

(19)



(11)

EP 4 407 183 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.2024 Patentblatt 2024/31

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04C 18/02 (2006.01) F04C 23/00 (2006.01)
F04C 25/02 (2006.01) F04C 27/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24179224.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04C 18/0215; F04C 23/008; F04C 25/02;
F04C 27/005; F04C 2270/175

(22) Anmeldetag: **31.05.2024**

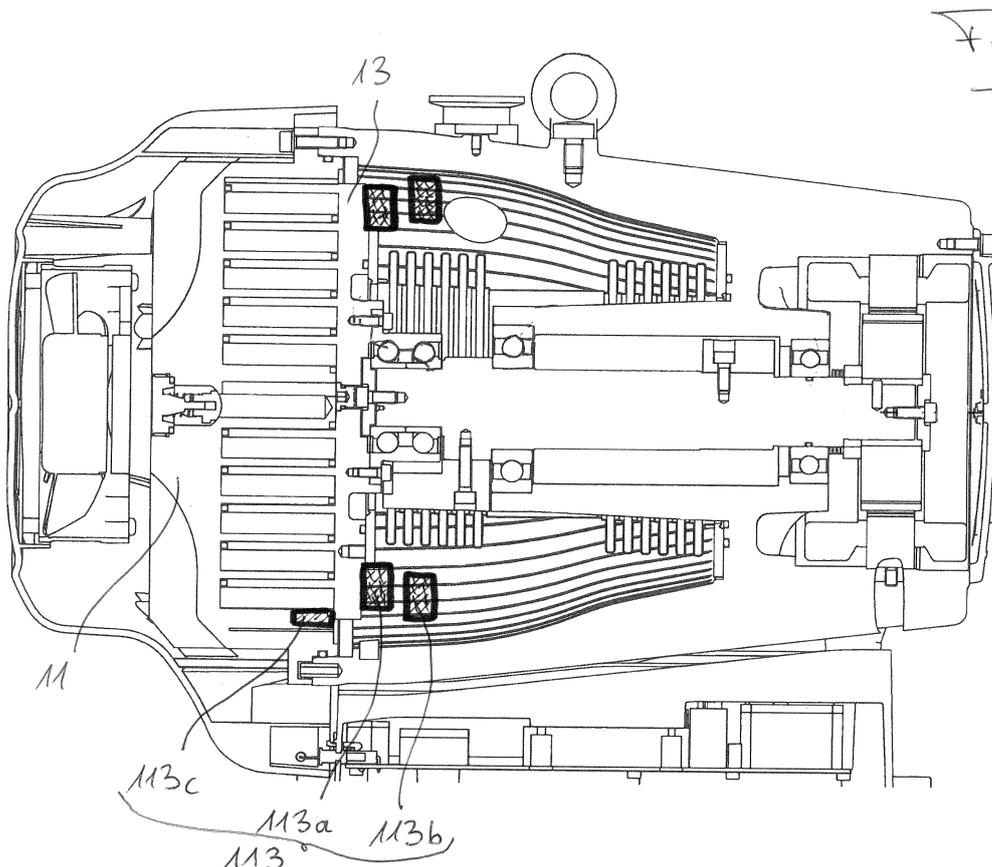
(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)
(72) Erfinder: **Die Erfindernennung liegt noch nicht vor**
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **SCROLLVAKUUMPUMPE UND IHR BETRIEBSVERFAHREN**

(57) Scrollvakuumpumpe mit einem Pumpsystem (11,13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst, einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweg-

lichen Spiralbauteils (13), und einem elektrischen Antriebsmotor (21,23) für die Antriebswelle (17), wobei zwischen den beiden Spiralbauteilen (11,13) ein Axialspaltmaß vorhanden ist, und wobei ein Stellmittel (113) vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß einzustellen.



EP 4 407 183 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft die Verbesserung von Scrollvakuumpumpen sowie von Verfahren zum Betreiben von Scrollvakuumpumpen.

[0002] Dabei umfassen die Scrollvakuumpumpen jeweils ein Pumpsystem, das ein feststehendes Spiralbauteil und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil umfasst, eine im Betrieb um eine Drehachse rotierende Antriebswelle mit einem Exzenterabschnitt zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils, und einen elektrischen Antriebsmotor für die Antriebswelle.

[0003] Scrollvakuumpumpen sind grundsätzlich bekannt, z.B. aus EP 3 153 708 A2, EP 3 617 511 A2, EP 3 647 599 A2, EP 4 174 285 A1 und EP 4 253 720 A2.

[0004] Eine Scrollpumpe ist eine gegen Atmosphärendruck verdichtende Verdrängerpumpe, die sich unter anderem als Kompressor einsetzen lässt. Eine Scrollvakuumpumpe kann zur Erzeugung eines Vakuums in einem Rezipienten verwendet werden, der an einen Gaseinlass der Scrollvakuumpumpe angeschlossen ist.

[0005] Scrollvakuumpumpen werden auch als Spiralvakuumpumpen oder Spiralfördereinrichtungen bezeichnet. Das einer Scrollvakuumpumpe zugrundeliegende Pumpprinzip ist aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt und wird daher nachstehend nur kurz erläutert.

[0006] Typischerweise weist das Pumpsystem einer Scrollvakuumpumpe zwei ineinander verschachtelte bzw. ineinander gesteckte, beispielsweise archimedische, Spiralzylinder auf, die auch lediglich als Spiralen bezeichnet werden. Jeder Spiralzylinder umfasst dabei zumindest eine Spiralwand mit einem an einer Stirnseite der Spiralwand vorgesehenen, insbesondere plattenförmigen, Träger, wobei die äußeren Windungen des Spiralzylinders, beispielsweise die zwei oder drei äußersten Windungen des Spiralzylinders, durch Wandabschnitte gebildet werden können, die vom Mittelpunkt der Spiralen jeweils einen in Umfangsrichtung konstanten Abstand aufweisen. Auch wenn diese Wandabschnitte strenggenommen keine Spiralabschnitte, sondern Kreisabschnitte bilden, werden sie im Kontext der vorliegenden Offenbarung der Spirale zugerechnet und als Windungen der Spirale bezeichnet.

[0007] Die Spiralzylinder sind dabei so ineinandergesteckt, dass die beiden Spiralzylinder abschnittsweise halbmond- bzw. sichelförmige Volumina (Förderräume) umschließen. Eine der beiden Spiralen ist dabei unbeweglich bzw. feststehend im Gehäuse der Pumpe angeordnet, wohingegen die andere Spirale mitsamt ihres Trägers über den Exzenterabschnitt der Antriebswelle auf einer kreisförmigen Bahn bewegt werden kann, weshalb diese Spirale zusammen mit ihrem Träger auch als Orbiter bezeichnet wird. Dieses bewegliche Spiralbauteil führt somit eine sogenannte zentralsymmetrische Oszillation aus, was auch als "Orbitieren" oder "Wobbeln" bezeichnet wird. Ein zwischen den Spiralzylindern einge-

schlossenes halbmondförmiges Volumen (Förderraum) wandert während des Orbitierens des beweglichen Spiralbauteils innerhalb der Spiralen zunehmend nach innen, wodurch mittels des wandernden Volumens das zu pumpende Prozessgas von einem radial außenliegenden Gaseinlass des Pumpsystems nach radial innen zu einem insbesondere in der Spiralmittte befindlichen Gasauslass des Pumpsystems gefördert wird.

[0008] Der Exzenterantrieb, also die Antriebswelle mit dem Exzenterabschnitt, befindet sich innerhalb des Gehäuses der Scrollvakuumpumpe auf der der Spirale des Orbiters abgewandten Seite des Trägers und ist in der Praxis meistens von einer verformbaren Hülse, beispielsweise einem Wellbalg, umgeben, der einerseits zur Abdichtung des Antriebs gegenüber dem Ansaugbereich und andererseits als Drehsicherung für den Orbiter dient, da sich dieser anderenfalls, also ohne eine Drehsicherung, um sich selbst drehen könnte. Um diese Drehsicherung zu gewährleisten, kann beispielsweise die verformbare Hülse an einem ersten Ende mit dem Träger verbunden sein, wohingegen das dem ersten Ende gegenüberliegende zweite Ende der verformbaren Hülse mittels mehrerer Befestigungsmittel im Inneren des Gehäuses an einem Gehäusegrund verschraubt sein kann. Die verformbare Hülse (z.B. Wellbalg) ist dauerhaft dicht und somit gegenüber einem Pumpengehäuse und dem beweglichen Spiralbauteil abgedichtet.

[0009] Die Baugruppe umfassend den Orbiter und die verformbare Hülse (z.B. Wellbalg) kann im Rahmen der Pumpenmontage vormontiert werden, so dass diese Baugruppe anschließend als eine Einheit in das Pumpengehäuse eingesetzt werden kann, woraufhin das erwähnte zweite Ende der verformbaren Hülse am Gehäusegrund mit den Befestigungsmitteln verschraubt werden kann. Üblicherweise sind die Spiralwände des beweglichen Spiralbauteils und die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Träger abgewandten Stirnseite mit einem separaten Dichtungselement versehen, das auf dem Gebiet der Scrollvakuumpumpen auch als TipSeal bezeichnet wird. Die TipSeals, die üblicherweise aus einem Kunststoff hergestellt sind, sorgen für die Abdichtung der erwähnten, von den Spiralwänden umschlossenen Volumina und sind somit für die Vakuumperformance einer Scrollvakuumpumpe von besonderer Bedeutung.

[0010] TipSeals sind aber auch mit Nachteilen verbunden. TipSeals besitzen eine begrenzte Lebensdauer, müssen also regelmäßig ausgewechselt werden, was den Wartungsaufwand für Scrollvakuumpumpen erhöht. Zudem erzeugen TipSeals Abrieb. Ferner sind TipSeals empfindlich gegenüber bestimmten äußeren Einflüssen wie beispielsweise radioaktiver Strahlung, denen Scrollvakuumpumpen in bestimmten Anwendungen ausgesetzt sein können.

[0011] Scrollvakuumpumpen ohne TipSeals an den Spiralwänden sind bekannt, erfordern allerdings eine äußerst exakte Relativstellung zwischen feststehendem Spiralbauteil und beweglichem Spiralbauteil, um ein ex-

akt definiertes axiales - bezogen auf die Drehachse - Spaltmaß jeweils zwischen den Stirnseiten der Spiralwände des einen Spiralbauteils und dem sogenannten Nutgrund oder Spiralgrund (im Folgenden nur als Spiralgrund bezeichnet), also der zugewandten Seite des Trägers, des anderen Spiralbauteils, zu erhalten. Um eine Vorstellung von den Dimensionen zu bekommen, muss man sich klarmachen, dass ein Axialspaltmaß in der Größenordnung von 10 bis 30 μm für eine akzeptierbare Vakuumperformance erforderlich ist, wobei bereits geringfügig, also um wenige Mikrometer größere Axialspaltmaße eine relevante Verschlechterung der Vakuumperformance zur Folge haben können. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass die beiden Axialspaltmaße gleich, aber auch unterschiedlich sein können, d.h. das axiale Spaltmaß zwischen den Spiralwand-Stirnseiten des Orbiters und dem Nutgrund des Spiralgehäuses einerseits und das axiale Spaltmaß zwischen den Spiralwand-Stirnseiten des Spiralgehäuses und dem Nutgrund des Orbiters andererseits können entweder gleich oder voneinander verschieden sein.

[0012] Ein exaktes Axialspaltmaß spielt bei Scrollvakuumpumpen mit TipSeals eine eher untergeordnete Rolle, da Toleranzen bezüglich der Relativstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen durch die TipSeals zumindest zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden können.

[0013] Im Sinne einer einheitlichen Definition wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung unter dem Axialspaltmaß das Spaltmaß zwischen Stirnseite einer jeweiligen Spiralwand des einen Spiralbauteils und dem Nutgrund des anderen Spiralbauteils verstanden, und zwar auch dann, wenn die Spiralwand mit einem Dichtungselement (TipSeal) versehen ist, d.h. in diesem Fall wird unter dem Axialspaltmaß nicht das Spaltmaß bezüglich der Stirnseite des Dichtungselementes, sondern ebenfalls bezüglich der Stirnseite der mit dem Dichtungselement versehenen Spiralwand verstanden.

