



(11) **EP 3 611 381 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.02.2020 Patentblatt 2020/08

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **C09J 5/02** ^(2006.01)
F04D 29/02 ^(2006.01) **F04D 29/32** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18188711.8**

(22) Anmeldetag: **13.08.2018**

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

(72) Erfinder: **Koci, Bernd**
35641 Schöffengrund (DE)

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

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

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ.

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, bei dem ein erstes Element mit einem zweiten Element mittels eines Klebers verbunden wird, wobei das erste und das zweite Element jeweils einen für den Kleber

vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich aufweisen, und wobei wenigstens einer der Klebebereiche zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt wird.

EP 3 611 381 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, bei dem ein erstes Element mit einem zweiten Element mittels eines Klebers verbunden wird, wobei das erste und das zweite Element jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich aufweisen.

[0002] Die Erfindung betrifft auch eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfassend ein erstes Element und ein zweites Element, welche mittels eines Klebers verbunden sind, wobei das erste und das zweite Element jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich aufweisen.

[0003] Eine beispielhafte Vakuumpumpe des Standes der Technik umfasst eine Holweckstufe, welche eine zylindrische Rotorhülse aufweist. Die Rotorhülse rotiert im Betrieb der Pumpe, um ein zu förderndes Gas entlang einer Schraubenbahn zu fördern, welche in der Regel in einem die Rotorhülse umschließenden und/oder von dieser umschlossenen, stehenden Zylinderkörper ausgebildet sind. Die Rotorhülse ist an einer Rotornabe mittels eines Klebers befestigt. Insbesondere Turbomolekularpumpen rotieren bekanntlich mit hohen Geschwindigkeiten, weshalb allgemein hohe Belastungen aller beteiligten Elemente und ihrer Verbindungen auftreten.

[0004] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Belastbarkeit einer Klebeverbindung in einer Vakuumpumpe zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Herstellungsverfahren für eine Vakuumpumpe nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass wenigstens einer der Klebebereiche zumindest teilweise, insbesondere vollständig, vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt wird. Als Klebebereich ist dabei eine Oberfläche zu verstehen, die nicht notwendigerweise eben sein muss und welche zur Benetzung mit dem Kleber vorgesehen ist.

[0006] Die Plasmabehandlung führt zu einer Aktivierung des Klebebereichs, sodass der Kleber eine bessere Bindung zu dem betreffenden Element eingehen kann. Hierdurch wird die Haftkraft des Klebers an dem behandelten Klebebereich deutlich erhöht, sodass eine insgesamt feste und belastbare Verbindung erreicht wird.

[0007] Eine derartige Behandlung ist einfach und kostengünstig durchführbar und handhabbar. Ein besonderer Vorteil der Plasmabehandlung ist außerdem, dass diese den Klebebereich nicht nur aktiviert, sondern insbesondere auch entfettet und reinigt sowie eine Aufrauung und Oberflächenvergrößerung bewirkt. All diese Effekte verbessern zusätzlich die Bindung des Klebers an den Klebebereich. Es kann hierdurch bevorzugt auf konventionelle Behandlungen zur Haftungsverbesserung verzichtet werden. So kann etwa auf ein händisches Entfetten verzichtet werden, was Personalkosten einspart. Alternativ oder zusätzlich kann beispielsweise auf einen Schleifvorgang verzichtet werden, was das Verfahren ebenfalls vereinfacht. Dies gilt insbesondere für den Fall,

dass der zu behandelnde Klebebereich an einer Innenfläche des beispielsweise zylindrischen Elements ausgebildet ist, da hier eine Schleifbehandlung häufig besonders aufwendig oder gar unmöglich ist. Gleichwohl können diese Effekte zur weiteren Verbesserung der Klebeverbindung auch zusätzlich einzeln oder in Kombination auf konventionellem Wege bei der Herstellung bewirkt werden, beispielsweise durch Vorsehen zusätzlicher Verfahrensschritte umfassend Entfetten, Reinigen, Aufrauen und/oder Vergrößern der Oberfläche des Klebebereichs. Beispielsweise kann vor der Plasmabehandlung ein, insbesondere maschineller, Waschvorgang vorgesehen sein. Des Weiteren bewirkt die Plasmabehandlung die genannten Effekte auch besonders gleichmäßig bezogen auf die behandelte Oberfläche und reproduzierbar. Hierdurch wird die Prozesssicherheit deutlich erhöht und ein Produktionsausschuss deutlich verringert. Es sind keine Reinigungsmittel am Arbeitsplatz notwendig. Wenn die händische Reinigung entfällt, wird außerdem die Verletzungsgefahr sowie die chemische Belastung für das Produktionspersonal verringert. Auch wird eine Dekontamination des zu verklebenden Elements durch gegebenenfalls verschmutzte Reinigungswerkzeuge vermieden. Und selbst wenn zusätzlich eine konventionelle Vorbehandlung, wie z.B. Waschen, insbesondere zum Entfernen von Staubpartikeln, vorgesehen wird und hierbei eine Kontamination, beispielsweise aufgrund von Verschmutzungsresten in einer Waschmaschine, auftreten sollte, wird diese durch die Plasmabehandlung verringert oder entfernt.

[0008] Ein weiterer Vorteil der Plasmabehandlung ist, dass deren Effekte, insbesondere die Aktivierung der Oberfläche, relativ lange bestehen bleiben. Eine Zwischenlagerung der Elemente ist somit möglich, was das Herstellungsverfahren zusätzlich flexibel macht.

[0009] Die Erfindung ermöglicht eine Reduzierung der Wahrscheinlichkeit von Haftungs- oder Adhäsionsbrüchen zwischen dem betreffenden Element und dem Kleber. Hierdurch wird die Verbindung insgesamt gestärkt.

[0010] Ein weiterer Vorteil betrifft die Entwicklung der Vakuumpumpe. Hierbei erfolgt die Auslegung der Vakuumpumpe beispielsweise mittels vorheriger Berechnungen, beispielsweise mit der Finite-Elemente-Methode. Dabei werden Materialparameter des Klebstoffs betreffend unter anderem dessen Festigkeit benötigt. Diese werden üblicherweise vom Lieferanten des Klebers zur Verfügung gestellt. Vor Kenntnis der Erfindung wichen jedoch die hieraus berechneten Festigkeiten von denjenigen ab, die in Versuchen an Vakuumpumpenteilen ermittelt wurden, und zwar insbesondere deshalb, weil die Parameter für standardisierte Testbedingungen angegeben werden, welche sich in der Herstellung von Vakuumpumpen nicht ohne Weiteres erfüllen lassen. Dies erschwerte die Entwicklung. Beim erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren werden dagegen nahezu oder tatsächlich die vom Lieferanten angegebenen Festigkeiten auf besonders zuverlässige aber einfache Weise erreicht. Dies ermöglicht eine genauere Auslegung und so-

mit verbesserte Entwicklung der Vakuumpumpe.

[0011] Nicht zuletzt weisen Mittel zu Plasmaerzeugung, wie z.B. Plasmaöfen oder -kammern, auch insbesondere geringe Anschaffungskosten auf, sind leicht zu bedienen, erfordern geringe Sicherheitsmaßnahmen und benötigen nur selten eine Wartung.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Plasmabehandlung bei einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks durchgeführt wird. Hierdurch lässt sich insbesondere eine gute Aktivierung der Oberfläche erreichen. Alternativ ist auch eine Behandlung bei atmosphärischem oder höherem Druck möglich.

[0013] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn gemäß einem Ausführungsbeispiel das Plasma aus Luft als Plasmaprozessgas erzeugt wird. Dies ermöglicht einen besonders einfachen Herstellungsprozess, da nicht zusätzlich besondere Plasmaprozessgase vorgehalten werden müssen. Alternativ ist aber auch als Plasmaprozessgas ein anderes Gas oder Gasgemisch verwendbar.

