeweils einem für das Rotorgehäuse und für das Kammergehäuse. Allgemein wird der Gehäusekörper bevorzugt mit einer gemeinsamen Matrize für die Teilstränge stranggepresst.

**[0028]** Bei einer Ausführungsform mit einfacher Montage wird der Pumpenrotor in das Rotorgehäuse eingesteckt.

**[0029]** Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass eine Öffnung, insbesondere Montageöffnung, in den Gehäusekörper, insbesondere in das Kammergehäuse, eingebracht wird, wobei insbesondere ein Funktionselement durch diese Öffnung hindurch in die Vakuumkammer eingebracht wird. Die Öffnung kann beispielsweise nach außen gerichtet sein, also beispielsweise eine Montage eines Funktionselements von außen ermöglichen. Die Montage eines Funktionselements ist grundsätzlich beispielsweise auch durch eine Öffnung zwischen Vakuumkammer und Pumpenrotor denkbar, insbesondere bevor der Pumpenrotor eingesteckt ist.

**[0030]** Ein weiteres Beispiel sieht vor, dass eine das Innere des Rotorgehäuses, insbesondere den Pumpenrotor, mit der Vakuumkammer verbindende Öffnung in den Gehäusekörper eingebracht wird.

**[0031]** Generell können Öffnungen beispielsweise mittels eines hintergreifenden Spanwerkzeugs, insbesondere eines T-Nutenfräasers, auf einfache Weise einge-

bracht werden. Beispielsweise wird hierfür das Spanwerkzeug axial in das Rotorgehäuse, insbesondere in einen zylindrischen Hohlraum für den Pumpenrotor, und/oder das Kammergehäuse, insbesondere in einen zylindrischen Hohlraum für die Vakuumkammer, eingeführt und, insbesondere anschließend, in Querrichtung gegen das zu spanende Material zugestellt.

**[0032]** Die hierin beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale des Vakuumsystems können entsprechend zur Weiterbildung des beschriebenen Verfahrens herangezogen werden und umgekehrt.

**[0033]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, zum Teil 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,

Fig. 6 einen gemeinsamen Gehäusekörper für ein Rotorgehäuse und ein Kammergehäuse einer Splitflow-Vakuumpumpe in perspektivischer Ansicht,

Fig. 7 eine weitere Ausführungsform eines Gehäusekörpers in einer Seitenansicht,

**[0034]** Fig. 8 bis 11 verschiedene Ausführungsformen eines Vakuumsystems.

**[0035]** 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.

**[0036]** 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 Elektro-

gehäuse 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.

**[0037]** 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.

**[0038]** 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.

**[0039]** 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.

**[0040]** An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

**[0041]** In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

**[0042]** 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.

**[0043]** In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

**[0044]** 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.

**[0045]** 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.

**[0046]** Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

**[0047]** Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außerdem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Dadurch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

**[0048]** Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 weisen je-

weils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

**[0049]** Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

**[0050]** Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

**[0051]** 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 größeren 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.

**[0052]** Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den

Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

**[0053]** 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.

**[0054]** 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.

**[0055]** 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.

**[0056]** 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.

**[0057]** Die vorstehend beschriebene Turbomolekular-Vakuumpumpe weist genau einen Einlass für eine Vakuumkammer auf, nämlich am Einlassflansch 113. Nachfolgend werden Beispiele von Vakuumpumpen mit meh-

rerer Einlässe für mehrere Vakuumkammern, sogenannte Splitflow-Vakuumpumpen, beschrieben. Es versteht sich, dass der generelle Aufbau der vorstehend beschriebenen Turbomolekularpumpe und auch beliebige Detailmerkmale zur Konstruktion der in den weiteren Figuren lediglich schematisch gezeigten Splitflow-Vakuumpumpen herangezogen werden können.

**[0058]** In Fig. 6 ist ein einstückig ausgebildeter Gehäusekörper 20 gezeigt, welcher als Strangpressteil ausgebildet ist und zwei parallel ausgerichtete Teilstränge 22 und 24 aufweist, welche ein Rotorgehäuse 26 bzw. ein Kammergehäuse 28 bilden. Die Teilstränge 22 und 24 weisen jeweils einen zylindrischen Hohlraum 30 bzw. 32 auf. Der zylindrische Hohlraum 30 ist zur Aufnahme eines hier nicht dargestellten Pumpenrotors vorgesehen, wohingegen der zylindrische Hohlraum 32 wenigstens eine, bevorzugt mehrere Vakuumkammern bildet.

**[0059]** In Fig. 7 ist ein weiterer Gehäusekörper 20 in einer Seitenansicht derart gezeigt, dass die Blickrichtung durch zwei zylindrische Hohlräume 30 und 32 hindurch verläuft. Wiederum bildet der zylindrische Hohlraum 30 einen Aufnahmeraum für einen nicht dargestellten Pumpenrotor, während der zylindrische Hohlraum 32 mehrere Vakuumkammern bildet.

**[0060]** Der Gehäusekörper 20 der Fig. 7 weist ebenfalls ein Rotorgehäuse 26 sowie ein Kammergehäuse 28 auf. Diese sind einstückig miteinander verbunden und als gemeinsames Strangpressteil ausgeführt. Dabei verläuft der gepresste Strang in die Bildebene hinein.

**[0061]** Der zylindrische Hohlraum 30 für den Pumpenrotor ist in diesem Ausführungsbeispiel kreiszylindrisch ausgebildet. Seine endgültige Form und Oberflächengüte der Innenwand kann beispielsweise auch spanend ausgebildet sein, wobei beim Strangpressen bevorzugt bereits ein entsprechender zylindrischer Hohlraum vorgesehen ist.

**[0062]** Bei beiden Ausführungsformen der Fig. 6 und 7 weist der Gehäusekörper 20 mehrere in Querrichtung vorspringende Vorsprünge 34 auf, an denen zum Beispiel ein Pumpenbasiselement, welches hier nicht gezeigt ist, befestigt, insbesondere festgeschraubt werden kann. Wiederum in beiden Ausführungsformen sind beispielhaft drei solcher Vorsprünge 34 vorgesehen. Die Vorsprünge 34, in welcher Zahl auch immer, können zum Beispiel gleichmäßig über den Umfang des Rotorgehäuses 26 oder auch, wie hier, ungleichmäßig verteilt an diesem angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich können ähnliche Vorsprünge am Kammergehäuse 28 angeordnet sein. Die Vorsprünge 34 erstrecken sich bevorzugt wie in Fig. 6 sichtbar über die gesamte Länge des Gehäusekörpers 20.

**[0063]** Mit den Vorsprüngen 34 sind hier zusätzliche Funktionsstrukturen im Strangpressteil, also dem Gehäusekörper 20, realisiert. Diese können mit nur geringen Zusatzkosten vorgesehen werden. In ähnlicher Weise können auch andere Funktionsstrukturen vorgesehen werden, wie etwa Ausnehmungen oder Nuten, z.B. als Kabelkanäle, oder Temperierungsstrukturen, wie etwa

Rippen oder Fluidleitungen.