[0014] Scrollvakuumpumpen ohne TipSeals und mit gleichzeitig ausreichend hoher Vakuumperformance wären nicht nur wegen des geringeren Wartungsaufwands, wegen des nicht mehr vorhandenen Abriebs und wegen ihrer Unempfindlichkeit gegenüber bestimmten äußeren Einflüssen von Vorteil, sondern würden auch zu einer zeitlich konstanten Vakuumperformance der Scrollvakuumpumpe führen, da ohne TipSeals keine Komponenten mehr vorhanden wären, die einerseits die Vakuumperformance wesentlich mitbestimmen, die andererseits aber gleichzeitig verschleißbehaftet sind.

[0015] Scrollvakuumpumpen ohne TipSeals wären daher auch in solchen für die Praxis interessanten Anwendungen einsetzbar, bei denen weniger eine besonders hohe, sondern vielmehr eine zeitlich möglichst konstante Vakuumperformance im Vordergrund steht.

[0016] Vor diesem Hintergrund wird klar, dass Scrollvakuumpumpen ohne TipSeals und mit exakt definiertem Axialspaltmaß neue Märkte eröffnen könnten.

[0017] Aufgabe der Erfindung ist es, Scrollvakuumpumpen der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass ein exaktes Axialspaltmaß gegeben ist.

pumpen der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass ein exaktes Axialspaltmaß gegeben ist.

[0018] Diese Aufgabe wird durch verschiedene Aspekte der Erfindung gelöst. Die nachfolgend offenbarten Aspekte der Erfindung können in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden, sofern sie einander nicht widersprechen. Bei diesen Aspekten handelt es sich um die in den Ansprüchen definierten Aspekte sowie um deren in der nachfolgenden Beschreibung (einschließlich der Figurenbeschreibung) angegebenen Weiterbildungen, die auch als Ausführungsformen oder Ausführungsbeispiele bezeichnet werden. Dabei können jeweils Weiterbildungen eines Aspektes mit anderen Aspekten und deren Weiterbildungen in beliebiger Weise kombiniert werden, sofern dies nicht zu Widersprüchen führt.

[0019] Sofern nicht jeweils ausdrücklich erwähnt, kann bei jedem der offenbarten Aspekte die Scrollvakuumpumpe eine Steuereinrichtung umfassen, welche dazu ausgebildet ist, die für das jeweilige Konzept der Axialspaltmaß-Einstellung erforderlichen Funktionen auszuführen, und welche in eine den eigentlichen Pumpbetrieb der Scrollvakuumpumpe steuernde Steuereinrichtung integriert oder separat vorgesehen sein kann, dann aber dazu ausgebildet ist, mit der den Pumpbetrieb steuernden Steuereinrichtung zu kommunizieren.

[0020] Nach einem ersten Aspekt der Erfindung ist zwischen den beiden Spiralbauteilen ein Axialspaltmaß vorhanden, wobei ein Stellmittel vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß einzustellen.

[0021] Durch das Stellmittel ist es möglich, das Axialspaltmaß, also den bezogen auf die Drehachse der im Betrieb rotierenden Antriebswelle axialen Abstand, zwischen den Stirnseiten der Spiralwände und dem jeweiligen Spiralgrund exakt zu definieren.

[0022] Wie im Einleitungsteil bereits erwähnt, wird das feststehende Spiralbauteil auch als Spiralgehäuse und das bewegliche Spiralbauteil auch als Orbiter bezeichnet.

[0023] Das "Einstellen" des Axialspaltmaßes umfasst auch ein "Halten" des Axialspaltmaßes auf einem Sollwert, der beispielsweise vom Hersteller der Scrollvakuumpumpe für eine jeweilige Anwendung vorgegeben werden kann oder der vom Benutzer der Scrollvakuumpumpe vorgebar sein, also individuell gewählt werden kann. Ein solches "Halten" des Axialspaltmaßes kann mit einem Verändern des Axialspaltmaßes einhergehen, wenn es während des Pumpbetriebs beispielsweise aufgrund thermischer Einflüsse oder aus anderen Gründen zu Abweichungen von einem jeweiligen Sollwert kommt und folglich eine Änderung erforderlich ist.

[0024] Das "Einstellen" des Axialspaltmaßes umfasst auch ein "Verändern" des Axialspaltmaßes im Sinne einer Änderung eines Sollwertes. Eine solche Änderung kann beispielsweise dann erforderlich sein, wenn z.B. für unterschiedliche Betriebsbedingungen oder Anwendungen unterschiedlich große Axialspalte erforderlich sind.

[0025] Das "Einstellen" des Axialspaltmaßes umfasst

auch Maßnahmen, die es einem der Spiralbauteile oder beiden Spiralbauteilen ermöglichen, sich - und damit die Relativstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen - selbst einzustellen, beispielsweise im Sinne eines "Ausrichtens", insbesondere nach einer Einlaufzeit der Scrollvakuumpumpe. Wenn im Rahmen der vorliegenden Offenbarung von einem Einlaufen, z.B. im Sinne eines Einschleifens, die Rede ist, dann ist hierunter ein Einlaufen von an den Stirnseiten der Spiralwände vorhandenen Dichtungselementen (TipSeals) zu verstehen, auch wenn im jeweiligen Zusammenhang das Vorhandensein von Dichtungselementen nicht ausdrücklich erwähnt ist.

[0026] Der Begriff "Stellmittel" ist breit zu verstehen und kann auch eine "passive" Maßnahme umfassen, beispielsweise eine bestimmte Materialpaarung, einen speziellen thermischen Ausdehnungskoeffizienten oder einen speziellen thermischen Expansionsgrad an einem Bauteil oder an einem Abschnitt eines Bauteils der Scrollvakuumpumpe oder einer Kombination unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten oder spezieller thermischer Expansionsgrade.

[0027] Als ein "aktives" Stellmittel kann beispielsweise eine Anordnung mit zumindest einem Bauteil oder einer Baugruppe und einer zugeordneten Steuerung umfassen. Durch entsprechende Ansteuerung des Bauteils bzw. der Baugruppe kann eine jeweils gewünschte Stellwirkung erzielt werden.

[0028] In einigen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß außerhalb des Pumpbetriebs einzustellen. Das Axialspaltmaß kann beispielsweise einmalig bei der Montage der Scrollvakuumpumpe eingestellt werden. Dies wird auch als initiale Axialspalt-Einstellung bezeichnet. Alternativ oder zusätzlich kann das Stellmittel so ausgebildet sein, dass das Axialspaltmaß in bestimmten Situationen eingestellt werden kann, beispielsweise im Rahmen einer Wartung der Scrollvakuumpumpe oder bei der Vorbereitung für eine neue Anwendung. Das Einstellen des Axialspaltmaßes kann beispielsweise manuell erfolgen.

[0029] Bei einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß während des Pumpbetriebs einzustellen.

[0030] Das Einstellen kann beispielsweise manuell erfolgen.

[0031] In anderen Ausführungsformen kann das Einstellen im Rahmen einer Regelung erfolgen. Insbesondere ist bei einer solchen Regelung das Axialspaltmaß die Regelgröße, deren Wert fortlaufend als Ist-Wert gemessen und mit einem - gegebenenfalls von einem oder mehreren Parametern abhängigen - Soll-Wert verglichen wird. Die Stellgröße zur Beeinflussung des Axialspaltmaßes kann unterschiedlich sein. Beispielsweise kann als Stellgröße die Drehzahl eines Lüfters dienen, mit dem der Wärmetransport innerhalb der Pumpe dahingehend beeinflusst wird, dass mehr oder weniger Wärme zu einem bestimmten Bauteil oder einem Abschnitt eines Bauteils gelangt, dessen thermische Ausdehnung mittels

des Lüfters beeinflusst werden soll, um das bewegliche Spiralbauteil entsprechend mechanisch zu beaufschlagen und so das Axialspaltmaß entsprechend einzustellen.

5 **[0032]** Das vorstehend erläuterte Regelungsbeispiel soll lediglich exemplarisch veranschaulichen, auf welche Weise das Axialspaltmaß im Rahmen einer Regelung während des Pumpbetriebs eingestellt werden kann.

10 **[0033]** Wenn das Stellmittel geeignet ausgebildet ist, kann auch ein manuelles Einstellen während des Pumpbetriebs erfolgen. Dabei umfasst "manuell" ein Betätigen oder Verstellen eines wie auch immer gearteten Stellgliedes sowohl werkzeuglos mit der Hand als auch mittels eines Werkzeugs.

15 **[0034]** Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eines der beiden Spiralbauteile, insbesondere das bewegliche Spiralbauteil, oder beide Spiralbauteile zu beaufschlagen. Die Beaufschlagung erfolgt dabei insbesondere mechanisch. Die mechanische Beaufschlagung kann direkt oder indirekt erfolgen, wobei unter einer indirekten mechanischen Beaufschlagung zu verstehen ist, dass das betreffende Spiralbauteil über ein weiteres Bauteil beaufschlagt wird.

20 **[0035]** Mit anderen Worten handelt es sich bei der Beaufschlagung um eine aktive Maßnahme zum Einstellen des Axialspaltmaßes. Dies ist im Gegensatz zu einer passiven Maßnahme zu verstehen, wie beispielsweise die Auswahl von Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

30 **[0036]** Die Beaufschlagung eines der beiden Spiralbauteile, insbesondere eine mechanische Beaufschlagung und dabei insbesondere eine mechanische Beaufschlagung des beweglichen Spiralbauteils, kann den Umstand ausnutzen, dass die Lagerung des beweglichen Spiralbauteils am Exzenterabschnitt der Antriebswelle eine gewisse geringfügige axiale Beweglichkeit erlaubt. Die Lagerung des beweglichen Spiralbauteils kann beispielsweise durch ein Wälzlager erfolgen. Insbesondere dient zur Lagerung des beweglichen Spiralbauteils am Exzenterabschnitt der Antriebswelle ein sogenanntes Flanschlager. Alternativ kann die Lagerung mittels separater Kugellager erfolgen.

35 **[0037]** Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Spiralbauteil oder beide Spiralbauteile an einer, insbesondere auf der Drehachse liegenden, Stelle und/oder an mehreren, insbesondere um die Drehachse herum verteilten, Stellen zu beaufschlagen.

40 **[0038]** Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann das Stellmittel dazu ausgebildet sein, die bezogen auf die Drehachse axiale Relativstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen zu beeinflussen.

45 **[0039]** Des Weiteren kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen das Stellmittel dazu ausgebildet sein, eines der beiden Spiralbauteile, insbesondere das bewegliche Spiralbauteil, oder beide Spiralbauteile in axialer Richtung zu bewegen oder bezüglich der Drehachse zu

verkippen.

[0040] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann eine Messeinrichtung vorgesehen sein, die dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß an einer oder mehreren Stellen zu messen. Das Messen des Axialspaltmaßes kann insbesondere fortlaufend während des Pumpbetriebs erfolgen.

[0041] Beispielsweise kann das Axialspaltmaß direkt durch Bestimmen der Größe des jeweiligen axialen Spalts zwischen einer Stirnseite einer Spiralwand des einen Spiralbauteils und dem Boden, also dem Spiralgrund, des anderen Spiralbauteils gemessen werden. Alternativ kann das Axialspaltmaß indirekt durch Bestimmen eines Wertes einer anderen Größe, die als Axialspaltmaß dienen kann, gemessen werden, z.B. eines Wertes für den axialen Abstand zwischen einem Pumpengehäuse und einem Abschnitt, z.B. dem Boden, also dem Spiralgrund, des beweglichen Spiralbauteils oder der Rückseite des Trägers des beweglichen Spiralbauteils.

[0042] Das Messen des Axialspaltmaßes umfasst nicht nur das Ermitteln eines einzigen Wertes, sondern es können mehrere Werte an unterschiedlichen Stellen ermittelt werden, so dass auch eine Schiefstellung eines der beiden Spiralbauteile oder beider Spiralbauteile als solche erkannt oder auch quantitativ bestimmt werden kann. Mit anderen Worten umfasst das Messen des Axialspaltmaßes auch ein Messen einer Schiefstellung eines oder beider Spiralbauteile. Unter einer Schiefstellung ist dabei eine Stellung des jeweiligen Spiralbauteils zu verstehen, in der eine Mittelachse des jeweiligen Spiralbauteils und damit dessen Spiralwände nicht exakt parallel zur Drehachse der Antriebswelle verlaufen.

[0043] Die Messeinrichtung kann zumindest einen berührungslosen Abstandssensor umfassen, beispielsweise einen Wirbelstromsensor. Ein solcher Abstandssensor kann ein Bestandteil einer Stelleinrichtung sein, z.B. eines aktiven Magnetlagers.