[0014] Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das erste und/oder zweite Element im Ganzen mit Plasma behandelt. Das bedeutet, dass im Wesentlichen die gesamte Oberfläche des Elements behandelt wird. Dies geschieht beispielsweise in einer Kammer, die mit Plasma gefüllt wird. Somit wird die gesamte Oberfläche dem Plasma ausgesetzt. Dies hat den Vorteil, dass das Element einfach in die Kammer eingelegt werden kann, ohne dass eine genaue Ausrichtung des Elements nötig ist. Das Herstellungsverfahren wird somit weiter vereinfacht.

[0015] Insoweit hierin Bezug auf das erste oder zweite Element genommen wird, geschieht dies lediglich zur Veranschaulichung. Es versteht sich, dass die jeweils beschriebenen Ausführungsformen auch auf das jeweils andere Element übertragbar sind. Grundsätzlich können auch mehr als zwei Elemente miteinander verklebt werden.

[0016] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Plasmabehandlung wenigstens 1 min, insbesondere wenigstens 3 min, und/oder höchstens 10 min, insbesondere höchstens 7 min, lang durchgeführt. Besonders vorteilhaft sind etwa 5 min.

[0017] Das Plasma kann beispielsweise mittels Gleichstrom, Wechselstrom, welcher insbesondere nieder- oder hochfrequent ist, und/oder Mikrowellen erzeugt werden.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung werden das erste und/oder das zweite Element, insbesondere zusätzlich zu einer durch die Plasmabehandlung erzielten mikroskopischen Rauheit, mit einer makroskopisch definierten Oberflächenrauheit versehen oder hergestellt. Dabei kann die gemittelte Rautiefe R_z in μm , zumindest im Klebebereich, mit Vorteil z.B. wenigstens 0,8, insbesondere wenigstens 1,6, insbesondere wenigstens 3,2, insbesondere wenigstens 6,3, und/oder höchstens 50, insbesondere höchstens 25, insbesondere höchstens 20, insbesondere höchstens 17,5, betragen.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung sind das erste und das zweite Element zur Rotation im Betrieb der Vakuumpumpe vorgesehen. Insbesondere kann es sich um Rotorteile handeln. Das Verfahren wirkt sich hier wegen der hohen Kräfte während der Rotation besonders vorteilhaft aus.

[0020] Die Vakuumpumpe kann gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform eine Holweck-Stufe aufweisen, wobei das erste Element ein pumpaktives Element der Holweckstufe, insbesondere eine Holweck-Rotorhülse, umfasst.

[0021] Alternativ oder zusätzlich kann die Vakuumpumpe beispielsweise einen Permanentmagnet-Elektromotor aufweisen, wobei ein oder das erste Element insbesondere einen elektromagnetisch antreibbaren Rotor-Motormagneten, einen Permanentmagneten, eine Lastaufnahmhülse und/oder einen Rückschlussring umfassen kann.

[0022] Bei einer Ausführungsform wird nur eines der Elemente mit Plasma behandelt, insbesondere eines, welches am Klebebereich einen Kunststoff umfasst. Hierdurch kann unter Kosteneinsparung dennoch eine gute Verbindung erreicht werden. Es können aber auch beide Elemente mit Plasma behandelt werden.

[0023] Insbesondere kann das erste Element einen Kunststoff und/oder Verbundwerkstoff, insbesondere Kohlefaser-Verbundwerkstoff, Aramidfaser-Verbundwerkstoff, Glasfaser-Verbundwerkstoff, Basaltfaser-Verbundwerkstoff, Hybridgewebe-Verbundwerkstoff mit Faden- bzw. Faseranteilen mehrerer vorgenannter Verbundwerkstoffe und/oder eine lagenweise Kombination vorgenannter Gewebetypen im mehrlagigen Verbund, umfassen. Diese bieten hohe Festigkeit bei geringem Gewicht.

[0024] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass das erste Element einen zumindest im Wesentlichen zylindrischen Abschnitt und in diesem Abschnitt einen Faser-verbundwerkstoff umfasst, dessen Fasern zu zumindest einem erheblichen Anteil zumindest im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufen. Hierbei kann auch von einer radialen Wicklung der Fasern gesprochen werden, da diese in der radialen Ebene verlaufen. Hierdurch wird eine Temperatur- und/oder Fliehkraftausdehnung in radialer Richtung minimiert, sodass die Pumpe beispielsweise mit engen Spalten und somit besonders effektiv, z.B. im Hinblick auf ein hohes Verdichtungsverhältnis, ausgelegt werden kann. Ein Kontakt zwischen den Elementen, der zum Ausfall der Pumpe führen könnte, wird wirksam verhindert.

[0025] Das zweite Element kann in vorteilhafter Weise einen Metallwerkstoff umfassen, beispielsweise Aluminium, insbesondere wenigstens eine der Legierungen ENAW-6082, ENAW-7075, ENAW-7475, ENAW-2618, ENAW-2618A, Titan, insbesondere die Legierung TiAl6V4, Gussstahl, insbesondere wenigstens eine der Legierungen EN-GJL-150, -200, -250, -300, -350, EN-GJS-400-15, EN-GJS-500-7, EN-GJS-600-3, Stahl, insbesondere wenigstens eine der Legierungen 1.0711,

1.0715, 1.0721, 1.0736, E235, H320B, und/oder Edelstahl, insbesondere wenigstens eine der Legierungen 1.4301, 1.4305, 1.4401, 1.4429, 1.4435.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass an dem ersten und/oder dem zweiten Element eine Ausnehmung vorgesehen wird und ein Bereich in der Ausnehmung den Klebebereich zumindest teilweise bildet. Hierdurch kann der Kleber besonders zielgenau aufgebracht und im Klebebereich gehalten werden. Außerdem ermöglicht die Plasmabehandlung eine relativ freie Gestaltung dieser Ausnehmung, da keine konventionellen Vorbehandlungen, insbesondere kein Schleifen oder Ähnliches notwendig sind. Die Ausnehmung kann insbesondere umlaufend, insbesondere als Nut und/oder Freistich, und/oder als umlaufender Satz von Einzelausnehmungen gebildet sein.

[0027] Zwischen dem ersten und zweiten Element kann beispielsweise ein zumindest im Wesentlichen zylindrischer Verbindungsbereich definiert sein. Hierdurch lässt sich beispielsweise eine gute Fügegenauigkeit realisieren.

[0028] Der zylindrische Verbindungsbereich kann beispielsweise coaxial zu einer Rotationsachse eines Rotors der Vakuumpumpe angeordnet sein.

[0029] Weiterhin kann der Verbindungsbereich beispielsweise axial ringförmig zu einer Rotationsachse eines Rotors der Vakuumpumpe angeordnet sein. Die Ausrichtung des Verbindungsbereichs ist nicht auf rein radiale oder axial ausgedehnte Bereiche coaxial zu einer Rotationsachse eines Rotors der Vakuumpumpe beschränkt, sondern kann auch einen diagonalen oder beliebig freigeformten Bereich darstellen, der vorteilhaft ringförmig coaxial zu einer Rotationsachse eines Rotors der Vakuumpumpe angeordnet ist.

[0030] Eine Kombination mehrerer Verbindungsbereiche gleicher oder verschiedener Ausrichtung zwischen zwei Elementen ist gleichfalls möglich. Weiterhin können mehrere Verbindungsbereiche gleicher und/oder verschiedener Ausrichtung, insbesondere radial und axial, ineinander übergehen und einen gemeinsamen, mehrachsigen, komplexen Verbindungsbereich definieren.