**[0064]** Im Kammergehäuse 28 sind bevorzugt Montageöffnungen vorgesehen, damit hier nicht dargestellte Funktionselemente in die Vakuumkanern besonders einfach eingebracht werden können. Beispielsweise kann eine Montageöffnung in Querrichtung ausgerichtet sein, was in Fig. 7 einer Richtung entlang der Bildebene entspricht. Mit Bezug auf Fig. 7 kann eine Montageöffnung beispielsweise an der oberen, der rechten und/oder der unteren Wand des Kammergehäuses 28 vorgesehen sein. In Fig. 8 sind zwei Montageöffnungen 36 sichtbar, die hier beispielhaft in einer vom Rotorgehäuse 26 abgewandten Wand des Kammergehäuses 28 angeordnet sind.

**[0065]** Grundsätzlich können Funktionselemente aber beispielsweise auch durch eine axiale Öffnung eingebracht werden, wie beispielsweise durch die in Fig. 7 mit den Hohlräumen 30 und 32 sichtbaren axialen Öffnungen des Gehäusekörpers 20.

**[0066]** In der zwischen den beiden Hohlräumen 30 und 32 vorgesehenen Wand des Strangpressprofils bzw. des Gehäusekörpers 20 sind bevorzugt ebenfalls mehrere Öffnungen angeordnet, welche in axialer Richtung, in Fig. 7 also in Richtung in die Bildebene hinein, beabstandet sind. Diese Öffnungen bilden mehrere Ports zwischen dem Pumpenrotor und einer jeweils zugeordneten Vakuumkammer.

**[0067]** In Fig. 8 ist ein Vakuumsystem 40 gezeigt, welches mehrere Vakuumkanern 42 aufweist, die an jeweilige Ports einer Splitflow-Vakuumpumpe 44 angeschlossen sind. Die Ports sind durch Öffnungen 46 zwischen einem Pumpenrotor 48 der Splitflow-Vakuumpumpe 44 und den Vakuumkanern 42 realisiert.

**[0068]** Die Vakuumkanern 42 sind durch Wände 50 axial voneinander getrennt, aber in diesem Beispiel durch kleine Öffnungen in den Wänden 50 so miteinander verbunden, dass ein kleiner Fluidstrom dennoch möglich ist. Für jede der Vakuumkanern 42 ist eine Montageöffnung 36 für Funktionselemente vorgesehen, wobei je nach Anwendungsfall auch mehrere Montageöffnungen 36 für eine Vakuumkammer vorgesehen sein können und/oder eine Vakuumkammer keine gesonderte Montageöffnung in Querrichtung aufweist, sondern beispielsweise durch eine axiale Öffnung mit einem Funktionselement bestückt wird.

**[0069]** Der Pumpenrotor 48 umfasst in diesem Beispiel zwei beabstandete Turbostufen 52 sowie eine Holweck-Stufe 54. Abgesehen von der in Fig. 8 oberen Öffnung 46 sind die Öffnungen 46 jeweils zwischen beabstandeten Pumpstufen des Pumpenrotors 48 angeordnet.

**[0070]** Der Pumpenrotor 48 ist in einem Rotorgehäuse 26 eingesteckt angeordnet. Die Vakuumkanern 42 sind in einem Kammergehäuse 28 ausgebildet. Rotorgehäuse 26 und Kammergehäuse 28 sind durch einen gemeinsamen Gehäusekörper 20 gebildet, der durch Strangpressen hergestellt ist.

**[0071]** Die Öffnungen 46 sind in einer Wand des Gehäusekörpers 20 zwischen den Vakuumkanern 42 und

dem Pumpenrotor 48 vorgesehen. Die Öffnungen können beispielsweise durch ein hintergreifendes Spanwerkzeug, beispielsweise einen T-Nutenfräser, in das Strangpressprofil eingebracht werden. Beispielsweise kann das Spanwerkzeug hierfür axial, in Fig. 8 von oben nach unten oder von unten nach oben, in das Rotorgehäuse 26 und/oder das Kammergehäuse 28 eingefahren werden und dann in Richtung der Wand zugestellt werden. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, die Öffnungen 36 als Zugang für ein Spanwerkzeug zu verwenden, um die Öffnungen 46 einzubringen.

**[0072]** Ein Pumpenbasiselement 56 ist am in Fig. 8 unteren axialen Ende des Gehäusekörpers 20 angeordnet und in hier nicht näher dargestellter Weise am Gehäusekörper 20 befestigt, beispielsweise an Vorsprüngen 34, wie sie in den Fig. 6 und 7 gezeigt sind. Das Pumpenbasiselement 56 umfasst einen Antrieb und eine Lagerung für den Pumpenrotor 48. Am dem Pumpenbasiselement 56 gegenüberliegenden Ende des Pumpenrotors 48 ist dieser bevorzugt ebenfalls gelagert, beispielsweise über einen im Rotorgehäuse 26 abgestützten Träger, insbesondere einen sogenannten Stern, und beispielsweise mittels eines Magnetlagers.

**[0073]** In einem dem Pumpenbasiselement 56 entsprechenden Axialbereich ist benachbart zum Pumpenbasiselement 56 und in Verlängerung der Vakuumkanern 42 in diesem Beispiel keine Vakuumkammer, sondern ein anderweitiger Funktionsabschnitt 58 vorgesehen, der beispielsweise eine Steuerung für die in die Vakuumkanern 42 eingebrachten Funktionselemente oder beispielsweise auch eine Steuerung für die Vakuumpumpe 44 umfassen kann. Alternativ könnte die in Fig. 8 untere Vakuumkammer 42 aber auch in den axialen Bereich des Pumpenbasiselements 56 hineinragen.

**[0074]** Das Pumpenbasiselement 56 und der Funktionsabschnitt 58 sind hier an einem druckseitigen Ende des Vakuumsystems 40 angeordnet. Am Niederdruckende, in Fig. 8 oben, ist das Kammergehäuse 28 länger ausgebildet als das Rotorgehäuse 26. Der freie Axialabschnitt in Verlängerung der Rotorgehäuses 26 kann beispielsweise nach dem Strangpressen des Gehäusekörpers 20 spanend entfernt sein, da er in dieser Ausführungsform nicht verwendet wird.

**[0075]** Gleichwohl kann ein von der Vakuumpumpe 44 und/oder dem Pumpenrotor 48 nicht eingenommener Axialbereich anderweitig genutzt werden, beispielsweise um den gesamten Bauraum optimal auszunutzen. So illustriert Fig. 9 ein Beispiel, bei dem im das Rotorgehäuse 26 bildenden Teilstrang 22 eine Vakuumkammer 42, beispielsweise mit darin angeordneten Funktionselementen, vorgesehen ist. Die im Teilstrang 22 angeordnete Vakuumkammer 42 ist in diesem Beispiel durch Öffnungen mit einem Einlassbereich der Vakuumpumpe 44 und mit einer benachbarten, im anderen Teilstrang 24 angeordneten Vakuumkammer 42 verbunden.

**[0076]** Die Vakuumpumpe 44 umfasst in diesem Beispiel eine Turbostufe 52 und eine kombinierte Pumpstufe 60 mit Turbo- und Holweckeinheiten.