[0044] Wie eingangs erwähnt, ist die Erfindung von besonderem Vorteil für Scrollvakuumpumpen ohne TipSeals. Dementsprechend ist gemäß einigen Ausführungsformen vorgesehen, dass die Spiralwände des beweglichen Spiralbauteils und die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite kein separates Dichtungselement, also keine TipSeals, aufweisen.

[0045] Die Möglichkeit, das Axialspaltmaß zwischen den beiden Spiralbauteilen einstellen zu können, kann grundsätzlich aber auch dann von Vorteil sein, wenn TipSeals vorhanden sind. Dementsprechend kann bei einigen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, dass die Spiralwände des beweglichen Spiralbauteils und die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite mit einem separaten Dichtungselement versehen sind. Die Einstellbarkeit des Axialspaltmaßes bei einer Scrollvakuumpumpe mit TipSeals kann beispielsweise vorteilhaft sein, um für einen geringeren Verschleiß oder einen gleich-

mäßigeren Verschleiß der TipSeals zu sorgen. Das Einstellen des Axialspaltmaßes kann auch eine Ausrichtung der Spiralbauteile sein oder umfassen, um z.B. eine Verkipfung oder einen Planlauf zu korrigieren. Auch dies ist vorteilhaft im Hinblick auf einen geringeren oder gleichmäßigeren Verschleiß der TipSeals.

[0046] Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung sind auch Hybrid-Konfigurationen möglich, d.h. es kann vorgesehen sein, dass die Spiralwände des einen Spiralbauteils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite kein separates Dichtungselement aufweisen und die Spiralwände des anderen Spiralbauteils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite mit einem separaten Dichtungselement versehen sind. Dabei sind beide Konfigurationen denkbar, d.h. das feststehende Spiralbauteil kann mit TipSeals versehen sein, während das bewegliche Spiralbauteil keine TipSeals aufweist, oder umgekehrt.

[0047] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Scrollvakuumpumpe mit einem Pumpsystem, das ein feststehendes Spiralbauteil und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil umfasst, einer im Betrieb um eine Drehachse rotierenden Antriebswelle mit einem Exzenterabschnitt zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils, und einem elektrischen Antriebsmotor für die Antriebswelle, wobei das Verfahren umfasst, dass ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß eingestellt wird.

[0048] Das Einstellen des Axialspaltmaßes, einschließlich eines "Haltens" und eines "Veränderns", wie vorstehend erläutert, kann während des Pumpbetriebs erfolgen, insbesondere im Rahmen einer Regelung, beispielsweise wie vorstehend erläutert.

[0049] Das Betreiben der Scrollvakuumpumpe umfasst auch deren Inbetriebnahme bzw. die Inbetriebnahme eines die Scrollvakuumpumpe umfassenden Vakuumsystems wie beispielsweise eines Pumpstands, d.h. das Betreiben der Pumpe umfasst auch das Einstellen des Axialspaltmaßes außerhalb des Pumpbetriebs, beispielsweise einmalig bei der Montage der Pumpe und/oder in bestimmten Situationen wie im Rahmen einer Wartung oder bei der Vorbereitung einer neuen Anwendung.

[0050] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen des ersten und zweiten Aspektes kann vorgesehen sein, dass zwischen dem Motorrotor und dem Motorstator des Antriebsmotors ein axialer Versatz derart vorhanden ist, dass während des Betriebs des Antriebsmotors eine in axialer Richtung wirksame Kraft auf den Motorrotor erzeugt wird, wobei die Antriebswelle derart mit dem Motorrotor gekoppelt ist, dass die axiale Kraft auf die Antriebswelle übertragen wird, und wobei eine Steuerung für den Antriebsmotor vorgesehen ist, mit welcher der Antriebsmotor derart angesteuert werden kann, dass sich die Größe der axialen Kraft verändert.

[0051] Diese Anordnung mit dem axialen Versatz zwischen Motorrotor und Motorstator des Antriebsmotors

und mit der zum Verändern der axialen Kraft ausgebildeten Steuerung stellt eine Weiterbildung des ersten Aspektes (Scrollvakuumpumpe) dar, während diese Art und Weise der Steuerung des Antriebsmotors zum Verändern der axialen Kraft eine Weiterbildung des zweiten Aspektes (Verfahren) darstellt.

[0052] Durch eine entsprechende Ansteuerung des Antriebsmotors, die insbesondere eine entsprechende Bestromung umfasst, kann die in axialer Richtung wirkende Kraft auf die Antriebswelle und damit eine Kraft, welche die Antriebswelle auf das bewegliche Spiralbauteil ausübt, gezielt eingestellt werden, um so das Axialspaltmaß in der jeweils gewünschten Weise einzustellen.

[0053] Dieses Konzept der Erzeugung einer axialen Kraft ist für sich genommen in Zusammenhang mit einem Antriebsmotor einer Scrollvakuumpumpe bekannt (EP 3 153 708 A1), nicht aber die Nutzung dieses Konzepts zur Einstellung eines Axialspaltmaßes.

[0054] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art vorgesehen, dass ein Stellmittel vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel wenigstens ein aktives Magnetlager für das bewegliche Spiralbauteil umfasst.

[0055] Unter einem aktiven Magnetlager ist ein Magnetlager zu verstehen, bei dem mittels geregelter Elektromagnete eine veränderliche Lagerkraft erzeugt werden kann.

[0056] Das Magnetlager kann beispielsweise auf der Rückseite des beweglichen Spiralbauteils angeordnet sein. Unter der Rückseite ist dabei diejenige Seite zu verstehen, die von dem feststehenden Spiralbauteil abgewandt ist.

[0057] Das Magnetlager kann einen Sensor umfassen, insbesondere einen Wirbelstromsensor, mit dem das Axialspaltmaß messbar ist. Der Sensor kann derart ausgebildet oder angeordnet sein, dass das Axialspaltmaß entweder direkt oder indirekt durch Bestimmen eines Wertes einer anderen Größe gemessen werden kann, die als Axialspaltmaß dienen kann, beispielsweise eines Wertes für den axialen Abstand zwischen einem Pumpengehäuse und einem Abschnitt des beweglichen Spiralbauteils.

[0058] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art ein Stellmittel vorgesehen, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem ein zwischen dem beweglichen Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse angeordneter Wellbalg vorgesehen ist, und indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, den Druck innerhalb des Wellbalgs zu variieren.

[0059] Wie vorstehend erläutert, ist ein Wellbalg als Bestandteil einer Scrollvakuumpumpe grundsätzlich bekannt. Bei diesem Aspekt der Erfindung bildet der Wellbalg einen Teil des Stellmittels.

[0060] Durch Variieren des Drucks innerhalb des Well-

balgs wird das bewegliche Spiralbauteil mehr oder weniger stark mechanisch beaufschlagt. Wie an anderer Stelle bereits erwähnt, kann hierdurch ausgenutzt werden, dass die Lagerung des beweglichen Spiralbauteils, beispielsweise mittels eines als Wälzlager ausgebildeten Flanschlaggers, eine geringfügige Bewegung des beweglichen Spiralbauteils in axialer Richtung erlaubt.

[0061] Das Stellmittel kann zumindest einen Drucksensor und eine Ventilanordnung am Wellbalg umfassen. Der Drucksensor kann dazu dienen, den Druck innerhalb des Wellbalgs und/oder innerhalb des Pumpengehäuses zu messen. Insbesondere erfolgt die Druckmessung mittels des Drucksensors in einem Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe. Die Ventilanordnung kann beispielsweise ein Magnetventil umfassen. Das Variieren des Drucks innerhalb des Wellbalgs kann z.B. dadurch erfolgen, dass sich die Ventilanordnung in einer Verbindung zwischen einem Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe und dem Wellbalg oder in einer Verbindung zwischen einer Stelle der pumpaktiven Struktur, insbesondere also zwischen den Spiralwänden der Spiralbauteile, und dem Wellbalg befindet.

[0062] Wenn die Druckmessung mittels des Drucksensors im Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe erfolgt, dann erfolgt dies insbesondere im Bereich des Pumpengehäuses außerhalb des Wellbalgs oder in einem Ansaugbereich des Pumpengehäuses oder in einem Ansaugbereich des feststehenden Spiralbauteils.

[0063] Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung umfasst eine Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art ein Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eine Vorspannung der Antriebswelle, eines Drehlagers der Antriebswelle oder einer Lagerhülse der Antriebswelle zu variieren.

[0064] Das jeweilige Mittel, das die Vorspannung bewirkt, bildet einen Bestandteil des Stellmittels.

[0065] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel eine längenveränderliche Einrichtung umfasst, die an einem Widerlager, insbesondere einem Rotor des Antriebsmotors, abgestützt und dazu ausgebildet ist, die Antriebswelle direkt oder indirekt in bezogen auf die Drehachse axialer Richtung mechanisch zu beaufschlagen. Die Beaufschlagung kann beispielsweise über ein Drehlager der Antriebswelle erfolgen.

[0066] Bei diesen Ausführungsbeispielen ist es also möglich, die bezogen auf die Drehachse axiale Ausdehnung der längenveränderlichen Einrichtung zu verändern. Bei der längenveränderlichen Einrichtung kann es sich beispielsweise um eine Federanordnung, z.B. eine Wellfeder, ein mittels eines Fluids beaufschlagbares elastisches Element oder ein zumindest zum Teil aus einem Bimetall hergestelltes Element handeln.

[0067] Gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art ein Stellmittel vorgesehen, das dazu ausgebildet

ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel zumindest einen Aktor, vorzugsweise einen Piezo-Aktor, umfasst, der dazu ausgebildet ist, das feststehende Spiralbauteil oder das bewegliche Spiralbauteil direkt oder indirekt in bezogen auf die Drehachse axialer Richtung mechanisch zu beaufschlagen.

[0068] Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Aktor zwischen den beiden Spiralbauteilen, zwischen dem feststehenden Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse, zwischen dem beweglichen Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse, oder zwischen einem Widerlager und der Antriebswelle oder einem mit der Antriebswelle verbundenen Bauteil angeordnet ist.

[0069] Mit einem derartigen Aktor ist es möglich, das feststehende Spiralbauteil oder das bewegliche Spiralbauteil mechanisch zu beaufschlagen, um auf diese Weise unter Ausnutzung einer gewissen geringfügigen axialen Beweglichkeit des beweglichen Spiralbauteils ein jeweils gewünschtes Axialspaltmaß einzustellen.

[0070] Gemäß einigen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel mehrere um die Drehachse herum verteilte Aktoren umfasst. Dabei können die mehreren Aktoren gleichmäßig um die Drehachse herum verteilt sein. Beispielsweise können drei Aktoren mit einem jeweiligen Winkelabstand von 120° vorgesehen sein.

[0071] Durch unterschiedliche Ansteuerung der Aktoren kann das bewegliche Spiralbauteil bezüglich der Drehachse verkippt werden, wenn die Lagerung des beweglichen Spiralbauteils und die Stellen, an denen die Aktoren direkt oder indirekt am beweglichen Spiralbauteil angreifen, ein solches Verkippen grundsätzlich erlauben. Damit kann z.B. eine toleranzbedingte Schiefstellung bzw. ein toleranzbedingter Planlauf der Spiralbauteile ausgeglichen werden.

[0072] Mittels einer Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe können diese Aktoren entweder gemeinsam oder unabhängig voneinander derart angesteuert werden, dass der axiale Abstand zwischen Pumpengehäuse und Spiralgehäuse verändert und damit das Axialspaltmaß zwischen Spiralgehäuse und Orbiter eingestellt werden kann. Auch eine Korrektur von Schiefstellungen des Spiralgehäuses relativ zu einem Pumpengehäuse kann vorgenommen werden, indem die in Umfangsrichtung verteilten Aktoren entsprechend unterschiedlich angesteuert werden.

[0073] Gemäß einem siebten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art ein Stellmittel vorgesehen, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eine während des Pumpbetriebs auftretende thermische Ausdehnung zumindest eines Bauteils aktiv oder passiv zu beeinflussen, und/oder indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, den Wärmetransport innerhalb der Pumpe zu beeinflussen.

[0074] Unter einem Wärmetransport ist im Rahmen

dieser Offenbarung auch Wärmestrahlung zu verstehen, d.h. die Aufnahme von Wärme oder die Abfuhr von Wärme durch Wärmestrahlung.

[0075] Wenn die thermische Ausdehnung eines Bauteils beeinflusst wird, dann bildet dieses Bauteil einen Teil des Stellmittels. Wenn der Wärmetransport beeinflusst wird, dann bildet das Mittel oder bilden die Mittel, mit dem bzw. denen diese Beeinflussung erfolgt, einen Teil des Stellmittels.