[0031] Jeder Verbindungsbereich kann eine, insbesondere zwei, drei oder viele vorteilhaft ringförmig ausgeführte Ausnehmungen für Kleber umfassen, diese können jeweils sowohl mit vorwiegend rechteckigem oder komplexem Querschnitt ausgeführt sein.

[0032] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des unabhängigen Vorrichtungsanspruchs gelöst, und insbesondere dadurch, dass wenigstens einer der Klebebereiche zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt worden ist.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomole-

kularpumpe,

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 Teilbereich T der Fig. 3 in vergrößerter Darstellung.

Fig. 7 einen Teilbereich U der Fig. 3 in vergrößerter Darstellung.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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 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 Aus-

lass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann.

[0037] 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.

[0038] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0039] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

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

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

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

[0043] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0044] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. 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 Rotations-

achse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende

Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

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

[0052] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, 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.

[0053] 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.

[0054] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0055] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 137 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0056] In Fig. 6 ist ein vergrößerter Ausschnitt T der Fig. 3 gezeigt, in welchem die Verbindungen zwischen der Rotornabe 161 und den Holweck-Rotorhülsen 163 und 165 besser sichtbar sind. Es sind fünf Paare von korrespondierenden Klebebereichen 231 und 232, 233 und 234, 235 und 236, 237 und 238 sowie 239 und 240 sichtbar, die jeweils mit einem Kleber gefüllt sind. Sie sind an jeweiligen Verbindungsbereichen zwischen den Holweck-Rotorhülsen 163 bzw. 165 einerseits und der Rotornabe 161 andererseits von deren jeweiligen Oberflächen gebildet. Wenigstens einer der Klebebereiche 231 bis 240 ist wenigstens teilweise mit Plasma vorbehandelt.

[0057] Hier wird jeweils eine Werkstoffpaarung von Kohlefaser-Verbundwerkstoff auf Seiten der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und Metall auf Seiten der Rotornabe 161 verklebt. Die Fasern der Rotorhülsen 163 und 165 sind vorteilhaft radial gewickelt, verlaufen also in Umfangsrichtung und senkrecht zur Bildebene der Fig. 6.

[0058] In einem oder beiden der jeweils verklebten Elemente, kann eine, insbesondere umlaufende, Ausnehmung, insbesondere Nut, für den Kleber vorgesehen sein. So ist beispielsweise der Klebebereich 232 durch eine umlaufende Ausnehmung, nämlich einen Freistich, gebildet. Die Klebebereiche 234, 236, 238 und 240 sind ebenfalls umlaufend, jedoch als Nuten ausgebildet. Die

Klebebereiche 233, 235, 237, 239 sind dagegen flach ausgebildet, während der Klebebereich 231 als Kante ausgebildet ist. Die Klebebereichpaarungen 233 und 234, 235 und 236, 237 und 238 sowie 239 und 240 bilden zusammen mit dem darin befindlichen Kleber radiale Verbindungen. Die Klebebereiche 231 und 232 bilden hingegen mit dem Kleber eine Verbindung, die sowohl radial als auch axial ausgerichtet ist. Selbstverständlich sind andere Zahlen, Anordnungen und Kombinationen von Klebebereichen möglich.

[0059] In Fig. 7 ist ein Ausschnitt U der Fig. 3 vergrößert dargestellt und zeigt im Wesentlichen Aufbau und Anbringung des Elektromotors 125. Eine Permanentmagnetanordnung an der Rotorwelle 153 im Bereich des Elektromotors 125 zur magnetischen Übertragung des Antriebsmoments umfasst zumindest einen oder mehrere, insbesondere regelmäßig koaxial angeordneten und/oder magnetisierten Permanentmagneten 241, der verschiedene, insbesondere hartmagnetische Werkstoffe umfassen kann, insbesondere Samarium-Cobalt (Sm-Co), Neodym-Eisen-Bor (Nd-Fe-B) und/oder Ferrite (Strontium-Ferrite Sr-Fe-O, Barium-Ferrite Ba-Fe-O oder Cobalt-Ferrite Co-Fe-O). Diese pulverförmigen Werkstoffe können insbesondere durch werkzeuggebundenes oder heißisostatisches Pressen und einen anschließenden und/oder integrierten Sinterprozess und/oder in Kunststoffbindung als Spritzguß-Compound zu Permanentmagneten geformt und dann für den Antrieb des Rotors 149 (s. Fig. 3) verwendet werden.

[0060] Die Anordnung des/der Permanentmagneten 241 an der Rotorwelle 153 kann insbesondere ringförmig koaxial erfolgen. Permanentmagnete weisen typischerweise nur geringe mechanische Festigkeiten und/oder geringe Bruchdehnungswerte auf. Die bei Betrieb der Pumpe und Rotation des Rotors 149 entstehenden mehrachsigen, größtenteils radialen Zugspannungen in den Permanentmagneten durch Temperatur- und/oder Fliehkraftausdehnung können durch eine die Permanentmagnetanordnung zumindest teilweise, vorteilhaft ringförmige, insbesondere vollständig radial umschließende bzw. überdeckende Lastaufnahmhülse 242 minimiert werden.

[0061] Vorteilhaft wird die Lastaufnahmhülse 242 kraftschlüssig mit einem radialen Press- oder Schrumpfverbund und/oder insbesondere einer Klebeverbindung stoffschlüssig mit dem/den innenliegenden Permanentmagneten verbunden. So ist in Fig. 7 ein Klebebereich 243 vorgesehen, der mit einem Klebebereich 244 des Permanentmagneten 241 verklebt ist, wobei wenigstens einer der Klebebereiche 243 und 244 zuvor mittels Plasma behandelt wurde.

[0062] Die Lastaufnahmhülse 242 kann ein nichtmagnetisches Metall, insbesondere Edelstahl oder Titan, oder insbesondere einen Faserverbundwerkstoff umfassen, dessen Fasern vorteilhaft zu zumindest einem erheblichen Anteil zumindest im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufen, um die bei Rotation des Rotors 149 vornehmlich auftretenden Radialkräfte der im Inneren

der Lastaufnahmhülse 242 angeordneten Permanentmagnetanordnung vorteilhaft aufnehmen und diese entsprechend stützen zu können.

[0063] Die Lastaufnahmhülse 242 kann zusätzlich zur Stützung der Permanentmagnetanordnung weitere Funktionen aufweisen, beispielsweise kann sie ein- oder beidseitig über den bzw. die Permanentmagnete(n) 241 hinaus radial verlängert werden, um mit ihrem radialen Innen- oder Außendurchmesser und/oder einer oder beiden axialen Stirnflächen weitere axiale und/oder radiale Zentrierungen und/oder Verbindungen zum Rotor 149 oder seinen Elementen, insbesondere der Rotorwelle 153, einzugehen.

[0064] Vorteilhaft kann über eine radial und/oder axial wirksame Zentrierung zwischen Lastaufnahmhülse 242 und Rotorwelle 153 die koaxiale Gesamtausrichtung der Lastaufnahmhülse 240 mit der in ihrem Inneren zentrierten Permanentmagnetanordnung 241 optimiert ausgeführt werden. Die mechanische Verbindung mit der Rotorwelle 153 geschieht formschlüssig als Press- oder Schrumpfverbund und/oder vorteilhaft stoffschlüssig, beispielsweise mit einer Klebung, beispielsweise einer solchen mit Plasmabehandlung eines Klebebereichs.

[0065] Weiterhin kann die Lastaufnahmhülse 242 eine vakuumtechnische Funktion analog den Holweckhülsen 163, 165 aufweisen, soweit der Zwischenraum 219 analog den Holweck-Spalten 171, 173, 175 und der Motorstator 217 und/oder angrenzende Statorstrukturen analog den Holweckstatoren 167, 169 vakuumtechnisch vorteilhaft ausgestaltet sind.