**[0077]** Die Vakuumpumpe 44 umfasst einen Auslassanschluss, insbesondere Vorvakuumanschluss 62. Am selben Druckniveau ist eine Öffnung 64 zu einer weiteren Vakuumkammer 42 vorgesehen. Die Öffnung 64 ist in diesem Beispiel ebenfalls im Strangpressprofil bzw. dem Gehäusekörper 20 eingebracht.

**[0078]** Die Teilstränge 22 und 24 sind durch einen gemeinsamen Deckel 66 verschlossen. In dieser Ausführungsform verschließt der Deckel 66 axial nur die Vakuumkammern 42. Der Deckel 66 kann aber bei axial gemeinsam endenden Rotor- und Kammergehäusen 26, 28 auch diese beiden verschließen.

**[0079]** Die Fig. 10 zeigt ein Vakuumsystem 40, welches im inneren Aufbau beispielsweise zumindest teilweise demjenigen der Fig. 9 entsprechen kann. Während in Fig. 9 die Teilstränge im Betrieb senkrecht ausgerichtet, sind generell auch eine horizontale Anordnung, z.B. gemäß Fig. 10, und andere Anordnungen möglich.

**[0080]** In Fig. 11 ist ein beispielhaftes, als Massenspektrometriesystem ausgebildetes Vakuumsystem 40 mit zwei Vakuumkammern 42 gezeigt. Eine in Fig. 11 obere, niederdruckseitige, der Vakuumkammern 42 ist sowohl im Teilstrang 22 als auch im Teilstrang 24 gebildet, wobei eine Öffnung 46 die in den Teilsträngen angeordneten Teilbereiche der Vakuumkammer 42 verbindet. In einer ersten Vakuumkammer 42 ist ein erster Quadrupol 68 angeordnet, wobei die erste Vakuumkammer 42 mit einem Zwischeneinlass der Vakuumpumpe 44 verbunden ist. In einer zweiten, der niederdruckseitigen Vakuumkammer 42 ist ein zweiter Quadrupol 70 angeordnet. Ein zu analysierender Ionenstrom verläuft zunächst durch den ersten und anschließend durch den zweiten Quadrupol 68, 70, wobei eine nicht dargestellte Umlenkeinrichtung für den Ionenstrom zwischen den Quadrupolen vorgesehen ist. Nach Passage des zweiten Quadrupols 70 trifft der Ionenstrom auf einen Detektor 72. Die Quadrupole und der Detektor 72 bilden Funktionselemente in den Vakuumkammern 42.

### **Bezugszeichenliste**

#### **[0081]**

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  
 5 148 Kühlmittelleitung  
 149 Rotor  
 151 Rotationsachse  
 153 Rotorwelle  
 155 Rotorscheibe  
 10 157 Statorscheibe  
 159 Abstandsring  
 161 Rotornabe  
 163 Holweck-Rotorhülse  
 15 165 Holweck-Rotorhülse  
 167 Holweck-Statorhülse  
 169 Holweck-Statorhülse  
 171 Holweck-Spalt  
 173 Holweck-Spalt  
 20 175 Holweck-Spalt  
 179 Verbindungskanal  
 181 Wälzlager  
 183 Permanentmagnetlager  
 185 Spritzmutter  
 25 187 Scheibe  
 189 Einsatz  
 191 rotorseitige Lagerhälfte  
 193 statorseitige Lagerhälfte  
 195 Ringmagnet  
 30 197 Ringmagnet  
 199 Lagerspalt  
 201 Trägerabschnitt  
 203 Trägerabschnitt  
 205 radiale Strebe  
 35 207 Deckelelement  
 209 Stützring  
 211 Befestigungsring  
 213 Tellerfeder  
 215 Not- bzw. Fanglager  
 40 217 Motorstator  
 219 Zwischenraum  
 221 Wandung  
 223 Labyrinthdichtung  
 20 Gehäusekörper  
 45 22 Teilstrang  
 24 Teilstrang  
 26 Rotorgehäuse  
 28 Kammergehäuse  
 30 zylindrischer Hohlraum  
 50 32 zylindrischer Hohlraum  
 34 Vorsprung  
 36 Montageöffnung  
 40 Vakuumsystem  
 42 Vakuumkammer  
 55 44 Splitflow-Vakuumpumpe  
 46 Öffnung  
 48 Pumpenrotor  
 50 Wand

52	Turbostufe
54	Holweck-Stufe
56	Pumpenbasiselement
58	Funktionsabschnitt
60	kombinierte Pumpstufe
62	Vorvakuumanschluss
64	Öffnung
66	Deckel
68	Quadrupol
70	Quadrupol
72	Detektor

### Patentansprüche

1. Vakuumsystem (40), insbesondere Massenspektrometrysystem, umfassend:

eine Vakuumpumpe (44), insbesondere Turbomolekular- und/oder Splitflow-Vakuumpumpe, mit einem Pumpenrotor (48), der in einem Rotorgehäuse (26) angeordnet ist, und eine mittels der Vakuumpumpe evakuierbare Vakuumkammer (42), die von einem Kammergehäuse (28) umgeben ist, wobei das Rotorgehäuse (26) und das Kammergehäuse (28) einteilig von einem Gehäusekörper (20) gebildet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehäusekörper (20) ein Strangpressteil ist.

2. Vakuumsystem (40) nach Anspruch 1, wobei im Gehäusekörper (20) eine Öffnung (46) zwischen Pumpenrotor (48) und Vakuumkammer (42) ausgebildet ist.

3. Vakuumsystem (40) nach Anspruch 1 oder 2, wobei im Gehäusekörper (20) wenigstens zwei parallel ausgerichtete, zylindrische, insbesondere kreiszylindrische, Hohlräume (30, 32) ausgebildet sind, wobei der Pumpenrotor (30) in einem ersten der Hohlräume (30) angeordnet ist und die Vakuumkammer (42) in einem zweiten der Hohlräume (32) gebildet ist, insbesondere wobei der Gehäusekörper einen dritten zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen, Hohlraum umfasst, wobei im dritten zylindrischen Hohlraum ein weiterer Pumpenrotor und/oder eine weitere Vakuumkammer vorgesehen ist.

4. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Pumpenrotor (48) im Rotorgehäuse (26) eingesteckt angeordnet ist.

5. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Pumpe (44) ein Pumpenbasiselement (56) aufweist, welches am Gehäusekörper (20) befestigt

ist.

6. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Gehäusekörper (20) wenigstens einen Vorsprung (34) aufweist, an dem ein Pumpenbasiselement (56) der Pumpe (44) befestigt ist.

7. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei in der Vakuumkammer (42) ein Funktionselement (68, 70) angeordnet ist und wobei der Gehäusekörper (20) eine Montageöffnung (36) für das Funktionselement aufweist.

8. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Vakuumsystem (40) wenigstens eine zweite Vakuumkammer (42) aufweist, die ebenfalls in dem Gehäusekörper (20) gebildet ist.

9. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vakuumkammer (42) in Bezug auf den Pumpenrotor (48) radial und/oder axial benachbart zu diesem angeordnet ist und/oder wobei das Rotorgehäuse und das Kammergehäuse und/oder hierin jeweils vorgesehene zylindrische, insbesondere kreiszylindrische, Hohlräume in ihren Querschnittsflächen unterschiedlich groß sind, bevorzugt mit wenigstens 20% Größenunterschied.