[0076] Bei dem Bauteil, dessen thermische Ausdehnung beeinflusst werden kann, handelt es sich beispielsweise um ein Bauteil, das direkt oder indirekt die axiale Stellung des beweglichen Spiralbauteils beeinflusst. Dieses Bauteil kann zum Beispiel das Pumpengehäuse, die Antriebswelle, ein Wälzlager, ein Innenring eines Wälzlagers, ein Außenring eines Wälzlagers, eine Lagerhülse oder eine Adapterhülse sein. Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ist eine Adapterhülse ein hülsenförmiger Abschnitt im Pumpengehäuse oder an bzw. in der Antriebswelle, z.B. ein Abschnitt, in dem sich ein oder mehrere Lager befinden, oder ein Abschnitt auf der Antriebswelle.

[0077] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel umfasst, dass zumindest ein Abschnitt des Bauteils aus einem Material besteht, das eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als 100 W/mK aufweist. Insbesondere kann ein Material zum Einsatz kommen, bei dem es sich nicht um einen Stahl handelt. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das Bauteil zumindest einen ersten Abschnitt und wenigstens einen zweiten Abschnitt umfasst, wobei das Stellmittel umfasst, dass die beiden Abschnitte aus Materialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit bestehen. Bei dem genannten Material bzw. bei dem Material mit der höheren Wärmeleitfähigkeit kann es sich beispielsweise um Aluminiumbronze handeln.

[0078] Gemäß einigen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Bauteil zumindest einen ersten Abschnitt und wenigstens einen zweiten Abschnitt umfasst, wobei das Stellmittel umfasst, dass die beiden Abschnitte unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass einer der Abschnitte einen negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist.

[0079] Dadurch, dass sich Abschnitte des Bauteils hinsichtlich ihres thermischen Ausdehnungskoeffizienten voneinander unterscheiden, kann eine während des Pumpbetriebs erfolgende thermische Ausdehnung des Bauteils zumindest zum Teil kompensiert werden. Da alle Eigenschaften eines Bauteils der Scrollvakuumpumpe grundsätzlich bekannt sind, ist auch das thermische Verhalten des Bauteils während des Pumpbetriebs grundsätzlich bekannt, d.h. vorhersagbar, so dass eine thermische Ausdehnung des Bauteils vorhergesagt und folglich durch eine gezielte Materialpaarung zumindest teilweise kompensiert werden kann.

[0080] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel eine Heizeinrich-

tung und/oder eine Kühleinrichtung umfasst, die dazu ausgebildet ist, zumindest einen Bereich des Bauteils direkt oder indirekt thermisch zu beaufschlagen.

[0081] Beispielsweise können als Heiz- oder Kühleinrichtung eine oder mehrere sogenannte "Heat Pipes" (auch als Wärmerohre bezeichnet) vorgesehen sein, mit denen gezielt Wärme einem bestimmten Ort zugeführt oder von einem bestimmten Ort abgeführt werden kann. Derartige "Heat Pipes" sind dem Fachmann aus vielen technischen Gebieten grundsätzlich bekannt.

[0082] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann das Stellmittel eine Motorsteuerung des Antriebsmotors umfassen, wobei die Motorsteuerung dazu ausgebildet ist, den Wirkungsgrad des Antriebsmotors durch Verändern der Bestromung zu beeinflussen, um die Antriebswelle thermisch zu beaufschlagen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass das Verändern der Bestromung des Antriebsmotors dadurch erfolgt, dass von einem sinusförmigen Verlauf abgewichen wird, wodurch Verluste und somit Wärmeentwicklung zunehmen.

[0083] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel einen oder mehrere Temperatursensoren umfasst. Der oder die Temperatursensoren können im Rahmen einer Regelung eingesetzt werden, um die Heizeinrichtung und/oder die Kühleinrichtung zu regeln.

[0084] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann das Stellmittel dazu ausgebildet sein, den Antriebsmotor und einen Motorlüfter derart anzusteuern, dass der Antriebsmotor in einem zu einer übermäßigen Abwärme führenden Verlustmodus betrieben und der Einfluss der Abwärme auf das Bauteil durch den Motorlüfter gezielt beeinflusst wird.

[0085] Bei diesem Konzept wird der Antriebsmotor gewissermaßen gezielt "energetisch ungünstig" betrieben, so dass Abwärme entsteht, die bei einem normalen, d. h. energetisch günstigeren Betrieb nicht entstehen würde, wobei durch eine entsprechende Ansteuerung des Motorlüfters der Transport dieser Wärme innerhalb der Pumpe gezielt beeinflusst, insbesondere das Bauteil gezielt mit mehr oder weniger Wärme beaufschlagt werden kann.

[0086] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Bauteil zumindest einen ersten Abschnitt und wenigstens einen zweiten Abschnitt umfasst, wobei das Stellmittel umfasst, dass einer der beiden Abschnitte oder das gesamte Bauteil eine Oberfläche aufweist, die einen thermischen Emissionsgrad ε von mindestens 0,25, bevorzugt zumindest 0,3, bei 50°C aufweist. Alternativ oder zusätzlich umfasst das Stellmittel, dass die Oberfläche des Bauteils zumindest teilweise mit einer Beschichtung versehen ist, die einen höheren thermischen Emissionsgrad ε aufweist als das unbeschichtete Bauteil. Alternativ oder zusätzlich umfasst das Stellmittel, dass die Oberfläche des Bauteils zumindest teilweise durch Oxidation behandelt ist, das Bauteil einen metallischen Werkstoff umfasst, der mindestens ein metallisches Element enthält, und der behandelte Anteil der

Oberfläche eine äußere Schicht umfasst, die eine durch die Oxidationsbehandlung entstandene Verbindung des metallischen Elements umfasst. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der behandelte Anteil der Oberfläche eine Färbung aufweist, wobei die Verbindung des metallischen Elements farbig ist und/oder die äußere Schicht einen Farbstoff enthält, wobei bevorzugt die Färbung eine Schwärzung ist.

[0087] Durch diese Ausführungsbeispiele kann jeweils erreicht werden, dass die durch Wärmestrahlung erfolgende Wärmeabfuhr von dem betreffenden Bauteil verbessert wird.

[0088] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass das Stellmittel umfasst, dass ein von dem Bauteil begrenztes Volumen zumindest teilweise mit einem Medium gefüllt ist.

[0089] Durch die Wahl des Mediums kann der Wärmetransport zwischen dem Bauteil und der Umgebung gezielt beeinflusst werden. Bei dem Bauteil kann es sich beispielsweise um einen zwischen dem beweglichen Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse angeordneten Wellbalg handeln. Wie an anderer Stelle bereits erwähnt, ist ein Wellbalg als eine Komponente einer Scrollvakuumpumpe grundsätzlich bekannt. Alternativ kann das Bauteil starr und mit einem oder mehreren Hohlräumen versehen sein, die mit dem Medium gefüllt sind. Verschiedene Hohlräume können mit unterschiedlichen Medien gefüllt sein. Bei dem Bauteil kann es sich beispielsweise um die Antriebswelle handeln.

[0090] Bei dem Medium kann es sich beispielsweise um ein Gas oder um eine Flüssigkeit handeln, das bzw. die eine vergleichsweise hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Das Gas ist insbesondere ein Gas mit langkettigen Molekülen und/oder mit einer relativ hohen Anzahl von thermodynamischen Freiheitsgraden. Als das Gas kann z.B. Tetrafluormethan dienen. Die Flüssigkeit ist beispielsweise Wasser oder ein Öl, insbesondere ein vergleichsweise niederviskoses Öl.

[0091] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann das Stellmittel eine Lüftereinrichtung umfassen, die an einem während des Pumpbetriebs rotierenden Bauteil angebracht oder ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich bei dem rotierenden Bauteil um die Antriebswelle.

[0092] Hierdurch stellt das rotierende Bauteil einen Lüfter dar, mit dem der Wärmetransport innerhalb der Pumpe gezielt beeinflusst werden kann.

[0093] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann das Stellmittel eine Stelleinrichtung und eine oder mehrere mittels der Stelleinrichtung verstellbare Luftführungsorgane (z.B. Klappen) umfassen. Derartige Luftführungsorgane können zum Beispiel in einer Haube angeordnet sein, welche an einem Pumpengehäuse angebracht ist, welche das ebenfalls am Pumpengehäuse befestigte feststehende Spiralbauteil umgibt und in welcher ein Lüfter untergebracht ist. Mittels derartiger Organe kann eine Luftführung, z.B. ein von dem erwähnten Lüfter erzeugter Kühlluftstrom, hinsichtlich Intensität und Richtung beeinflusst werden. Hierdurch kann gezielt der Tem-

peraturhaushalt der Scrollvakuumpumpe beeinflusst werden. Es kann mit derartigen Organen der Wärmetransport innerhalb der Pumpe beeinflusst werden, und/oder es kann mit derartigen Organen eine während des Pumpbetriebs auftretende thermische Ausdehnung zumindest eines Bauteils aktiv oder passiv beeinflusst werden

[0094] Ein achter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Scrollvakuumpumpe mit einem Pumpsystem, das ein feststehendes Spiralbauteil und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil umfasst, einer im Betrieb um eine Drehachse rotierenden Antriebswelle mit einem Exzenterabschnitt zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils, und einem elektrischen Antriebsmotor für die Antriebswelle, wobei das Verfahren umfasst, dass ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß eingestellt wird, indem ein Bauteil wenigstens bereichsweise direkt oder indirekt thermisch beaufschlagt wird, und/oder indem der Wärmetransport innerhalb der Pumpe beeinflusst wird.

[0095] Auch im Zusammenhang mit diesem Aspekt der Erfindung ist unter einem Wärmetransport auch Wärmestrahlung zu verstehen, d.h. die Aufnahme von Wärme oder die Abfuhr von Wärme durch Wärmestrahlung.

[0096] Wie auch vorstehend im Zusammenhang mit dem siebten Aspekt der Erfindung ausgeführt, kann es sich bei dem Bauteil, dessen thermische Ausdehnung beeinflusst wird, um ein Bauteil handeln, das direkt oder indirekt die axiale Stellung des beweglichen Spiralbauteils beeinflusst. Das Bauteil kann also beispielsweise ein Pumpengehäuse, die Antriebswelle, ein Wälzlager, ein Innenring oder ein Außenring eines Wälzlagers, eine Lagerhülse oder eine Adapterhülse sein.

[0097] Durch die thermische Beaufschlagung bzw. durch die Beeinflussung des Wärmetransports kann eine während des Pumpbetriebs auftretende thermische Ausdehnung des Bauteils aktiv beeinflusst werden. Hierdurch kann die Kraft verändert werden, mit der das Bauteil direkt oder indirekt das bewegliche Spiralbauteil beaufschlagt, wodurch das Axialspaltmaß entsprechend eingestellt wird.

[0098] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Antriebswelle thermisch beaufschlagt werden, indem der Wirkungsgrad des Antriebsmotors durch Verändern der Bestromung des Antriebsmotors beeinflusst wird. Wie auch im Zusammenhang mit dem siebten Aspekt der Erfindung ausgeführt, kann das Verändern der Bestromung des Antriebsmotors dadurch erfolgen, dass von einem sinusförmigen Verlauf abgewichen wird, wodurch Verluste und somit Wärmeentwicklung zunehmen. Bei diesem Konzept kann folglich zum Einstellen des Axialspaltmaßes eine Motorsteuerung des Antriebsmotors genutzt werden. Alternativ oder zusätzlich können weitere Wirbelstromverluste induziert werden, insbesondere durch zusätzliche Anteile von Oberwellen.

[0099] Für alle vorstehend erläuterten Aspekte der Erfindung, also sowohl für eine erfindungsgemäße Scroll-

vakuumpumpe als auch für ein erfindungsgemäßes Verfahren, kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, dass das Stellmittel wenigstens einen Drucksensor umfasst, wobei das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß in Abhängigkeit von zumindest einem mittels des Drucksensors gemessenen Druck einzustellen. Dies kann insbesondere im Rahmen einer Regelung erfolgen. Bei dem gemessenen Druck kann es sich zum Beispiel um den Druck in einem Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe handeln.

[0100] Gemäß einem neunten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art vorgesehen, dass ein Stellmittel vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß manuell einzustellen.

[0101] Die manuelle Einstellung des Axialspaltmaßes kann außerhalb des Pumpbetriebs im Rahmen einer initialen Axialspalt-Einstellung erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann das Stellmittel dazu ausgebildet sein, dass das manuelle Einstellen des Axialspaltmaßes während des Pumpbetriebs erfolgen kann.