[0066] Eine Verbesserung der Funktion des Elektromotors 125 ist durch eine radiale Anordnung eines ferromagnetischen Rückschlusselements 245 im radialen Inneren der Permanentmagnetanordnung bzw. des/der Permanentmagnete 241 möglich. Dieses Rückschlusselement 245 kann sowohl ringförmig als eigenständiges Element die Rotorwelle 153 radial umschließend oder als hohl oder massiv ausgeführte Rotorwelle 153 ausgeführt werden. In beiden Fällen ist das Ziel, den magnetischen Kreis des Elektromotors vorteilhaft durch Einbringung eines/mehrerer weichmagnetischer, insbesondere metallischer Elemente zu optimieren.

[0067] Die Verbindungen zwischen Rückschlussring 245, Permanentmagnet(en) 241, Rotorwelle 153 und/oder Lastaufnahmhülse 242 sind beispielsweise formschlüssig, als Press- oder Schrumpfverbund und/oder vorteilhaft stoffschlüssig, insbesondere mit mindestens einer Klebung ausgeführt. Eine Klebung kann z.B. mehr als zwei der vorgenannten Elemente vorteilhaft miteinander verbinden und einen betriebssicheren Gesamtverbund herstellen. Bei allen Klebeverbindungen kann beispielsweise wenigstens ein, insbesondere mehrere, Klebebereich je Verbindungspartner vorgesehen sein, von denen wenigstens einer, insbesondere mehrere oder alle mit Plasma vorbehandelt sind.

[0068] Die Rotorwelle 153 weist hier einen Klebebereich 246 auf, der als Ausnehmung gebildet ist, die eine zusätzliche Ausnehmung 247 aufweist, welche ebenfalls

den Klebebereich 246 bildet. Der Klebebereich 246 ist Teil einer Klebeverbindung mit mehreren weiteren Elementen, nämlich dem Permanentmagnet 241, dem Rückschlusselement und sogar zu einem kleinen Teil der Lastaufnahmhülse 242. Sie weisen eigene Klebebereiche 248, 249 bzw. 250 auf. Wenigstens einer der Klebebereiche 246, 248, 249 und 250 ist mit Plasma vorbehandelt.

[0069] Hier wird insbesondere sowohl an den Klebebereichen 243 und 244 eine Werkstoffpaarung von Kohlefaser-Verbundwerkstoff auf Seiten der Lastaufnahmhülse 242 und Kunststoff auf Seiten des kunststoffgebundenen Compound-Permanentmagneten 241 als auch an den Klebebereichen 246 und 248 eine Werkstoffpaarung von ferromagnetischem Stahl auf Seiten des Rückschlussrings 245 und Aluminium auf Seiten der Rotorwelle 153 verklebt. An den Klebebereichen 246 und 248, nämlich in einem axialen Endbereich derselben, nehmen zusätzlich die Werkstoffe von Permanentmagnet 241 und Lastaufnahmhülse 242 teil. Diese Klebung 246, 248 ist in einer komplexen Form ausgeführt und verbindet über mehrere Teilvolumen hinweg in einer mehrachsigen Anordnung alle vorgenannten Teile 153, 241, 242 und 245.

Bezugszeichenliste

[0070]

111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Elektromotor
127	Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrung
148	Kühlmittelleitung
149	Rotor
151	Rotationsachse
153	Rotorwelle
155	Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
161	Rotornabe
163	Holweck-Rotorhülse
165	Holweck-Rotorhülse

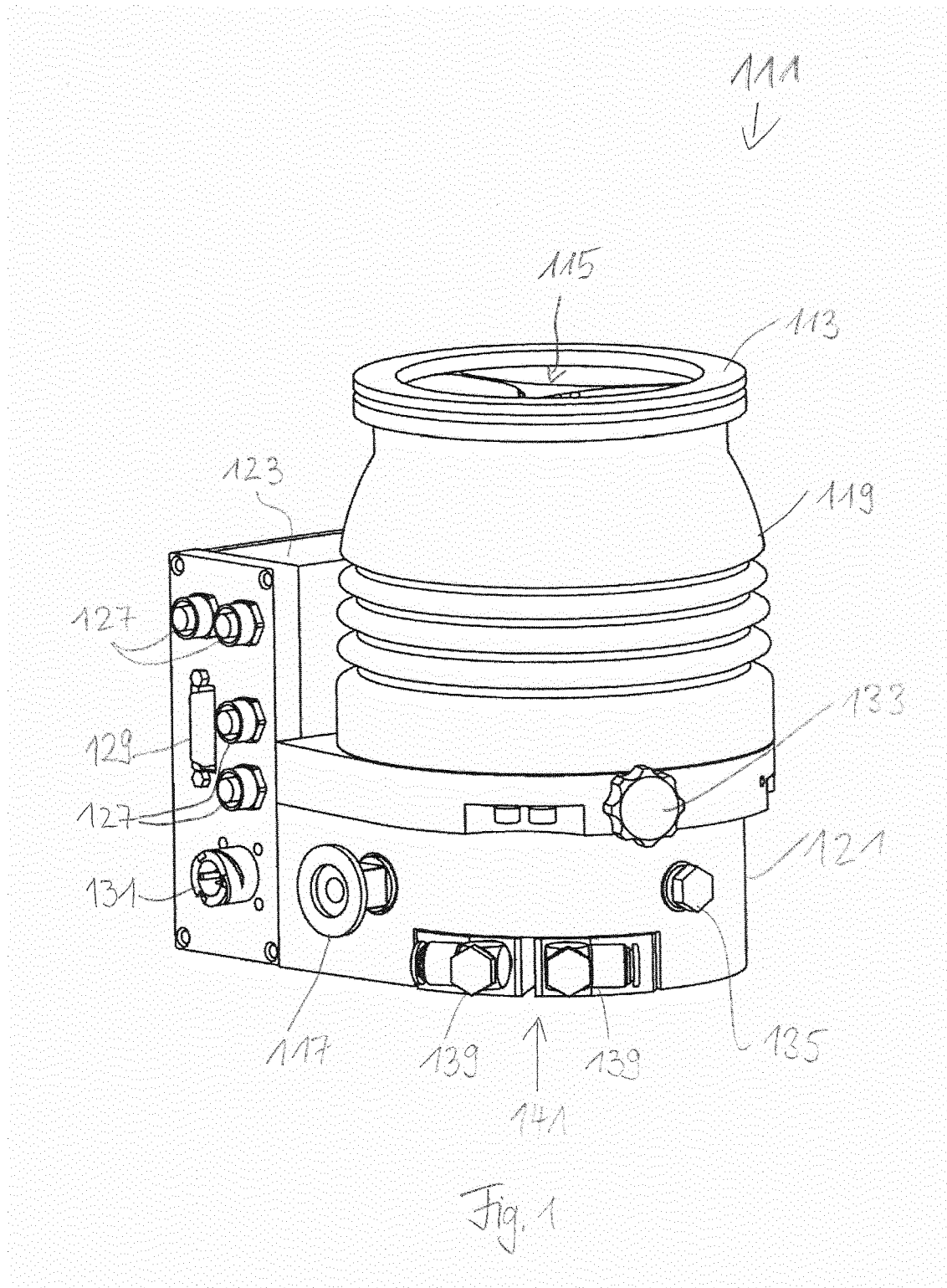
167	Holweck-Statorhülse
169	Holweck-Statorhülse
171	Holweck-Spalt
173	Holweck-Spalt
5 175	Holweck-Spalt
179	Verbindungskanal
181	Wälzlager
183	Permanentmagnetlager
185	Spritzmutter
10 187	Scheibe
189	Einsatz
191	rotorseitige Lagerhälfte
193	statorseitige Lagerhälfte
195	Ringmagnet
15 197	Ringmagnet
199	Lagerspalt
201	Trägerabschnitt
203	Trägerabschnitt
205	radiale Strebe
20 207	Deckelelement
209	Stützring
211	Befestigungsring
213	Tellerfeder
215	Not- bzw. Fanglager
25 217	Motorstator
219	Zwischenraum
221	Wandung
223	Labyrinthdichtung
231-240	Klebebereich
30 241	Permanentmagnet
242	Lastaufnahmhülse
243	Klebebereich
244	Klebebereich
245	Rückschlusselement
35 246	Klebebereich
247	Ausnehmung
248-250	Klebebereiche