10. Vakuumsystem (40) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein zylindrischer, insbesondere kreiszylindrischer, Hohlraum (30) für den Pumpenrotor (48) und ein zylindrischer, insbesondere kreiszylindrischer, Hohlraum (32) für die Vakuumkammer (42) durch einen gemeinsamen Deckel (66) verschlossen sind.

11. Verfahren zur Herstellung eines Vakuumsystems (40), insbesondere Massenspektrometrysystems und/oder Vakuumsystems nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Vakuumsystem (40) eine Vakuumpumpe (44), insbesondere Turbomolekular- und/oder Splitflow-Vakuumpumpe, mit einem Pumpenrotor (48), der in einem Rotorgehäuse (26) angeordnet ist, und eine mittels der Vakuumpumpe evakuierbare Vakuumkammer (42), die von einem Kammergehäuse (28) umgeben ist, umfasst, wobei das Rotorgehäuse (26) und das Kammergehäuse (28) einteilig von einem Gehäusekörper (20) gebildet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehäusekörper (20) durch Strangpressen hergestellt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Pumpenrotor (48) in das Rotorgehäuse

(26) eingesteckt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei eine Öffnung (36) im Kammergehäuse (28) eingebracht wird und wobei ein Funktionselement durch diese Öffnung (36) hindurch in die Vakuumkammer (42) eingebracht wird.

14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei eine das Innere des Rotorgehäuses (26) mit der Vakuumkammer (42) verbindende Öffnung (46) in den Gehäusekörper (20) eingebracht wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Öffnung (46) mittels eines hintergreifenden Spanwerkzeugs eingebracht wird.

### Claims

1. A vacuum system (40), in particular a mass spectrometry system, comprising:

a vacuum pump (44), in particular a turbomolecular vacuum pump and/or a split-flow vacuum pump, having a pump rotor (48) which is arranged in a rotor housing (26); and a vacuum chamber (42) which can be evacuated by means of the vacuum pump and which is surrounded by a chamber housing (28), wherein the rotor housing (26) and the chamber housing (28) are formed in one part by a housing body (20),

**characterized in that** the housing body (20) is an extruded part.

2. A vacuum system (40) in accordance with claim 1, wherein an opening (46) is formed in the housing body (20) between the pump rotor (48) and the vacuum chamber (42).

3. A vacuum system (40) in accordance with claim 1 or claim 2, wherein at least two cylindrical hollow spaces (30, 32), in particular circular cylindrical hollow spaces (30, 32), aligned in parallel are formed in the housing body (20), wherein the pump rotor (30) is arranged in a first of the hollow spaces (30) and the vacuum chamber (42) is formed in a second of the hollow spaces (32), in particular wherein the housing body comprises a third cylindrical hollow space, in particular a circular cylindrical hollow space, wherein a further pump rotor and/or a further vacuum chamber is/are provided in the third cylindrical hollow space.

4. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims,

wherein the pump rotor (48) is arranged plugged into the rotor housing (26).

5. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the pump (44) has a pump base element (56) which is fastened to the housing body (20).

6. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the housing body (20) has at least one projection (34) to which a pump base element (56) of the pump (44) is fastened.

7. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein a functional element (68, 70) is arranged in the vacuum chamber (42), and wherein the housing body (20) has an installation opening (36) for the functional element.

8. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the vacuum system (40) comprises at least a second vacuum chamber (42) which is likewise formed in the housing body (20).

9. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein, with respect to the pump rotor (48), the vacuum chamber (42) is arranged radially and/or axially adjacent thereto, and/or wherein the rotor housing and the chamber housing and/or cylindrical hollow spaces, in particular circular cylindrical hollow spaces, respectively provided therein are of different sizes in their cross-sectional surfaces, preferably with a size difference of at least 20%.

10. A vacuum system (40) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein a cylindrical hollow space (30), in particular a circular cylindrical hollow space (30), for the pump rotor (48) and a cylindrical hollow space (32), in particular a circular cylindrical hollow space (32), for the vacuum chamber (42) are closed by a common cover (66).

11. A method of manufacturing a vacuum system (40), in particular a mass spectrometry system, and/or a vacuum system in accordance with any one of the preceding claims, wherein the vacuum system (40) comprises a vacuum pump (44), in particular a turbomolecular vacuum pump and/or a split-flow vacuum pump, comprising a pump rotor (48) which is arranged in a rotor housing (26); and a vacuum chamber (42) which can be evacuated by means of the vacuum pump and

which is surrounded by a chamber housing (28), wherein the rotor housing (26) and the chamber housing (28) are formed in one part by a housing body (20),

**characterized in that** the housing body (20) is manufactured by extrusion.

12. A method in accordance with claim 11, wherein the pump rotor (48) is plugged into the rotor housing (26).
13. A method in accordance with claim 11 or claim 12, wherein an opening (36) is formed in the chamber housing (28), and wherein a functional element is introduced into the vacuum chamber (42) through this opening (36).
14. A method in accordance with at least one of the claims 11 to 13, wherein an opening (46) connecting the interior of the rotor housing (26) to the vacuum chamber (42) is formed in the housing body (20).
15. A method in accordance with claim 14, wherein the opening (46) is formed by means of a cutting tool engaging from behind.

#### Revendications

1. Système à vide (40), en particulier système de spectrométrie de masse, comprenant :
- une pompe à vide (44), en particulier une pompe à vide turbomoléculaire et/ou à débit partagé, comportant un rotor de pompe (48) disposé dans un carter de rotor (26), et
- une chambre à vide (42) qui peut être évacuée au moyen de la pompe à vide et qui est entourée par un carter de chambre (28), le carter de rotor (28) et le carter de chambre (26) étant formés d'un seul tenant par un corps de carter (20),
- caractérisé en ce que**
- le corps de carter (20) est une pièce extrudée.
2. Système à vide (40) selon la revendication 1, dans lequel une ouverture (46) est ménagée dans le corps de carter (20) entre le rotor de pompe (48) et la chambre à vide (42).
3. Système à vide (40) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel au moins deux cavités (30, 32) cylindriques, en particulier cylindriques circulaires, orientées parallèlement sont formées dans le corps de carter (20), le rotor de pompe (30) est disposé dans une première

des cavités (30) et la chambre à vide (42) est formée dans une seconde des cavités (32),

en particulier, le corps de carter comprend une troisième cavité cylindrique, en particulier cylindrique circulaire,

un autre rotor de pompe et/ou une autre chambre à vide est prévu(e) dans la troisième cavité cylindrique.

4. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel le rotor de pompe (48) est disposé enfiché dans le carter de rotor (28).
5. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel la pompe (44) comprend un élément de base de pompe (56) fixé au corps de carter (20).
6. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel le corps du carter (20) comprend au moins une saillie (34) à laquelle est fixé un élément de base (56) de la pompe (44).
7. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel un élément fonctionnel (68, 70) est disposé dans la chambre à vide (42), et le corps de carter (20) présente une ouverture de montage (36) pour l'élément fonctionnel.
8. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, le système à vide (40) comprenant au moins une seconde chambre à vide (42) qui est également formée dans le corps de carter (20).
9. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel la chambre à vide (42) est disposée radialement et/ou axialement par rapport au rotor de pompe (48) au voisinage de celui-ci, et/ou le carter de rotor et le carter de chambre et/ou des cavités cylindriques, en particulier cylindriques circulaires, qui y sont respectivement prévues sont de taille différente dans leurs sections transversales, de préférence avec une différence de taille d'au moins 20 %.
10. Système à vide (40) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel une cavité (30) cylindrique, en particulier cylindrique circulaire, pour le rotor de pompe (48) et une cavité (32) cylindrique, en particulier cylindrique circulaire, pour la chambre à vide (42) sont refermées par un couvercle commun (66).
11. Procédé de fabrication d'un système à vide (40), en

particulier d'un système de spectrométrie de masse et/ou d'un système à vide selon l'une des revendications précédentes, dans lequel

le système à vide (40) comprend une pompe à vide (44), en particulier une pompe à vide turbomoléculaire et/ou à débit partagé, comportant un rotor de pompe (48) qui est disposé dans un carter de rotor (26), et une chambre à vide (42) qui peut être évacuée au moyen de la pompe à vide et qui est entourée par un carter de chambre (28), le carter de rotor (26) et le carter de chambre (28) sont formés d'un seul tenant par un corps de carter (20),

**caractérisé en ce que** le corps de carter (20) est fabriqué par extrusion.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel le rotor de pompe (48) est enfiché dans le carter de rotor (26).
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel une ouverture (36) est ménagée dans le carter de chambre (28), et un élément fonctionnel est inséré à travers ladite ouverture (36) dans la chambre à vide (42).
14. Procédé selon l'une au moins des revendications 11 à 13, dans lequel une ouverture (46) reliant l'intérieur du carter de rotor (26) à la chambre à vide (42) est ménagée dans le corps de carter (20).
15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel l'ouverture (46) est réalisée au moyen d'un outil d'enlèvement de copeaux à engagement par l'arrière.