[0102] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Stellmittel zumindest ein mittels eines Werkzeugs betätigbares Stellelement umfassen, das zwischen den beiden Spiralbauteilen und/oder zwischen dem feststehenden Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse und/oder zwischen dem beweglichen Spiralbauteil und einem Pumpengehäuse angeordnet ist.

[0103] Bei dem betätigbaren Stellelement kann es sich beispielsweise um einen Gewindestift handeln, der zwischen Spiralgehäuse und Pumpengehäuse angeordnet ist. Es können mehrere in Umfangsrichtung verteilt angeordnete Gewindestifte vorgesehen sein.

[0104] Derartige Gewindestifte können auch während des Pumpbetriebs betätigt werden.

[0105] Das Stellmittel kann ein manuell zwischen einem gelösten Zustand und einem verspannten Zustand verstellbares Spannsystem umfassen, wobei im gelösten Zustand des Spannsystems das feststehende Spiralbauteil durch Verstellen relativ zu dem Spannsystem in eine vorgegebene oder vorgebbare Sollstellung relativ zum beweglichen Spiralbauteil bringbar ist und wobei durch Verstellen des Spannsystems in den verspannten Zustand die Sollstellung des feststehenden Spiralbauteils fixierbar ist.

[0106] Ein Träger für das feststehende Spiralbauteil kann entweder zusätzlich oder als ein Bestandteil des Spannsystems vorgesehen sein, wobei im gelösten Zustand des Spannsystems das feststehende Spiralbauteil durch Verstellen relativ zu dem Träger in die Sollstellung bringbar ist.

[0107] Die Funktionsweise des Spannsystems kann beispielsweise auf dem Prinzip einer Spannzanze einer Werkzeugaufnahme basieren. Dementsprechend können mehrere nachgiebige bzw. elastisch auslenkbare Ringsegmente vorgesehen sein, die in Umfangsrichtung

verteilt angeordnet sind. Mittels eines ringförmigen Spannelements, das eine, beispielsweise konische, Spannfläche aufweist, können die Ringsegmente derart bewegt werden, dass das feststehende Spiralbauteil von den Ringsegmenten gemeinsam eingespannt und somit in der Sollstellung fixiert wird.

[0108] Die Ringsegmente können gemeinsam einen Träger, wie vorstehend erwähnt, für das feststehende Spiralbauteil bilden.

[0109] Mit einem solchen Spannsystem ist es auch möglich, Schiefstellungen auszugleichen, d.h. eine Korrektur von Schiefstellungen des feststehenden Spiralbauteils relativ zu einem Pumpengehäuse vorzunehmen.

[0110] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Stellmittel eine Stellschraube umfassen, die sich durch einen in der Antriebswelle ausgebildeten Kanal hindurch erstreckt, wobei die Stellschraube an ihrem hinteren Endabschnitt mittels eines Werkzeugs betätigbar ist und mit ihrem vorderen Endabschnitt das bewegliche Spiralbauteil direkt oder indirekt beaufschlagt. Dieses Beaufschlagen kann beispielsweise über ein elastisch verformbares Bauteil erfolgen. Bei diesem Bauteil kann es sich beispielsweise um eine federnde Druckscheibe handeln.

[0111] Auch bei diesem Konzept kann ausgenutzt werden, dass die Lagerung des beweglichen Spiralbauteils, die beispielsweise über ein als Wälzlager ausgebildetes Flanschlager erfolgt, eine gewisse geringfügige axiale Beweglichkeit erlaubt.

[0112] Vorteilhaft ist hierbei und auch bei anderen Konzepten, die eine gewisse geringfügige axiale Beweglichkeit einer Lagerung des beweglichen Spiralbauteils ausnutzen, wenn diese Lagerung eine ausreichende Spielfreiheit besitzt. Um diese Spielfreiheit zu gewährleisten, kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Lagerung elastisch - beispielsweise mittels Federelementen - an einem anderen Bauteil abgestützt ist. Bei diesem anderen Bauteil kann es sich beispielsweise um die Antriebswelle oder um ein Pumpengehäuse handeln.

[0113] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann ein, insbesondere axiales, Gaslager vorgesehen sein, bei dem es sich insbesondere um ein Luftlager handeln kann. Das Gaslager kann beispielsweise auf der Rückseite des beweglichen Spiralbauteils angeordnet sein. Das Gaslager kann durch enge Spalte zwischen den beteiligten Bauteilen in Verbindung mit einem unter Druck stehenden gasförmigen Medium, z.B. Luft, realisiert werden. Durch Variieren des Gasdrucks des Gaslagers kann eine Positionierung zumindest eines der beteiligten Bauteile und somit zumindest indirekt des beweglichen Spiralbauteils erfolgen und so das Axialspaltmaß eingestellt werden.

[0114] Dieses Gaslager kann so ausgebildet sein, dass es mit einem Bereich innerhalb der Scrollvakuumpumpe verbunden ist, der sich auf einem jeweils für das Gaslager gewünschten Druckniveau befindet. Innerhalb einer Scrollvakuumpumpe existieren unterschiedliche Druckniveaus, die also grundsätzlich zur Verfügung ste-

hen und z.B. für das genannte Gaslager verwendet werden können. Es kann vorgesehen sein, dass das Gaslager gezielt mit einem jeweiligen Druckbereich in Verbindung gesetzt und so auf das Druckniveau dieses Druckbereiches gebracht werden kann. In Abhängigkeit von den jeweils gewünschten Eigenschaften des Gaslagers kann durch eine geeignete Steuereinrichtung zwischen den unterschiedlichen Druckbereichen und somit Druckniveaus für das Gaslager gewechselt werden.

[0115] Eine solche Nutzung unterschiedlicher vorhandener Druckniveaus innerhalb der Scrollvakuumpumpe kann auch bei anderen Aspekten der Erfindung und deren Weiterbildungen erfolgen.

[0116] Gemäß einem zehnten Aspekt der Erfindung ist bei einer Scrollvakuumpumpe der eingangs genannten Art vorgesehen, dass ein Stellmittel vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, einem der Spiralbauteile oder beiden Spiralbauteilen ein Selbsteinstellen zu ermöglichen, insbesondere nach einer Einlaufzeit.

[0117] Das jeweilige Spiralbauteil, das sich selbst einstellen kann, bildet einen Bestandteil des Stellmittels.

[0118] Durch ein solches Stellmittel kann erreicht werden, dass sich eine jeweilige Relativposition zwischen den beiden Spiralbauteilen nach einer von den jeweiligen Gegebenheiten abhängigen Einlaufzeit automatisch von selbst einstellt.

[0119] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass die Spiralwände des beweglichen Spiralbauteils und/oder die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite mit einer plastisch verformbaren Masse versehen sind. Bei dieser Masse kann es sich beispielsweise um eine Paste oder um ein Fett handeln.

[0120] Bei diesen Ausführungsbeispielen ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Spiralwände jeweils keine TipSeals aufweisen. Es ist aber grundsätzlich auch möglich, dieses Konzept der plastisch verformbaren Masse mit TipSeals zu kombinieren.

[0121] Hierdurch können sich die Stirnseiten der Spiralwände während einer Einlaufzeit "Einschleifen". Bei einem solchen "Einschleifen" kommt es durch die Relativbewegung zwischen der jeweiligen Stirnseite und der jeweiligen Gegenlauffläche, also dem Spiralgrund des jeweils anderen Spiralbauteils, zu einem Verschleiß an der Stirnseite, wodurch zunächst lediglich Unebenheiten und Spitzen geglättet werden. Im weiteren Betrieb der Scrollvakuumpumpe nimmt der Verschleiß zumindest lokal weiter zu. Hierdurch lässt sich eine Vergleichmäßigung des Axialspaltmaßes über den Umfang erreichen.

[0122] Im Zusammenhang mit diesem Konzept kann vorgesehen sein, dass die Relativposition zwischen dem beweglichen Spiralbauteil und dem feststehenden Spiralbauteil nach einer gewissen Zeit nachgestellt wird. Ein solches Nachstellen ist aber nicht zwingend.

[0123] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass die Spiralwände des beweglichen

Spiralbauteils und/oder die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite mit einem separaten Dichtungselement (TipSeal) versehen sind, das in einer, insbesondere nutförmigen, Ausnehmung beweglich angeordnet und mittels zumindest eines Vorspannmittels axial in Richtung des jeweiligen anderen Spiralbauteils vorgespannt ist.

[0124] Das Dichtungselement und die Ausnehmung können gemäß einigen Ausführungsbeispielen eine von einer Rechteckform abweichende Querschnittsform aufweisen. Zumindest auf einer Seite können die Innenwand der Ausnehmung und die dieser Innenwand zugewandte Seitenwand des Dichtungselementes schräg zur jeweiligen Spiralwand und damit gegenüber der Drehachse der Antriebswelle geneigt verlaufen. Die Querschnittsform kann z.B. jeweils ein Trapez sein, das sich vom Spiralgrund des die betreffende Spiralwand aufweisenden Spiralbauteils weg verjüngt. Eine Trapezform ist aber nicht zwingend. Es sind auch andere Querschnittsformen möglich, die auf zumindest einer Seite eine schräge Innenwand bzw. Seitenwand aufweisen.

[0125] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen können die Spiralwände des beweglichen Spiralbauteils und/oder die Spiralwände des feststehenden Spiralbauteils jeweils an ihrer vom Spiralgrund abgewandten Stirnseite mit einem separaten Dichtungselement versehen sein, das auf seiner dem jeweiligen anderen Spiralbauteil zugewandten Seite ein anderes Material umfasst als auf seiner vom anderen Spiralbauteil abgewandten Seite. Die Materialien können sich beispielsweise hinsichtlich der Härte unterscheiden. Dabei ist vorzugsweise das Material auf der dem anderen Spiralbauteil zugewandten Seite weicher als das andere Material. Der Begriff "Härte" bezieht sich hier für beide Materialien auf die gleiche Definition.

[0126] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel für eine herkömmliche Scrollvakuumpumpe zur Erläuterung des Grundaufbaus einer solchen Scrollvakuumpumpe, und

Fig. 2 bis 10 jeweils ein oder mehrere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Scrollvakuumpumpe mit dem Grundaufbau gemäß Fig. 1.

[0127] Fig. 1 zeigt eine herkömmliche Scrollvakuumpumpe mit einem Grundaufbau, der im Folgenden beschrieben wird. Aufbau und Funktionsweise einer solchen Scrollvakuumpumpe sind dem Fachmann bekannt. Diese herkömmliche Scrollvakuumpumpe kann auf unterschiedliche Weise erfindungsgemäß weitergebildet werden. Unterschiedliche erfindungsgemäße Aspekte werden anschließend anhand der Fig. 2 bis 10 erläutert.

[0128] Die Scrollvakuumpumpe gemäß Fig. 1 umfasst ein Pumpsystem mit einem feststehenden Spiralbauteil 11 und einem beweglichen Spiralbauteil 13, die während des Betriebs pumpwirksam zusammenwirken. Ferner umfasst die Scrollvakuumpumpe eine im Betrieb um eine Drehachse 15 rotierende Antriebswelle 17 mit einem Exzenterabschnitt 19 zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils 13. Des Weiteren ist die Scrollvakuumpumpe mit einem elektrischen Antriebsmotor 21, 23 versehen, der dazu dient, die Antriebswelle 17 in Rotation um die Drehachse 15 zu versetzen. Der elektrische Antriebsmotor umfasst einen radial inneren Motorrotor 21, der auch als Läufer bezeichnet wird, und einen radial äußeren Motorstator 23.

[0129] Die Antriebswelle 17 ist an zwei in axialer Richtung beabstandeten Lagerstellen 25, 27 drehbar am Pumpengehäuse 41 gelagert. Die vordere Lagerstelle 25 wird von einem vorderen Wälzlager gebildet, das als Festlager ausgebildet ist, während die hintere Lagerstelle 27 von einem hinteren Wälzlager gebildet wird, das als Loslager ausgebildet ist. Zur Lagerung der Antriebswelle 17 ist das Pumpengehäuse 41 mit einem hülsenförmigen Abschnitt versehen, der im Folgenden auch als Lagerhülse 115 bezeichnet wird. Die beiden Wälzlager 25, 27 befinden sich somit radial zwischen der Antriebswelle 17 und der Lagerhülse 115.