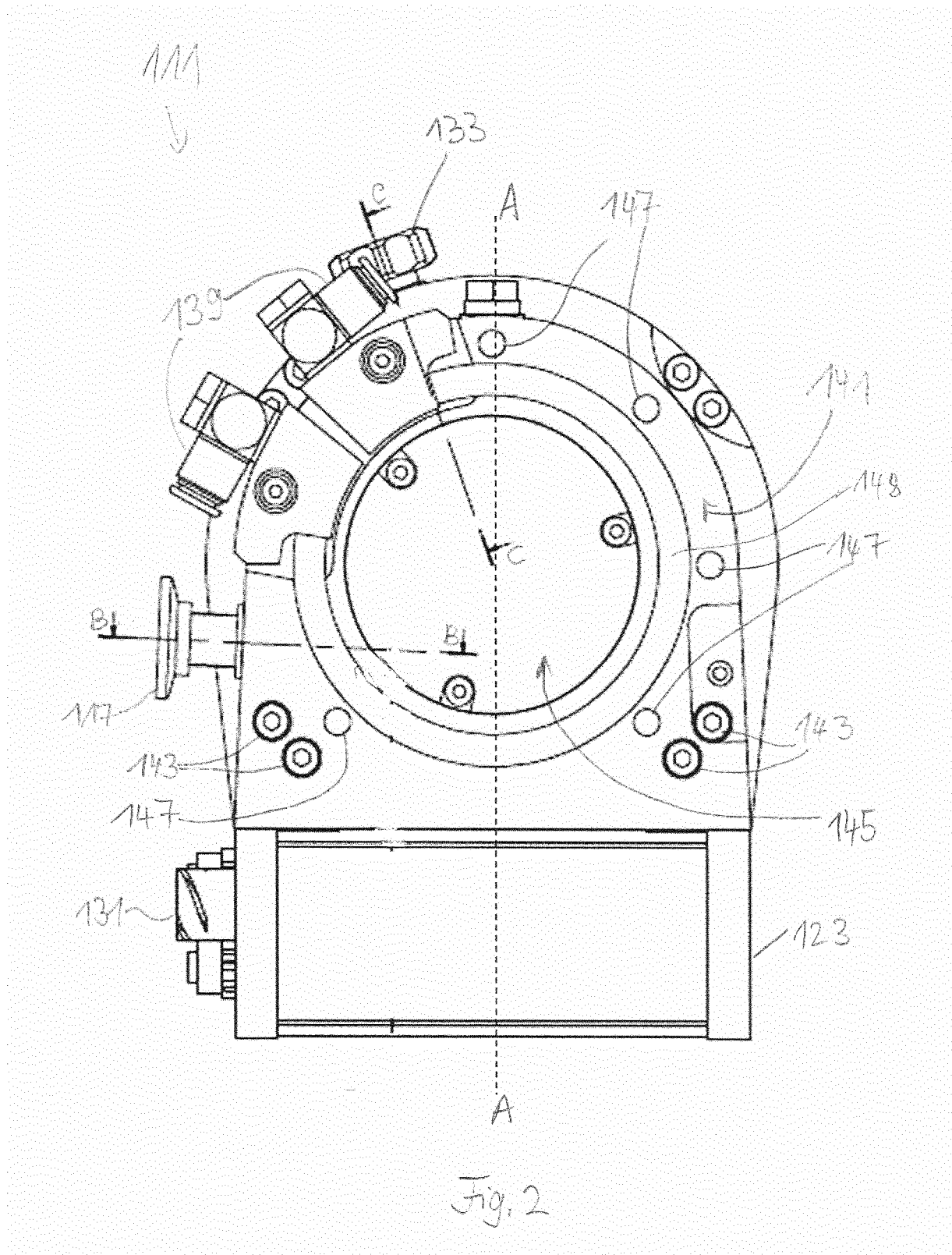
40 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularpumpe, bei dem ein erstes Element (163, 165) mit einem zweiten Element (161) mittels eines Klebers verbunden wird, wobei das erste und das zweite Element (163, 165, 161) jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich (231, 232, 233, 234) aufweisen und
 - 50 wobei wenigstens einer der Klebebereiche (231, 232, 233, 234) zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
 - 55 **dadurch gekennzeichnet,**
 - dass** die Plasmabehandlung bei einem Druck unterhalb des atmosphärischen Drucks oder bei atmosphärischem Druck durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Plasma aus Luft als Plasmaprozessgas erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das erste und/oder zweite Element (163, 165, 161) im Ganzen mit Plasma behandelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Plasmabehandlung wenigstens 1 min und/oder höchstens 10 min lang durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Plasma mittels Gleichstrom, Wechselstrom, welcher insbesondere nieder- oder hochfrequent ist, und/oder Mikrowellen erzeugt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das erste und das zweite Element (163, 165, 161) zur Rotation im Betrieb der Vakuumpumpe (111) vorgesehen sind.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vakuumpumpe (111) eine Holweck-Stufe aufweist und das erste Element (163, 165) ein pumpaktives Element der Holweckstufe umfasst.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das erste Element (163, 165) einen Verbundwerkstoff umfasst.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das erste Element (163, 165) einen zumindest im Wesentlich zylindrischen Abschnitt und in diesem Abschnitt einen Faserverbundwerkstoff umfasst, wobei insbesondere die Fasern des Faserverbundwerkstoffs zu zumindest einem erheblichen Anteil zumindest im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufen.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
- das zweite Element (161) einen Metallwerkstoff umfasst.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
an dem ersten und/oder dem zweiten Element (163, 165, 161) eine Ausnehmung vorgesehen wird und ein Bereich in der Ausnehmung den Klebebereich zumindest teilweise bildet.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen dem ersten und zweiten Element ein zumindest im Wesentlichen zylindrischer Verbindungsbereich definiert ist.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zylindrische Verbindungsbereich coaxial zu einer Rotationsachse (151) eines Rotors (149) der Vakuumpumpe (111) angeordnet ist.
15. Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularpumpe, insbesondere hergestellt durch ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein erstes Element (163, 165) und ein zweites Element (161), welche mittels eines Klebers verbunden sind,
wobei das erste und das zweite Element (163, 165, 161) jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich (231, 232, 233, 234) aufweisen, und
wobei wenigstens einer der Klebebereiche (231, 232, 233, 234) zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt worden ist.
- Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**
1. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularpumpe, bei dem ein erstes Element (163, 165) mit einem zweiten Element (161) mittels eines Klebers verbunden wird, wobei das erste und das zweite Element (163, 165, 161) jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich (231, 232, 233, 234) aufweisen,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens einer der Klebebereiche (231, 232, 233, 234) zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Plasmabehandlung bei einem Druck unter-