45

50

55

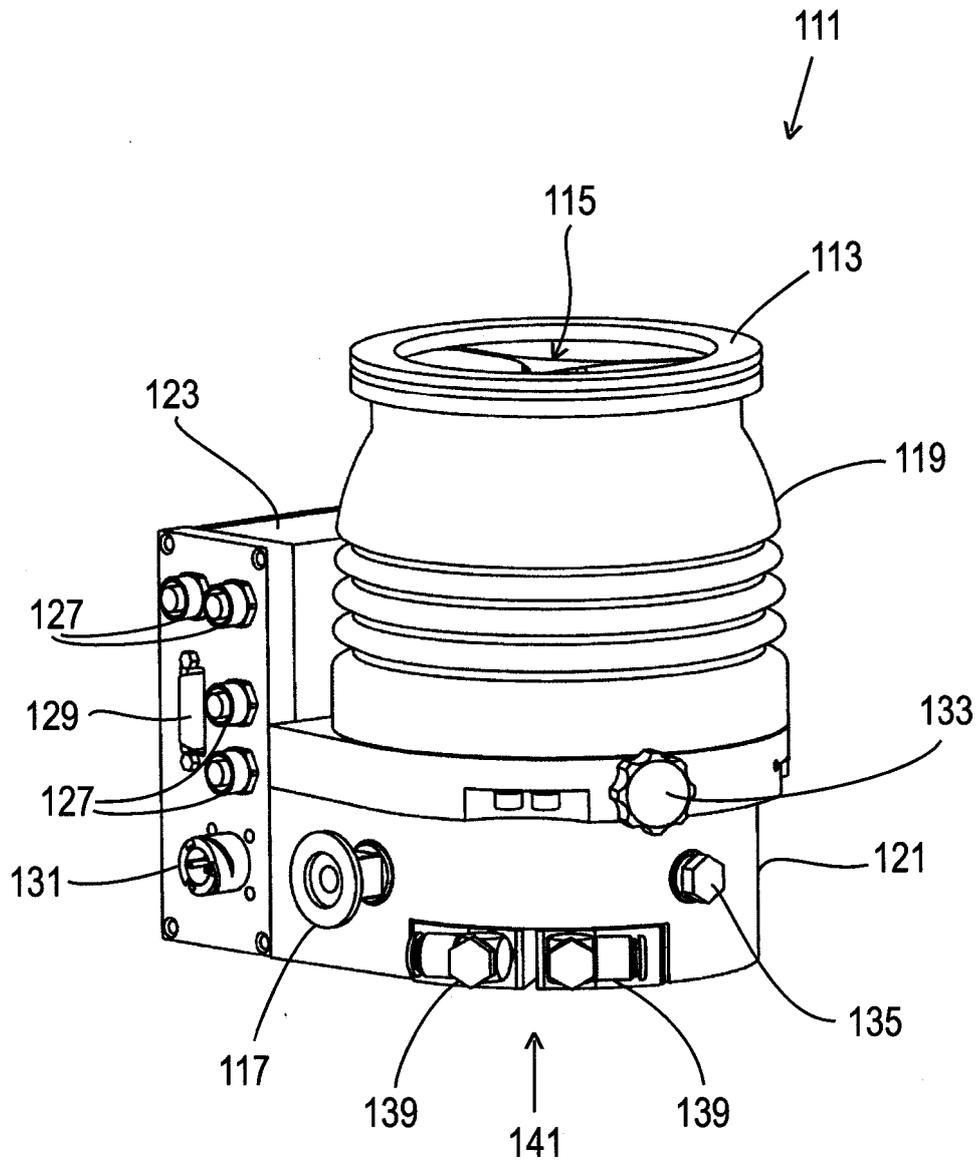


Fig. 1

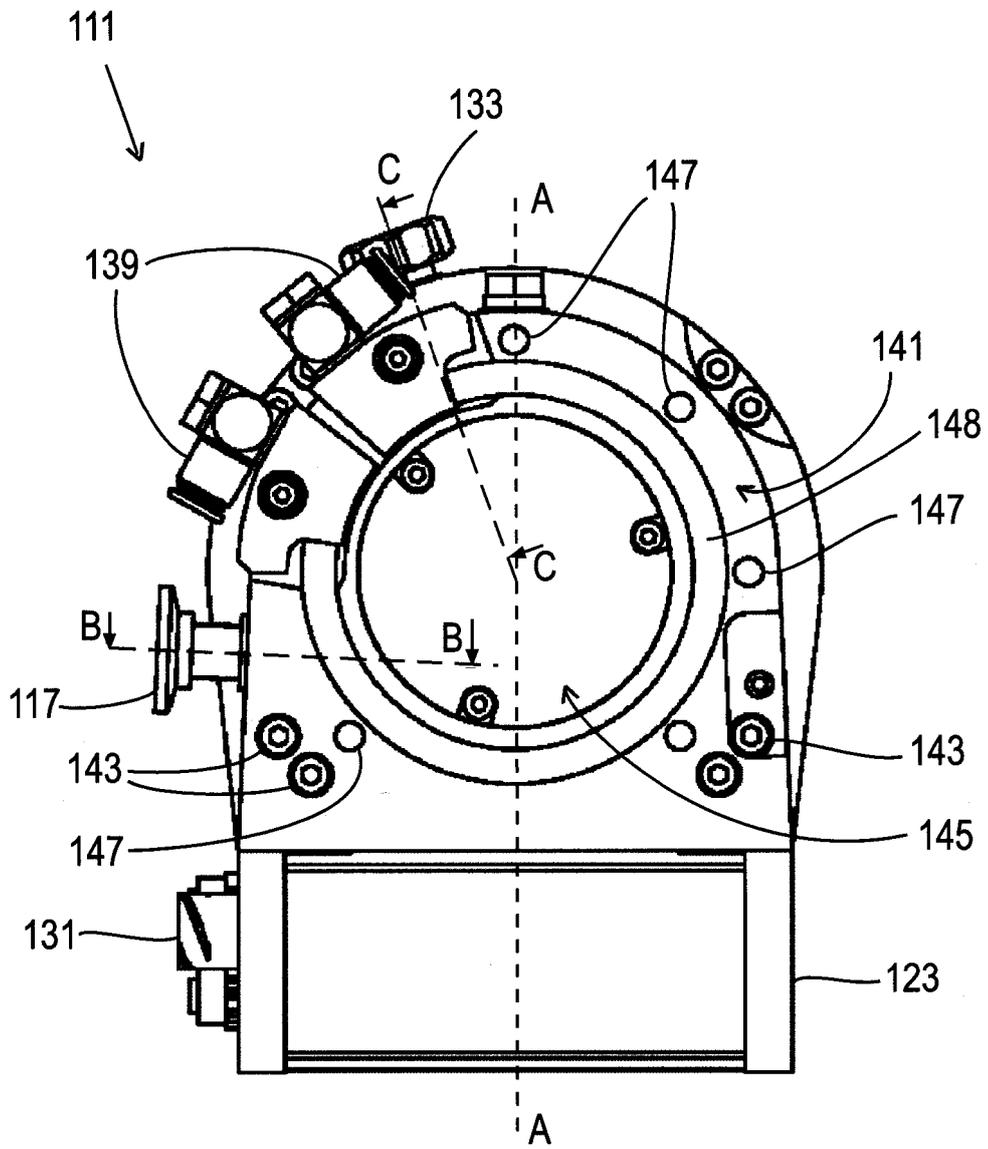


Fig. 2

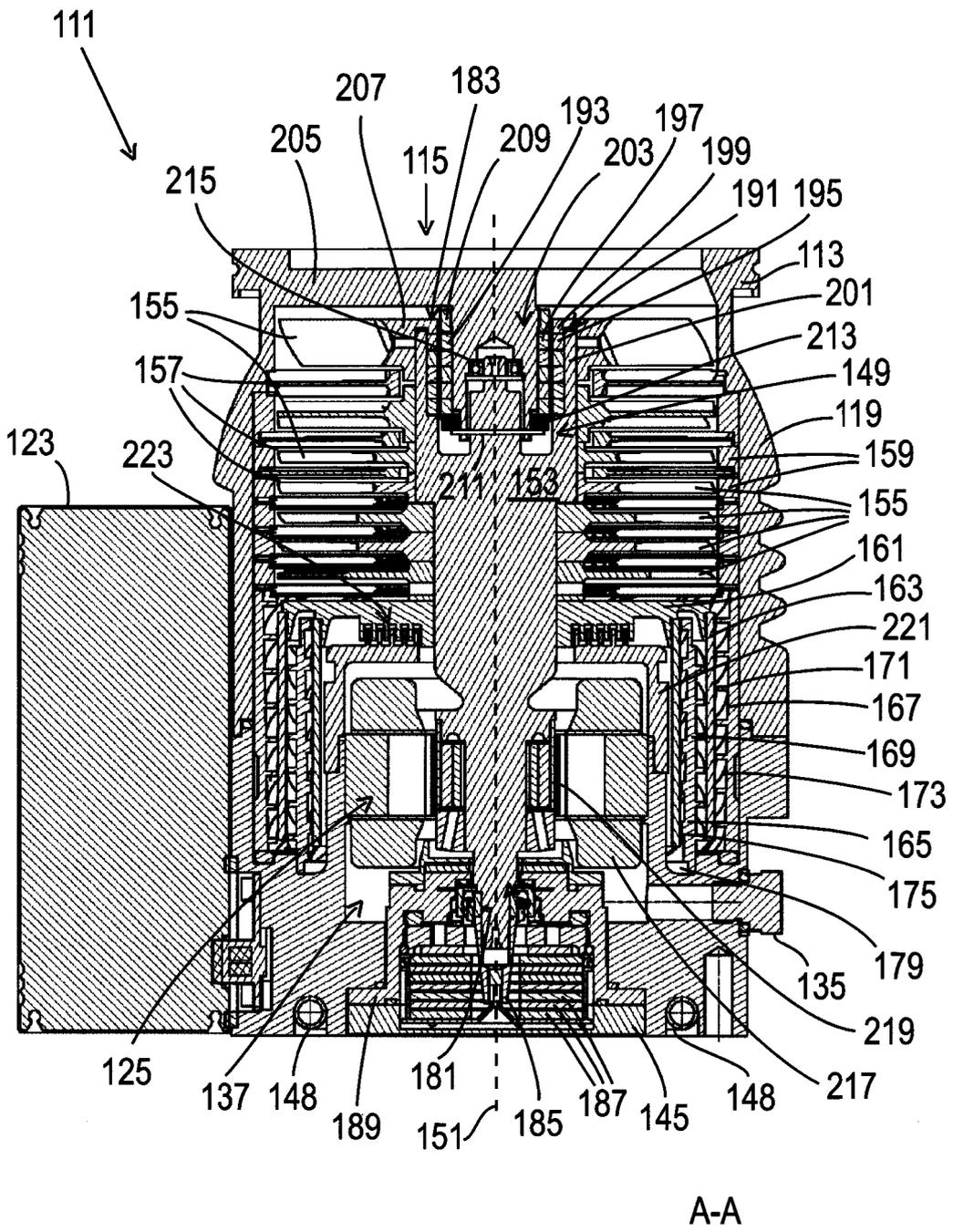


Fig. 3

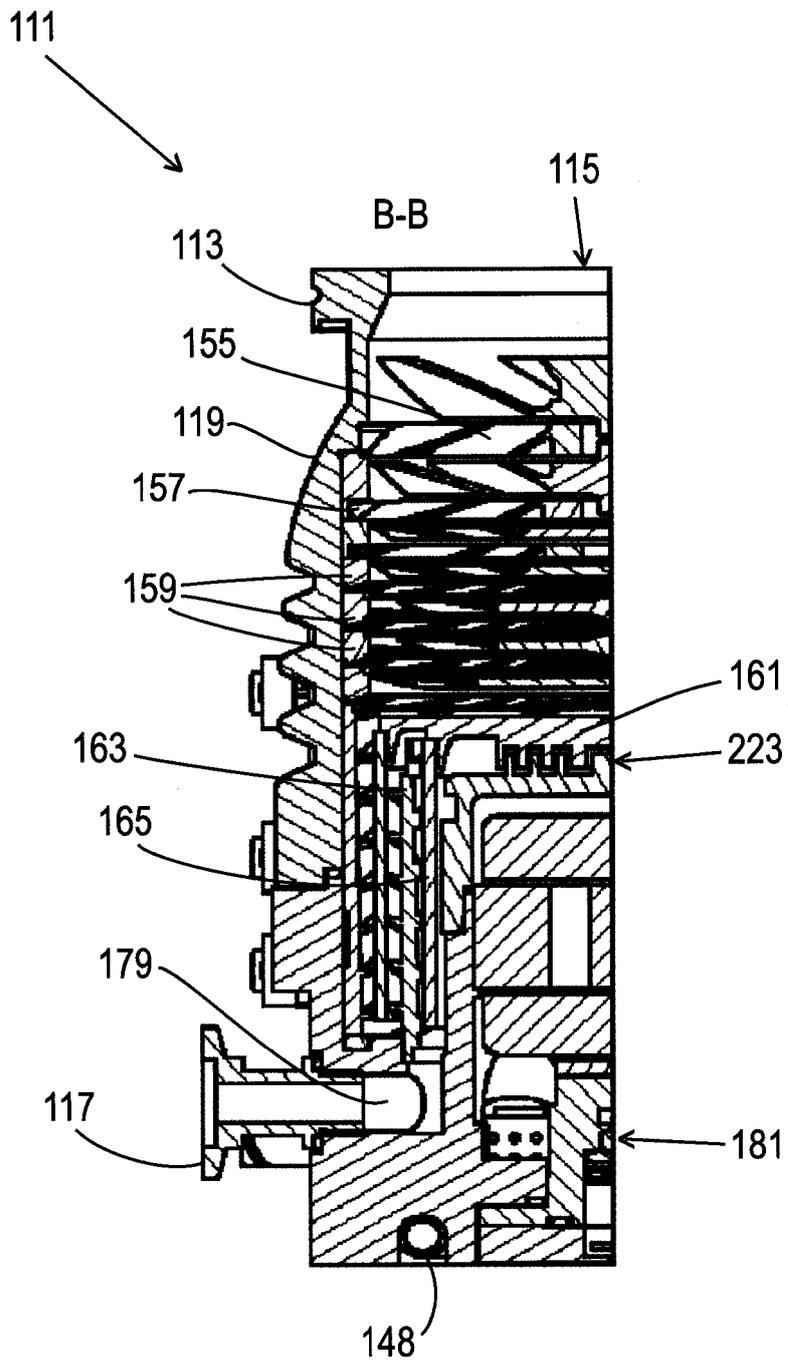


Fig. 4