[0130] Beide Lagerstellen 25, 27 befinden sich auf der dem Exzenterabschnitt 19 der Antriebswelle 17 zugewandten Seite des Antriebsmotor 21, 23. Somit befinden sich alle Lagerstellen 25, 27 innerhalb des Pumpengehäuses 41 vor dem Antriebsmotor 21, 23. Dabei befinden sich die Lagerstellen 25, 27 im atmosphärischen Bereich der Pumpe, d.h. nicht in dem Bereich, in dem während des Pumpbetriebs ein Vakuum herrscht. Der Exzenterabschnitt 19 ist einstückig mit dem vorderen Ende der Antriebswelle 17 verbunden und der Antriebsmotor 21, 23 sitzt auf dem hinteren Ende der Antriebswelle 17. Durch diesen Aufbau kann der Antriebsmotor 21, 23 auf das hintere Ende der Antriebswelle 17 aufgeschoben werden. Die Montage und das Austauschen des Antriebsmotors 21, 23 oder von Teilen des Antriebsmotors 21, 23 wird hierdurch vereinfacht.

[0131] Das Wucht Konzept zum Auswuchten des unter anderem die Antriebswelle 17 und das bewegliche Spiralbauteil 13 umfassenden rotierenden Systems umfasst ein vorderes Wuchtgewicht 29 und ein hinteres Wuchtgewicht 31, die an der Antriebswelle 17 angebracht sind. Das vordere Wuchtgewicht 29 ist dabei im Bereich des vorderen Endes der Antriebswelle 17 und des Exzenterabschnitts 19 angeordnet. Das hintere Wuchtgewicht 31 befindet sich vor der hinteren Lagerstelle 27 und damit vor dem Antriebsmotor.

[0132] In Abwandlungen dieses Grundaufbaus sind auch andere Wucht Konzepte möglich. Beispielsweise kann das hintere Wuchtgewicht oder ein zusätzliches Wuchtgewicht am hinteren Ende der Antriebswelle im Bereich des Antriebsmotors angeordnet sein.

[0133] Des Weiteren ist ein auf das hintere Ende der

Antriebswelle 17 stirnseitig aufgesetztes Druckelement 87 vorgesehen, welches rotationssymmetrisch ausgebildet ist und nicht als Wuchtgewicht dient.

[0134] Das Druckelement 87 ist mittels einer zentralen Schraube 83 mit der Antriebswelle 17 verbunden. Zur Anpassung des Außendurchmessers des hinteren Abschnitts der Antriebswelle 17 an den Innendurchmesser des Motorrotors 21 ist der hintere Abschnitt der Antriebswelle 17 mit einem Hülsenelement 33 versehen. Das Hülsenelement 33 ist mittels des Druckelements 87 und der zentralen Schraube 83 mit dem Motorrotor 21 verklemt. Mittels eines Positionierstifts 33a ist das Hülsenelement 33 auf der Antriebswelle 17 befestigt. Des Weiteren ist axial zwischen einer an der Antriebswelle 17 ausgebildeten Schulter 17a und dem Motorrotor 21 ein ringförmiges Zwischenelement 34 angeordnet. Der Motorrotor 21 ist über das Zwischenelement 34 zwischen dem Druckelement 87 und der als Widerlager für das Zwischenelement 34 dienenden Schulter 17a der Antriebswelle 17 eingespannt. Im Bereich der Schulter 17a ist zwischen dem die hintere Lagerstelle 27 bildenden Loslager 27 und dem Zwischenelement 34 eine Wellfeder 99 angeordnet.

[0135] Der Antriebsmotor 21, 23 ist vollständig innerhalb des Pumpengehäuses 41 angeordnet, d.h. der Antriebsmotor 21, 23 ist über seine gesamte axiale Länge von dem Pumpengehäuse 41 in Umfangsrichtung umgeben, steht als nicht nach hinten vor. An seinem hinteren Ende ist das Pumpengehäuse 41 mittels eines separaten Motordeckels 103 verschlossen.

[0136] Am vorderen Ende des Pumpengehäuses 41 befindet sich das Pumpsystem mit dem feststehenden Spiralbauteil 11 und dem beweglichen Spiralbauteil 13. Das auch als Spiralgehäuse bezeichnete feststehende Spiralbauteil 11 ist auf das vordere Ende des Pumpengehäuses 41 stirnseitig aufgeschraubt und von einer ebenfalls am Pumpengehäuse 41 angebrachten Haube 105 umgeben, in der außerdem ein Lüfter 95 untergebracht ist.

[0137] Das bewegliche Spiralbauteil 13 ist über ein als Wälzlager ausgebildetes Flanschlager 91 an dem Exzenterabschnitt 19 gelagert. Axial zwischen dem beweglichen Spiralbauteil 13 und dem Exzenterabschnitt 19 befindet sich eine Druckscheibe 93. Zwischen einer umlaufenden Schulter der Antriebswelle 17 am Übergang in den Exzenterabschnitt 19 und dem Flanschlager 91 befindet sich eine Passscheibe 94. Die korrekte Ausrichtung in Umfangsrichtung zwischen dem feststehenden Spiralbauteil 11 und dem Pumpengehäuse 41 ist durch einen Positionierstift 97 gewährleistet. In Abwandlungen dieses Grundaufbaus können auch mehrere Positionierstifte 79 vorgesehen sein.

[0138] Das feststehende Spiralbauteil 11 umfasst eine Spiralanordnung mit Spiralwänden 49 und Spiralgrund 51 sowie einen mit seiner dem beweglichen Spiralbauteil 13 zugewandten Seite den Spiralgrund 51 bildenden Träger 53 für die Spiralanordnung. Beispielsweise können zwei radial äußere Spiralwände 49 vorgesehen sein, die

auf konzentrischen Kreisen liegen und in Umfangsrichtung unterbrochen sind. Hierdurch entsteht eine Parallelpumpstruktur aus parallel pumpenden, von den betreffenden Spiralnuten zwischen den Spiralwänden 49 gebildeten Kanälen, die in einen spiralförmig nach radial innen verlaufenden Pumpkanal übergehen, der von einer spiralförmig verlaufenden Spiralnut gebildet wird und von einer spiralförmig verlaufenden Spiralwand 49 begrenzt ist.

[0139] Das bewegliche Spiralbauteil 13 umfasst ebenfalls eine Spiralanordnung mit Spiralwänden 69 und Spiralgrund 71 sowie einen plattenförmigen, mit seiner dem feststehenden Spiralbauteil 11 zugewandten Seite den Spiralgrund 71 bildenden Träger 73 für die Spiralanordnung. Es können entsprechend der Spiralanordnung des feststehenden Spiralbauteils 11 zwei radial äußere Spiralwände 69 vorgesehen sein, die auf konzentrischen Kreisen liegen und im Bereich eines nicht dargestellten Gaseinlasses in Umfangsrichtung unterbrochen sind. Eine radial innenliegende Spiralwand 69 verläuft spiralförmig.

[0140] Sowohl die Spiralwände 49 des feststehenden Spiralbauteils 11 als auch die Spiralwände 69 des beweglichen Spiralbauteils 13 sind an ihren vom jeweiligen Spiralgrund 51 bzw. 71 abgewandten Ende mit einem langgestreckten Dichtungselement 75 (TipSeal) versehen.

[0141] Die vorstehend beschriebenen Spiralanordnungen der beiden Spiralbauteile 11, 13 können auch anders ausgebildet sein.

[0142] Über einen Einlassflansch 77 gelangt das zu pumpende Gas in das die beiden Spiralbauteile 11, 13 umfassende Pumpsystem und wird über einen nicht dargestellten Auslassflansch ausgestoßen.

[0143] Das Pumpengehäuse 41 ist auf einer Basis abgestützt, die von einem Elektronikgehäuse 43 gebildet ist. Das Pumpengehäuse 41 ist mit dem Elektronikgehäuse 43 verschraubt. Das nicht vollständig dargestellte Elektronikgehäuse 43 ist an seiner Unterseite mit nicht dargestellten Füßen versehen. In dem Elektronikgehäuse 43 ist eine Elektronikausstattung untergebracht, die elektronische, elektrische und elektromechanische Komponenten umfasst, die unter anderem zur Stromversorgung und zur Steuerung der Scrollvakuumpumpe dienen.

[0144] Des Weiteren umfasst die Scrollvakuumpumpe ein nicht dargestelltes Gasballast-Ventil. In Abwandlungen dieses Grundaufbaus kann anstelle eines Gasballastventils ein mehrstufiges Gasballastsystem vorgesehen sein.

[0145] Der von der Antriebswelle 17 mit dem Exzenterabschnitt 19 gebildete Exzenterantrieb befindet sich innerhalb des Pumpengehäuses 41 und ist von einer verformbaren Hülse in Gestalt eines Wellbalgs 89 umgeben. Der Wellbalg 89 dient einerseits zur Abdichtung des Exzenterantriebs gegenüber dem Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe und andererseits als Verdrehsicherung für das bewegliche Spiralbauteil 13. Hierzu ist der

Wellbalg 89 an der dem Antrieb zugewandten Seite des beweglichen Spiralbauteils 13 befestigt. Das hintere Ende des Wellbalgs 89 ist innerhalb des Pumpengehäuses 41 an einem Gehäusegrund mittels Schrauben angebracht.

[0146] Wie im Einleitungsteil erläutert, ist jeweils zwischen den Stirnseiten der Spiralwände 49 bzw. 69 des einen Spiralbauteils 11 bzw. 13 und dem Spiralgrund 71 bzw. 51 des anderen Spiralbauteils 13 bzw. 11 ein axialer Spalt vorhanden, was im Rahmen der vorliegenden Offenbarung allgemein als Axialspaltmaß bezeichnet wird. Das Axialspaltmaß hat Einfluss auf die Vakuumperformance der Scrollvakuumpumpe und damit insbesondere auf deren Saugvermögen sowie auf den minimalen Enddruck, der mit der Scrollvakuumpumpe erreicht werden kann.

[0147] Die Erfindung schafft die Möglichkeit, das Axialspaltmaß einzustellen, und zwar je nach Ausführungsbeispiel entweder während des Pumpbetriebs oder außerhalb des Pumpbetriebs. Eine Ausführungsbeispiele gestatten es, das Axialspaltmaß wahlweise während des Pumpbetriebs oder außerhalb des Pumpbetriebs einzustellen. Nachstehend werden in Verbindung mit den Figuren unterschiedliche Möglichkeiten, das Axialspaltmaß einzustellen, erläutert, wobei diese einzelnen Aspekte der Erfindung am Beispiel einer herkömmlichen Scrollvakuumpumpe erläutert werden, die einen Grundaufbau aufweist, wie er vorstehend anhand von Fig. 1 erläutert worden ist. Dabei sind in den nachfolgend beschriebenen Figuren die erfindungsgemäßen Aspekte zum überwiegenden Teil rein schematisch dargestellt, um das jeweilige erfindungsgemäße Konzept zu erläutern.

[0148] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 umfasst das Stellmittel zum Einstellen des Axialspaltmaßes ein aktives Magnetlager 113, das auf der Rückseite, also auf der vom feststehenden Spiralbauteil 11 (Spiralgehäuse) abgewandten Seite, des beweglichen Spiralbauteils 13 (Orbiter) angeordnet ist.

[0149] Die schematische Darstellung in Fig. 2 zeigt eine erste Spule 113a und eine zweite Spule 113b des Magnetlagers, die in axialer Richtung gegeneinander versetzt angeordnet sind. Ein jeweils vorhandenes Axialspaltmaß kann mittels eines Sensors 113c des Magnetlagers 113 gemessen werden. Der Sensor 113c kann als Wirbelstromsensor ausgebildet sein. Alternativ können als Sensor 113c ein oder mehrere Hall-Sensoren eingesetzt werden.

[0150] Eine nicht dargestellte Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe ist dazu ausgebildet, das aktive Magnetlager 113 zu regeln, d.h. einen jeweils gewünschten Axialspalt durch Verändern der Lagerkraft in Abhängigkeit von dem mittels des Sensors 113c gemessenen Axialspaltmaß einzustellen.

[0151] Die Scrollvakuumpumpe außerdem kann mit einem oder mehreren Drucksensoren versehen sein. Ein Drucksensor kann beispielsweise dazu vorgesehen sein, den Druck im Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe

zu messen. Die Größe eines jeweils gewünschten Axialspaltmaßes kann von dem gemessenen Ansaugdruck abhängig sein. Bei dem erfindungsgemäßen Konzept zum Einstellen des Axialspaltmaßes gemäß Fig. 2 kann also vorgesehen sein, dass das Axialspaltmaß in Abhängigkeit von dem gemessenen Ansaugdruck variiert wird.