- halb des atmosphärischen Drucks oder bei atmosphärischem Druck durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma aus Luft als Plasmaprozessgas erzeugt wird. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Element (163, 165, 161) im Ganzen mit Plasma behandelt wird. 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmabehandlung wenigstens 1 min und/oder höchstens 10 min lang durchgeführt wird. 15 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Plasma mittels Gleichstrom, Wechselstrom, welcher insbesondere nieder- oder hochfrequent ist, und/oder Mikrowellen erzeugt wird. 25
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Element (163, 165, 161) zur Rotation im Betrieb der Vakuumpumpe (111) vorgesehen sind. 30
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumpumpe (111) eine Holweck-Stufe aufweist und das erste Element (163, 165) ein pumpaktives Element der Holweckstufe umfasst. 35 40
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (163, 165) einen Verbundwerkstoff umfasst. 45
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das erste Element (163, 165) einen zumindest im Wesentlichen zylindrischen Abschnitt und in diesem Abschnitt einen Faserverbundwerkstoff umfasst, wobei insbesondere die Fasern des Faserverbundwerkstoffs zu zumindest einem erheblichen Anteil zumindest im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufen. 50 55
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Element (161) einen Metallwerkstoff umfasst. 5
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass an dem ersten und/oder dem zweiten Element (163, 165, 161) eine Ausnehmung vorgesehen wird und ein Bereich in der Ausnehmung den Klebebereich zumindest teilweise bildet. 10
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten und zweiten Element ein zumindest im Wesentlichen zylindrischer Verbindungsbereich definiert ist. 15
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der zylindrische Verbindungsbereich coaxial zu einer Rotationsachse (151) eines Rotors (149) der Vakuumpumpe (111) angeordnet ist. 20
15. Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularpumpe, insbesondere hergestellt durch ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein erstes Element (163, 165) und ein zweites Element (161), welche mittels eines Klebers verbunden sind,
wobei das erste und das zweite Element (163, 165, 161) jeweils einen für den Kleber vorgesehenen ersten bzw. zweiten Klebebereich (231, 232, 233, 234) aufweisen,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Klebebereiche (231, 232, 233, 234) zumindest teilweise vor dem Verbinden mittels Plasma behandelt worden ist. 25 30 35 40 45 50 55