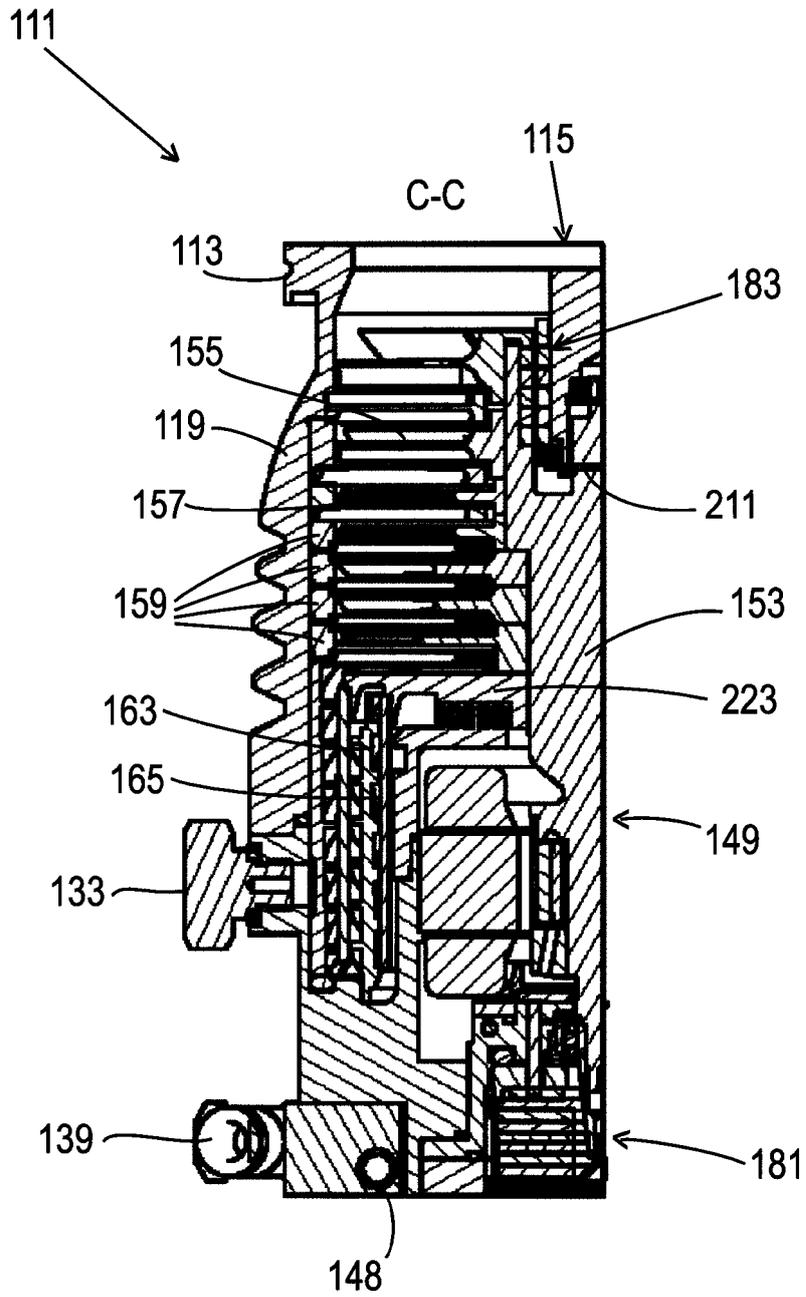
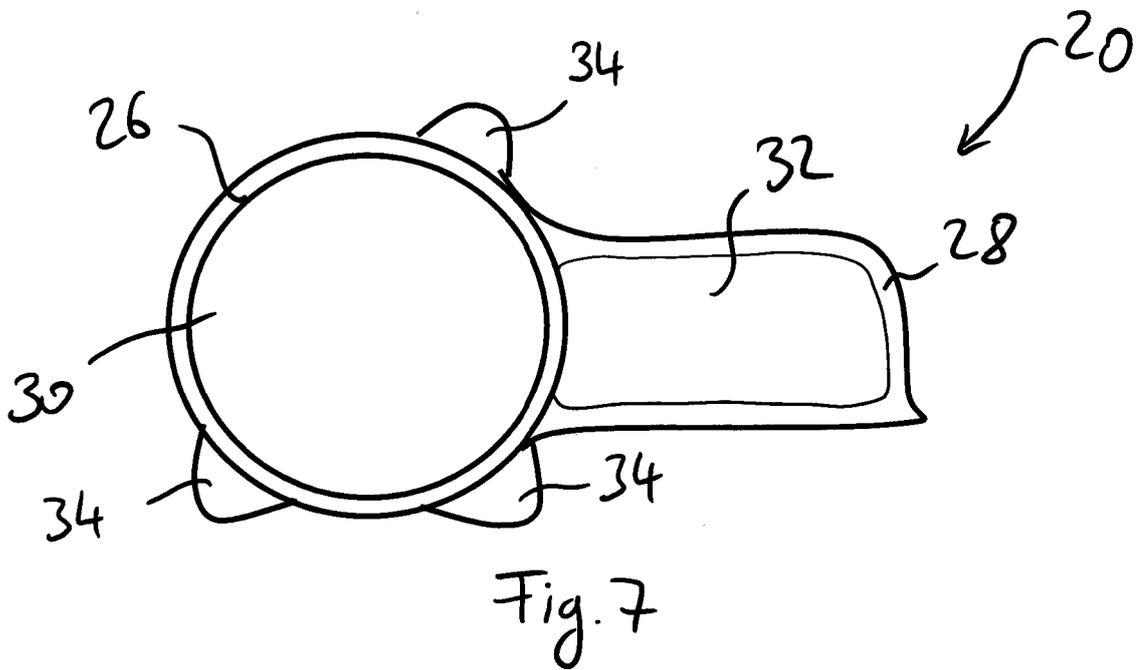
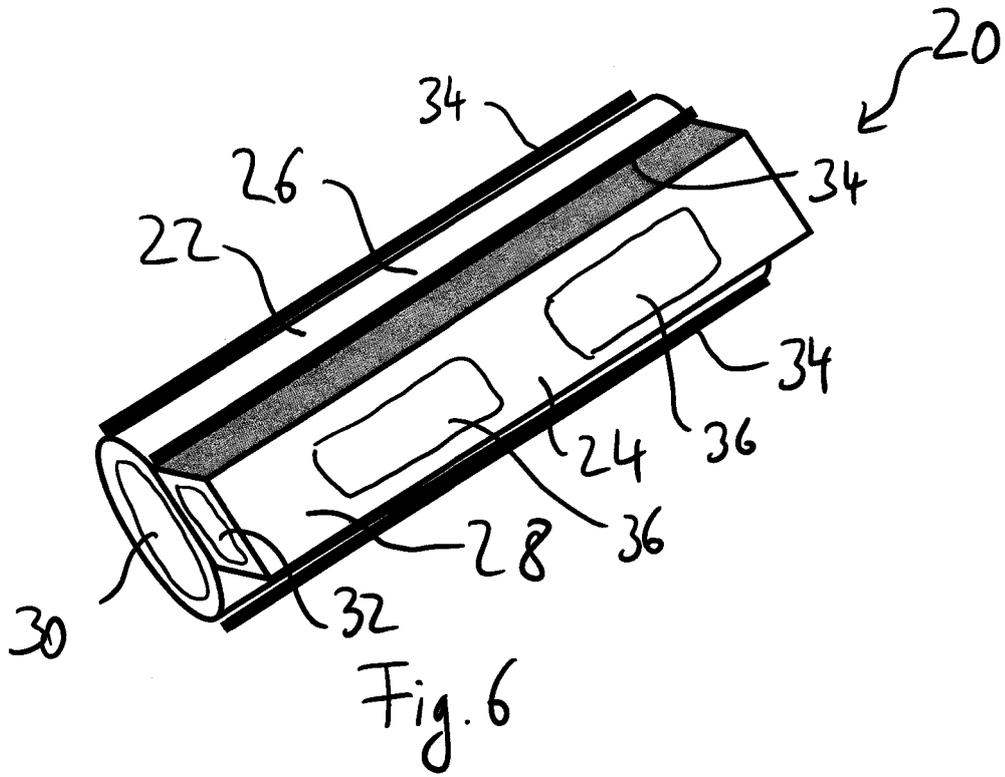
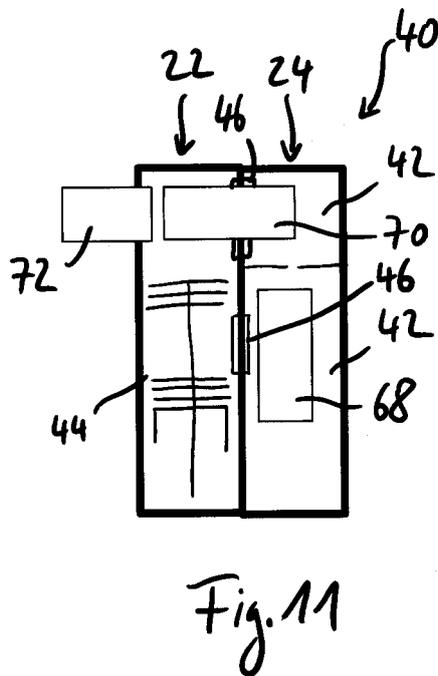
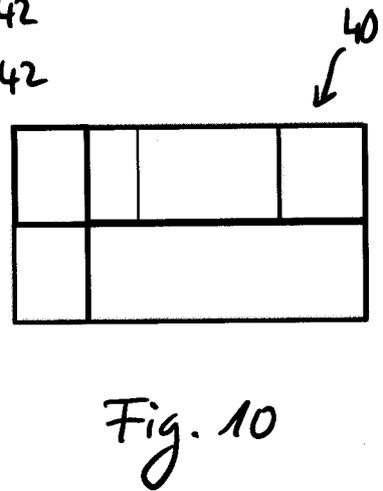
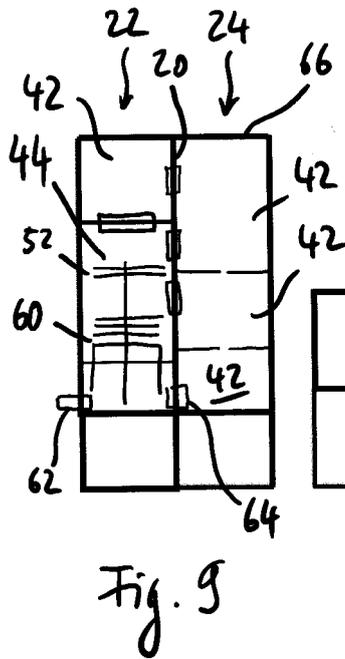
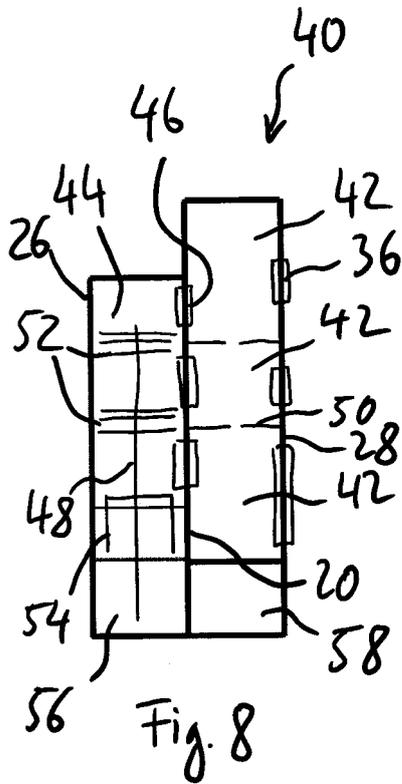


Fig. 5





**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**

- US 20180163732 A1 **[0003]**
- US 6336356 B1 **[0004]**
- US 6182851 B1 **[0004]**
- DE 102007027352 A1 **[0004]**