[0152] Fig. 3 illustriert eine weitere erfindungsgemäße Möglichkeit zum Einstellen des Axialspaltmaßes zwischen Spiralgehäuse 11 und Orbiter 13. Wie in Verbindung mit Fig. 1 erläutert worden ist, ist zwischen dem Orbiter 13 und dem Pumpengehäuse 41 ein Wellbalg 89 angeordnet. Der Wellbalg 89 ist dabei vorne an der Rückseite des Orbiters 13 befestigt und hinten am Pumpengehäuse 41 abgestützt. Folglich wird der Orbiter 13 von dem Wellbalg 89 mit einer in axialer Richtung wirkenden Kraft beaufschlagt, die unter anderem von dem innerhalb des Wellbalgs 89 herrschenden Druck abhängig ist.

[0153] Das Konzept dieser erfindungsgemäßen Ausführungsform besteht darin, den Wellbalg 89 zu nutzen, um den Orbiter 13 in axialer Richtung mechanisch zu beaufschlagen und folglich hierdurch ein jeweils gewünschtes Axialspaltmaß einzustellen. Hierbei wird, wie an anderer Stelle bereits mehrfach erläutert, ausgenutzt, dass das den Orbiter 13 am Exzenterabschnitt 19 der Antriebswelle 17 lagernde Flanschlager 91 eine geringfügige axiale Bewegung des Orbiters 13 erlaubt.

[0154] Durch eine schematisch dargestellte Ventilanordnung 121 mit einer Steuereinrichtung 123 für die Ventilanordnung 121 kann der Druck p_2 innerhalb des Wellbalgs 89 variiert werden. Das Innere des Wellbalgs 89 steht über eine Leitung 127, die Ventilanordnung 121 und eine weitere Leitung 125 mit dem Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe in Verbindung. Die Leitung 127 kann unter anderem eine Filtereinrichtung mit einem oder mehreren Filterelementen und eine Rückschlageinrichtung mit einem oder mehreren Rückschlagelementen enthalten. Der Druck p_1 im Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe variiert während des Betriebs und ist mittels eines lediglich schematisch angedeuteten Drucksensors 119 messbar. Ein solcher, im Ansaugbereich angeordneter Drucksensor ist allerdings nicht zwingend notwendig. Eine für dieses Konzept erforderliche Ermittlung eines Druckwertes kann auch über einen anderen Drucksensor erfolgen, der z.B. in der sogenannten Kundenkammer, also einem Rezipienten, in dem mittels der Scrollvakuumpumpe während des Betriebs ein Vakuum erzeugt wird, oder an einer anderen Stelle des Pumpsystems angeordnet sein. Alternativ kann ein Maß für den Druck über andere Pumpparameter wie zum Beispiel die Leistungsaufnahme der Scrollvakuumpumpe abgeschätzt werden.

[0155] Mit der Steuereinrichtung 123, die separat vorgesehen oder in eine nicht dargestellte Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe integriert sein kann, kann durch entsprechende Ansteuerung der Ventilanordnung 121 der Druck innerhalb des Wellbalgs 89, der typischerweise in einer Größenordnung von 1 bar liegt, variiert werden, um entsprechend die axiale Kraft, die der Well-

balg 89 auf die Rückseite des Orbiters 13 ausübt, variieren und so das Axialspaltmaß einstellen zu können.

[0156] Die Ventilanzordnung 21 kann beispielsweise als ein Magnetventil ausgebildet sein, welches beispielsweise in einer im Wellbalg 89 ausgebildeten Bohrung angeordnet sein kann.

[0157] Fig. 4 veranschaulicht zwei unterschiedliche Möglichkeiten, das Axialspaltmaß einzustellen. Beide Möglichkeiten können an einer jeweiligen Scrollvakuumpumpe gemeinsam vorgesehen sein, wobei dies aber nicht zwingend ist. Jede dieser beiden Möglichkeiten kann nämlich auch alleine oder in Kombination mit einem der anderen offenbaren Aspekte der Erfindung an einer jeweiligen Scrollvakuumpumpe verwirklicht werden.

[0158] Wie in Verbindung mit Fig. 1 erläutert worden ist, ist zwischen dem die hintere Lagerstelle für die Antriebswelle 17 bildenden Loslager 27 und dem Zwischenelement 34 eine Wellfeder 99 angeordnet. Bei der herkömmlichen Scrollvakuumpumpe gemäß Fig. 1 bewirkt die Wellfeder 99 eine feste, nicht veränderbare Vorspannung, deren Größe von den Eigenschaften der Wellfeder 99 abhängig ist.

[0159] Ein erfindungsgemäßer Aspekt besteht nun darin, die Vorspannung an derjenigen axialen Stelle, an der sich die Wellfeder 99 befindet, aktiv zu beeinflussen. Hierzu sieht dieser erfindungsgemäße Aspekt vor, dass anstelle der herkömmlichen Wellfeder 99 entweder eine modifizierte Wellfeder 99 oder eine andere längenveränderliche Einrichtung angeordnet ist, die mittels einer nicht dargestellten Vorrichtung beaufschlagt werden kann, wobei die Beaufschlagung beispielsweise durch die Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe geregelt werden kann.

[0160] Beispielsweise kann eine gegenüber einer herkömmlichen Wellfeder modifizierte Wellfeder 99 vorgesehen sein, die aus einem Bimetall hergestellt ist, wobei im Bereich dieser Wellfeder 99 gezielt die Temperatur verändert werden kann, um auf diese Weise die Steifigkeit der Wellfeder 99 gezielt zu verändern. Die Wellfeder 99 bzw. der Bereich der Wellfeder 99 kann hierzu gezielt mit Wärme beaufschlagt oder gekühlt werden. Hierzu kann z.B. eine sogenannte "Heat Pipe" (nachstehend näher erläutert) eingesetzt werden.

[0161] Anstelle einer Wellfeder 99 kann eine längenveränderliche Einrichtung 129 zwischen dem Loslager 27 und dem Zwischenelement 34 vorgesehen sein. Beispielsweise kann als längenveränderliche Einrichtung 129 ein elastisches Element vorgesehen sein, dessen Inneres mittels eines Fluids gezielt beaufschlagt werden kann. Hierbei kann ausgenutzt werden, dass im Inneren einer Scrollvakuumpumpe verschiedene Bereiche vorhanden sind, die sich auf unterschiedlichen Druckniveaus befinden, d.h. in denen unterschiedliche Drücke herrschen. Es wurde bereits erwähnt, dass beispielsweise innerhalb des Wellbalgs 89 typischerweise ein Druck in der Größenordnung von 1 bar herrscht. Im Ansaugbereich der Scrollvakuumpumpe herrscht während des Betriebs ein wesentlich geringerer Druck (Vakuum). Diese

Beispiele veranschaulichen, dass zur Beaufschlagung eines als längenveränderliches Element 129 dienenden, beispielsweise mittels eines Gases beaufschlagbaren elastischen Elements unterschiedliche Druckbereiche der Scrollvakuumpumpe zur Verfügung stehen, also Bereiche, in denen unterschiedlichen Drücke herrschen. Die kann genutzt werden, indem das elastische Element 129 gezielt mit einem jeweiligen Druckbereich in Verbindung gesetzt und so auf das Druckniveau dieses Druckbereiches gebracht wird. In Abhängigkeit von der jeweils gewünschten Vorspannung, die mittels des elastischen Elements 129 erzeugt werden soll, kann durch eine geeignete Steuereinrichtung zwischen den unterschiedlichen Druckbereichen und somit Druckniveaus gewechselt werden.

[0162] Bei dem anderen erfindungsgemäßen Aspekt, der in Fig. 4 veranschaulicht ist, handelt es sich um ein Konzept, wonach das Stellmittel zum Einstellen des Axialspalts zumindest einen Aktor umfasst, beispielsweise einen Piezo-Aktor, der dazu dient, das Spiralgehäuse 11 oder den Orbiter 13 direkt oder indirekt in axialer Richtung mechanisch zu beaufschlagen.

[0163] Fig. 4 veranschaulicht ein Beispiel, bei dem Aktoren 117 zwischen dem Spiralgehäuse 11 und dem Pumpengehäuse 41 angeordnet sind. Lediglich ein Piezo-Aktor 117 ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. In einem möglichen Ausführungsbeispiel sind mehrere Aktoren 117 vorzugsweise symmetrisch in Umfangsrichtung um die Drehachse 15 verteilt angeordnet. Beispielsweise können drei Piezo-Aktoren 117 mit einem jeweiligen Winkelabstand von 120° vorgesehen sein.

[0164] Mittels einer nicht dargestellten Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe können diese Piezo-Aktoren entweder gemeinsam oder unabhängig voneinander derart angesteuert werden, dass der axiale Abstand zwischen Pumpengehäuse 41 und Spiralgehäuse 11 verändert und damit das Axialspaltmaß zwischen Spiralgehäuse 11 und Orbiter 13 eingestellt werden kann. Auch eine Korrektur von Schiefstellungen des Spiralgehäuses 11 relativ zum Gehäuse 41 ist beispielsweise möglich, indem die in Umfangsrichtung verteilten Aktoren 117 entsprechend unterschiedlich angesteuert werden.

[0165] Die Lage solcher Aktoren zwischen dem Spiralgehäuse 11 und dem Pumpengehäuse 41 ist in Fig. 4 als ein mögliches Beispiel für die Positionierung derartiger Aktoren 117 gezeigt. Die Aktoren 117 können auch an anderen Stellen zwischen zwei Bauteilen der Scrollvakuumpumpe angeordnet sein, und zwar an Stellen, an denen es möglich ist, eines der beiden Spiralbauteile 11, 13 in axialer Richtung direkt oder indirekt mechanisch zu beaufschlagen. Beispielsweise können ein oder mehrere Aktoren 117 zwischen den beiden Spiralbauteilen 11, 13 oder zwischen dem beweglichen Spiralbauteil 13 und dem Pumpengehäuse 41 angeordnet sein. Da die Antriebswelle 17 an ihrem vorderen Ende mit dem Orbiter 13 verbunden ist, ist es auch möglich, für eine mechanische Beaufschlagung der Antriebswelle 17 zu sorgen, um die axiale Stellung des Orbiters 13 relativ zum Spi-

ralgehäuse 11 mittels der Antriebswelle 17 zu verändern. So können beispielsweise ein oder mehrere Aktoren 117 zwischen einem beispielsweise vom Pumpengehäuse 41 bereitgestellten Widerlager und der Antriebswelle 17 oder einem mit der Antriebswelle 17 verbundenen Bauteil angeordnet sein.

[0166] Wenn - wie in Fig. 4 gezeigt - ein oder mehrere Aktoren 117 zwischen dem Spiralgehäuse 11 und dem Pumpengehäuse 41 angeordnet sind, kann eine initiale Axialspalt-Einstellung dadurch erfolgen, dass zunächst mittels des bzw. der Aktoren 117 ein jeweils gewünschtes Axialspaltmaß eingestellt und anschließend der eingestellte Zustand durch Verschrauben des Spiralgehäuses 11 mit dem Pumpengehäuse 41 fixiert wird. Auch eine Axialspalt-Einstellung während des Pumpbetriebs ist mit einem oder mehreren derartigen Aktoren 117 möglich, wenn das Spiralgehäuse 11 und das Pumpengehäuse 41 nicht fest miteinander verschraubt sind, sondern auf andere Weise derart miteinander verbunden sind, dass ein jeweils eingestelltes Axialspaltmaß ausreichend fixiert ist, gleichwohl aber mittels der Aktoren 117 verändert werden kann. Dies kann z.B. durch eine bewegliche Lagerung des Spiralgehäuses 11 am Pumpengehäuse 41 erfolgen, die ausreichend steif ist, so dass ein jeweils eingestelltes Axialspaltmaß sich nicht von selbst während des Betriebs ändern kann, deren Steifigkeit aber mittels des oder der Aktoren 117 zum Verändern des Axialspaltmaßes überwunden werden kann. Hierzu kann z.B. das Spiralgehäuse 11 auf Stiften in axialer Richtung verschiebbar gelagert und mittels Federn in Richtung des Pumpengehäuses 41 axial vorgespannt sein, wobei eine geeignete Dichteinrichtung für eine jeweils erforderliche Abdichtung zwischen Spiralgehäuse 11 und Pumpengehäuse 41 sorgt.