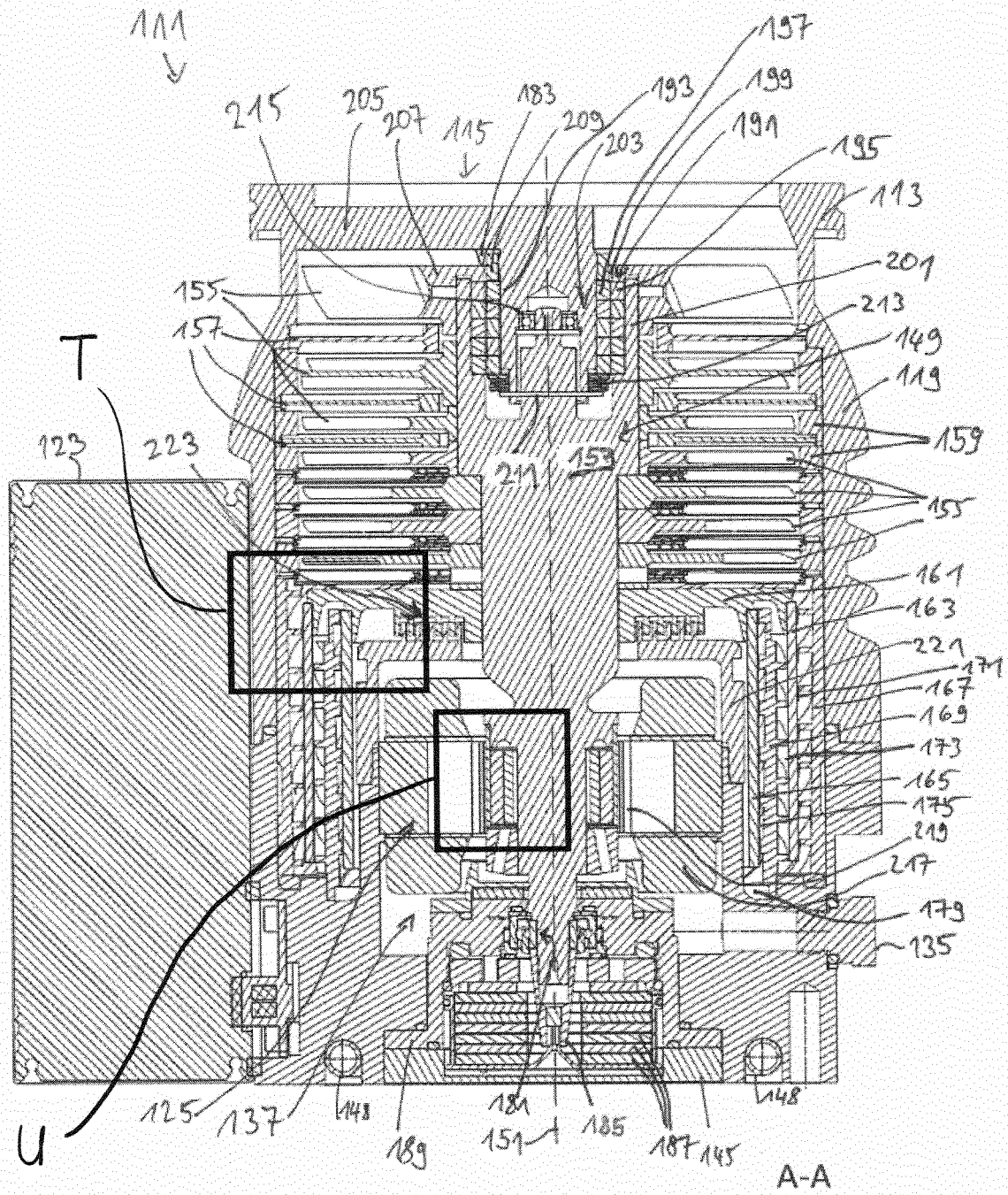
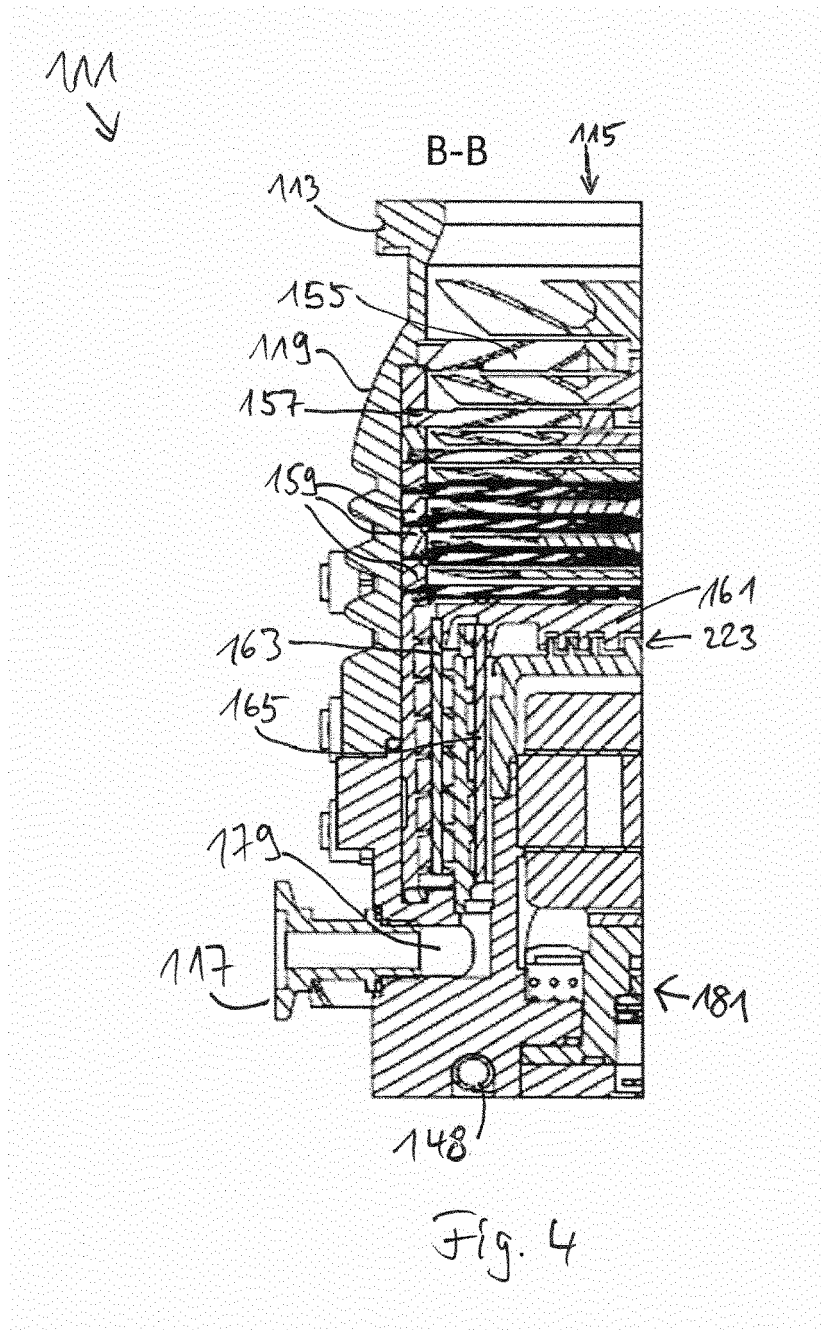
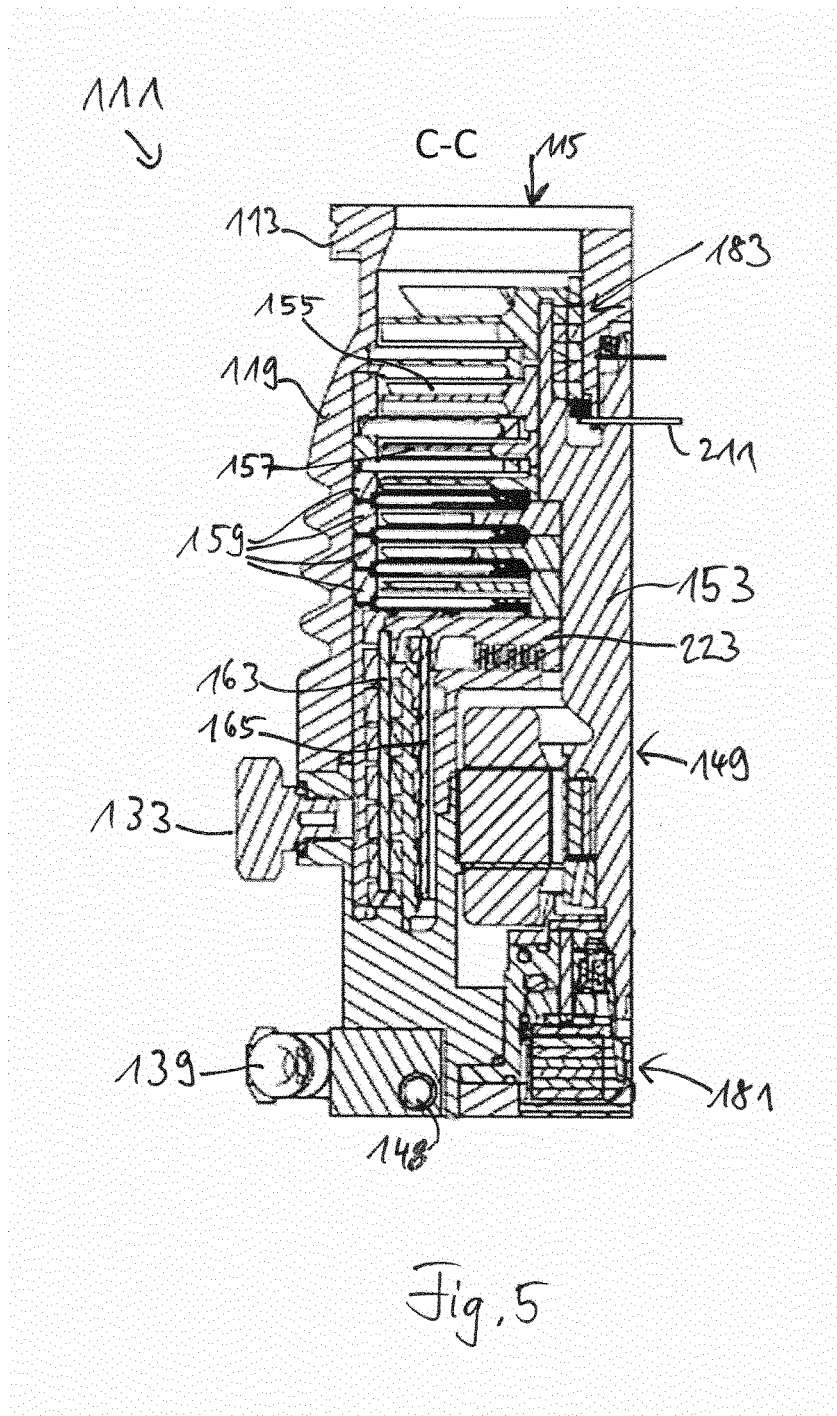
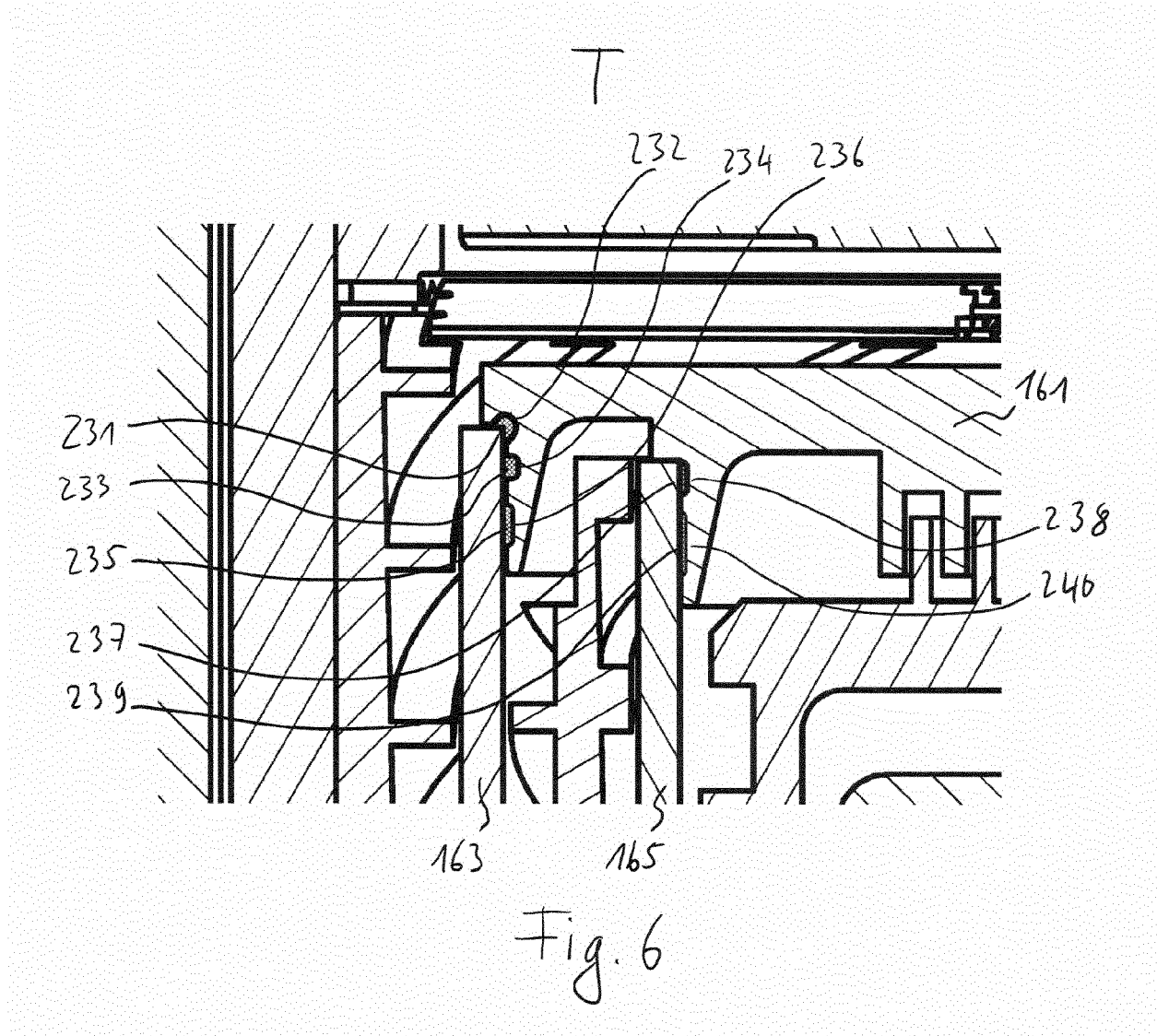
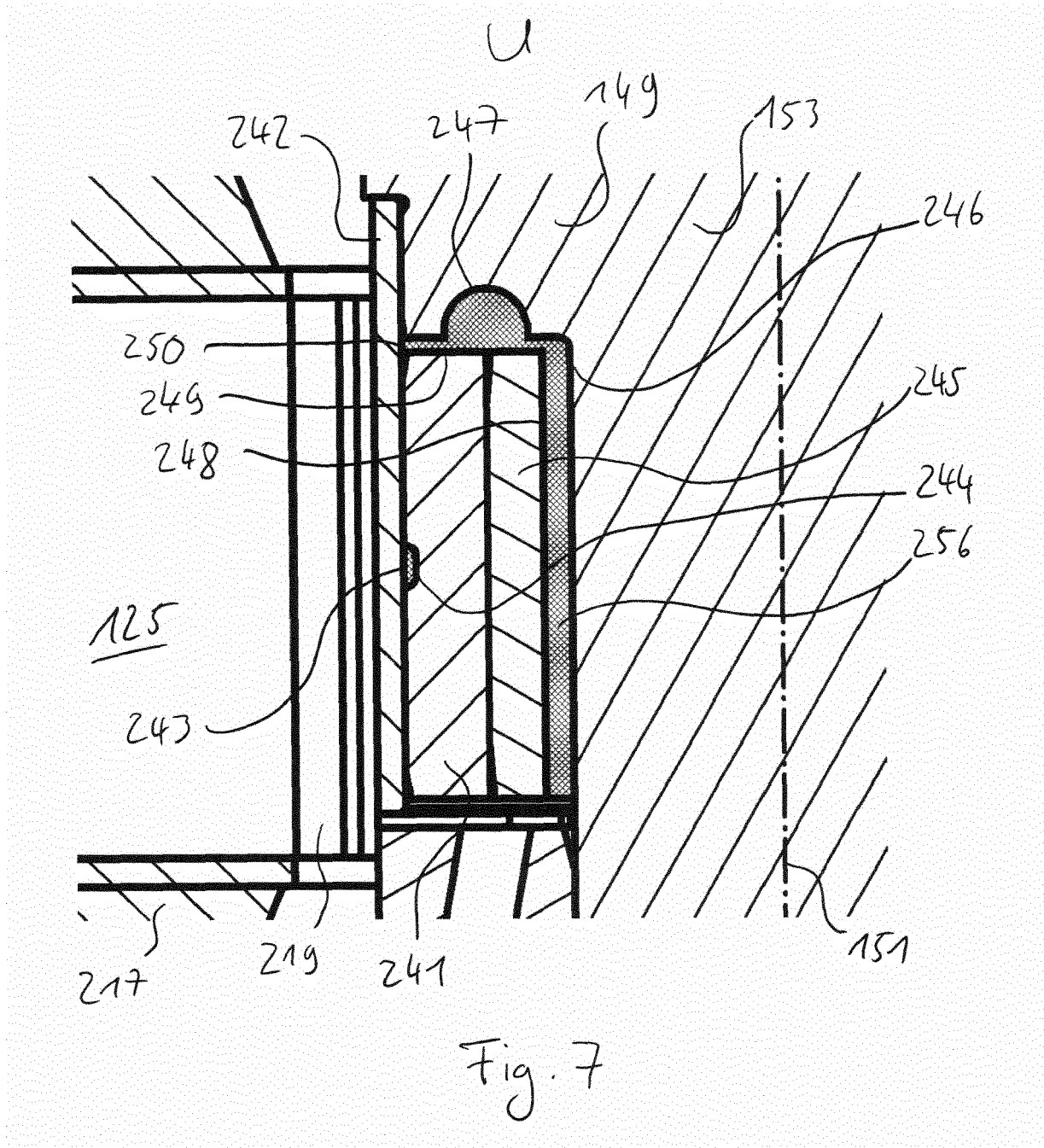


Fig. 3











EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 18 8711

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	EP 2 597 313 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 29. Mai 2013 (2013-05-29) * Absätze [0002], [0021] - [0023] * * Ansprüche 1,5,6,8,9 * * Abbildung 1 *	1-15	INV. F04D19/04 C09J5/02 F04D29/02 F04D29/32
Y	WO 2006/084901 A1 (SIKA TECHNOLOGY AG [CH]; ARBER WILLY [CH]; FREY PATRICK [CH]; SLONGO M) 17. August 2006 (2006-08-17) * Seite 5, Zeilen 1-14 * * Seite 6, Zeilen 20-23 * * Seite 9, Zeilen 18-27 * * Seite 1, Zeilen 18-24 *	1-15	
Y	DE 10 2012 017384 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV [NL]) 7. März 2013 (2013-03-07) * Absätze [0011], [0012], [0015], [0020], [0023] - [0025] *	1-15	
Y	EP 2 886 869 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 24. Juni 2015 (2015-06-24) * Absätze [0028] - [0030], [0038] - [0040] * * Abbildung 1 *	1-7, 11-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D C09J
Y	DE 10 2013 209614 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 27. November 2014 (2014-11-27) * Absätze [0022], [0023], [0032], [0043] - [0045], [0050], [0051] * * Abbildungen 1,3 *	1-9,11, 15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Januar 2019	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 18 8711

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-01-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2597313 A2	29-05-2013	DE 102011119506 A1	29-05-2013
		EP 2597313 A2	29-05-2013
		JP 6017278 B2	26-10-2016
		JP 2013113300 A	10-06-2013
WO 2006084901 A1	17-08-2006	BR PI0607182 A2	11-08-2009
		CN 101151340 A	26-03-2008
		EP 1851282 A1	07-11-2007
		JP 5047811 B2	10-10-2012
		JP 2008530295 A	07-08-2008
		US 2009226747 A1	10-09-2009
		WO 2006084901 A1	17-08-2006
DE 102012017384 A1	07-03-2013	CA 2788378 A1	02-03-2013
		CN 102975367 A	20-03-2013
		DE 102012017384 A1	07-03-2013
		GB 2494288 A	06-03-2013
		RU 2012137201 A	10-03-2014
		US 2013056443 A1	07-03-2013
EP 2886869 A1	24-06-2015	DE 102013114576 A1	25-06-2015
		EP 2886869 A1	24-06-2015
		JP 6027601 B2	16-11-2016
		JP 2015117699 A	25-06-2015
DE 102013209614 A1	27-11-2014	KEINE	

EPO FORM P0461

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