[0167] Die Fig. 5, 6 und 7 veranschaulichen unterschiedliche Möglichkeiten zur Realisierung eines weiteren erfindungsgemäßen Aspektes, wonach das Axialspaltmaß zwischen beiden Spiralbauteilen 11, 13 eingestellt wird, indem eine während des Pumpbetriebs auftretende thermische Ausdehnung zumindest eines Bauteils aktiv oder passiv dadurch beeinflusst wird, dass dieses Bauteil oder ein anderes Bauteil wenigstens bereichsweise direkt oder indirekt thermisch beaufschlagt wird, oder indem der Wärmetransport innerhalb der Pumpe beeinflusst wird.

[0168] Diese Maßnahmen, im Folgenden auch als thermische Maßnahmen oder thermische Konzepte bezeichnet, können miteinander kombiniert werden. In einigen Ausführungsbeispielen ergeben sich Kombinationen zwangsläufig. Beispielsweise kann durch eine Beeinflussung des Wärmetransports innerhalb der Pumpe ein Bauteil thermisch beaufschlagt werden, was wiederum eine aktive Beeinflussung der thermischen Ausdehnung dieses Bauteils darstellt.

[0169] Eine Kombination der genannten Maßnahmen ist aber nicht zwangsläufig. So kann auch beispielsweise ohne eine Beeinflussung des Wärmetransports innerhalb der Pumpe und ohne eine aktive gezielte thermische

Beaufschlagung eines Bauteils eine passive Beeinflussung der thermischen Ausdehnung eines Bauteils erfolgen. Ein Bauteil kann beispielsweise aus Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hergestellt sein. Während des Pumpbetriebs kommt es zu einer Temperaturerhöhung innerhalb der Pumpe, so dass sich die unterschiedlichen Abschnitte des Bauteils in unterschiedlichem Maße ausdehnen. Da das thermische Verhalten der Materialien und damit des betreffenden Bauteils insgesamt bekannt und somit vorhersagbar ist, wenn die während des Pumpbetriebs auftretende Temperaturerhöhung ebenfalls bekannt und somit vorhersagbar ist, kann die Auswirkung dieses thermischen Verhaltens des Bauteils beispielsweise auf das bewegliche Spiralbauteil vorhergesagt werden.

[0170] Die Wahl von Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten stellt also eine passive Maßnahme dar, mit der das Axialspaltmaß eingestellt werden kann. Wie an anderer Stelle erwähnt, umfasst der Begriff "Einstellen" auch das "Halten" des Axialspaltmaßes auf einem vorgegebenen Sollwert. Durch die Materialwahl und die Vorhersagbarkeit des thermischen Ausdehnungsverhaltens des betreffenden Bauteils kann dafür gesorgt werden, dass das Axialspaltmaß während des Pumpbetriebs trotz der Erwärmung des Inneren der Scrollvakuumpumpe zumindest im Wesentlichen auf einem jeweils gewünschten Sollwert gehalten werden kann. Es können auch Materialien mit einem negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten eingesetzt werden. Hierdurch eröffnen sich zusätzliche Möglichkeiten für eine aktive oder passive Beeinflussung der thermischen Ausdehnung eines betreffenden Bauteils.

[0171] Für die hierin offenbarten thermischen Konzepte zum Einstellen des Axialspaltmaßes sind unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten eines jeweiligen Bauteils nicht zwingend. Thermische Maßnahmen können eine gezielte Erwärmung oder Kühlung eines oder mehrerer Bauteile beinhalten, um hierdurch deren thermische Ausdehnung und damit das Axialspaltmaß beeinflussen zu können. Wie an anderer Stelle bereits ausgeführt, können thermische Maßnahmen beispielsweise einen ohnehin vorhandenen Lüfter der Scrollvakuumpumpe nutzen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Vakuumpumpe mit einer oder mehreren sogenannten "Heat Pipes" (auch als Wärmerohre bezeichnet) zu versehen. Mit derartigen Heat Pipes, die dem Fachmann als solche grundsätzlich bekannt sind, kann gezielt Wärme einem bestimmten Ort zugeführt oder von einem bestimmten Ort abgeführt werden.

[0172] Fig. 5 veranschaulicht zwei unterschiedliche Maßnahmen einer passiven Beeinflussung der thermischen Ausdehnung von Bauteilen der Scrollvakuumpumpe, nämlich einerseits der Antriebswelle 17 und andererseits der Lagerhülse 115, die bei dem anhand von Fig. 1 erläuterten Grundaufbau einen integralen Bestandteil des Pumpengehäuses 41 darstellt.

[0173] Gemäß einer Maßnahme kann ein Abschnitt 17b der Antriebswelle 17 aus einem Material mit einem

negativen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hergestellt sein. Bei einer Erhöhung der Temperatur im Inneren der Scrollvakuumpumpe reduziert sich dann die axiale Länge dieses Abschnitts 17b, wohingegen die anderen Abschnitte der Antriebswelle 17 eine axiale Ausdehnung erfahren. Insgesamt kann aufgrund der Vorhersagbarkeit der thermischen Effekte erreicht werden, dass die axiale Länge der Antriebswelle 17 unabhängig von den in der Praxis auftretenden Temperaturen innerhalb der Scrollvakuumpumpe zumindest im Wesentlichen konstant ist. Die axiale Position des mit dem vorderen Ende der Antriebswelle 17 verbundenen Orbiters 13 bleibt damit während des Pumpbetriebs unverändert. Alternativ kann durch die Wahl des Materials des Abschnitts 17b sowie durch dessen axiale Länge das thermische Ausdehnungsverhalten der Antriebswelle 17 so vorgegeben werden, dass sich für eine bestimmte Temperatur, beispielsweise einer Normalbetriebstemperatur im Inneren der Scrollvakuumpumpe, eine bestimmte axiale Stellung des Orbiters 13 einstellt, die sich von der Axialstellung des Orbiters 13 bei einer unterhalb der Normalbetriebstemperatur liegenden Innentemperatur der Scrollvakuumpumpe unterscheidet. Durch zusätzliche Maßnahmen, nämlich einer thermischen Beaufschlagung eines oder mehrerer Abschnitte der Antriebswelle 17, beispielsweise durch eine gezielte Erwärmung des Abschnitts 17b oder eine gezielte Kühlung eines oder mehrerer anderer Abschnitte der Antriebswelle 17, kann das Axialspaltmaß während des Pumpbetriebs gezielt eingestellt werden.

[0174] Alternativ oder zusätzlich zu dem Vorsehen des erläuterten Abschnitts 17b der Antriebswelle 17 kann die Lagerhülse 115 aus einem Material hergestellt sein, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient sich von jenem des Materials des verbleibenden Pumpengehäuses 41 unterscheidet. Die Lagerhülse 115 ist dann kein integraler Bestandteil des Pumpengehäuses 41 mehr, ist aber mit diesem derart verbunden, dass ein guter Wärmeübergang durch Wärmeleitung zwischen Lagerhülse 115 und Pumpengehäuse gegeben ist. Eine thermisch bedingte Veränderung der axialen Länge der Lagerhülse 115 verändert die axiale Position der Antriebswelle 17 relativ zum Pumpengehäuse 41 und damit die Stellung des Orbiters 13 relativ zum Pumpengehäuse 41 und folglich auch relativ zum feststehenden Spiralbauteil 11. Auf diese Weise kann somit ebenfalls eine Einstellung des Axialspaltmaßes erfolgen.

[0175] Fig. 6 veranschaulicht zwei thermische Maßnahmen, die jeweils für sich genommen oder auch in Kombination vorgesehen sein können.

[0176] Eine Maßnahme besteht darin, die Rotation der Antriebswelle 17 zu nutzen. Hierbei ist in dem axialen Bereich zwischen dem Flanschlager 91 und der von dem Festlager 25 gebildeten vorderen Lagerstelle an der Außenseite der Antriebswelle 17 eine Rotorscheufel 131 angebracht. Es können mehrere in Umfangsrichtung voneinander beabstandete Rotorscheufeln 131 vorgesehen sein. Hierdurch wird in diesem axialen Bereich durch

die rotierende Antriebswelle 17 und die eine oder mehreren Rotorscheufeln 131 eine Lüftereinrichtung realisiert, durch die der Wärmetransport innerhalb der Scrollvakuumpumpe beeinflusst werden kann. Durch diese Lüfterwirkung kann insbesondere eine Kühlung des Orbiters 13 erfolgen.

[0177] An der erwähnten axialen Stelle steht nicht der gesamte Umfangsbereich der Antriebswelle zur Verfügung, da das vordere Wuchtgewicht 29 Platz benötigt. Gleichwohl kann eine Lüfterwirkung der Antriebswelle 17 durch die eine oder mehreren Rotorscheufeln 31 erzielt werden. Die zusätzliche Masse der einen oder mehreren Rotorscheufeln 131 kann bei der Auslegung des vorderen Wuchtgewichts 29 und dessen Anbringung an der Antriebswelle 17 berücksichtigt werden, damit trotz der einen oder mehreren Rotorscheufeln 131 ein gewuchter Zustand erhalten bleibt.

[0178] Die Wärmeabfuhr kann hierbei noch verbessert werden, indem die Rückseite des Trägers 73 des Orbiters 13 mit einer Struktur zur Wärmeabgabe versehen ist, beispielsweise mit Rippen oder Finnen, um Wärme in das Gasmedium innerhalb des Wellbalgs 89 abgeben zu können.

[0179] Die andere thermische Maßnahme, die in Fig. 6 dargestellt ist, besteht darin, einen Luftstrom durch das Innere der Scrollvakuumpumpe hindurch zu erzeugen. Zu diesem Zweck führt eine Zuluftleitung von außerhalb des Pumpengehäuses 41 durch dieses hindurch in den inneren Bereich des Wellbalgs 89 gelegenen Innenbereich der Scrollvakuumpumpe und aus diesem heraus nach außen über eine wiederum durch das Pumpengehäuse 41 hindurchführende Abluftleitung 135. Wie am Beispiel der Abluftleitung 135 schematisch dargestellt, kann hierzu in der Lagerhülse 115 des Pumpengehäuses 41 eine Ausnehmung 133 vorgesehen sein, von welcher die Abluftleitung 135 ausgeht.

[0180] Der Luftstrom durch die Scrollvakuumpumpe kann mittels einer Ventilanordnung 139 mit zugeordneter Steuereinrichtung 141 geregelt werden. Die Steuereinrichtung 141 kann separat für die Ventilanordnung 139 vorgesehen oder in eine nicht dargestellte Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe integriert sein.

[0181] Mittels eines derart regelbaren Luftstroms durch das Innere der Scrollvakuumpumpe kann das Innere der Scrollvakuumpumpe gezielt gekühlt und in diesem Sinne der Wärmetransport innerhalb der Scrollvakuumpumpe beeinflusst werden. Zusätzlich kann dieser Kühlluftstrom dazu genutzt werden, eine Kühlwirkung im Bereich des Antriebsmotors 21, 23 zu erzeugen.

[0182] In der Praxis wird beobachtet, dass während des Pumpbetriebs die Temperatur des Orbiters 13 typischerweise um etwa 20K bis 30K höher liegt als die Temperatur des feststehenden Spiralgehäuses 11. Eine Abfuhr von Wärme von dem Orbiter 13 stellt somit eine besonders effektive Maßnahme dar, um eine thermische Ausdehnung des Orbiters 13 zu beeinflussen und so das Axialspaltmaß zwischen Orbiter 13 und feststehendem Spiralgehäuse 11 einzustellen.

[0183] Gemäß einem in Fig. 7 veranschaulichten Ausführungsbeispiel kann eine Wärmeabfuhr vom Orbiter 13 durch eine aktive Regelung des Lüfters 95 der Scrollvakuumpumpe erfolgen. Die Drehzahl des Lüfters 95 und damit dessen Kühlwirkung kann beispielsweise mittels einer nicht dargestellten Steuereinrichtung der Scrollvakuumpumpe verändert werden. Der Lüfter 95 kann auch eine eigene Steuereinrichtung aufweisen, die mit jener der Scrollvakuumpumpe kommunizieren kann. Durch die Pfeile W in Fig. 7 ist veranschaulicht, wie Wärme vom Orbiter 13 über das Flanschlager 91, das vordere Festlager 25 und das hintere Loslager 27 sowie über die Antriebswelle 17 selbst an das Pumpengehäuse 41 übertragen wird. Über das Pumpengehäuse 41 kann die Wärme dann an die Umgebung abgegeben werden.

[0184] Die vorstehend in Verbindung mit den Fig. 2 bis 7 beschriebenen Ausführungsbeispiele dienen zur Einstellung des Axialspaltmaßes während des Pumpetriebs. Wie im Einleitungsteil erläutert, umfasst die Erfindung auch Stellmittel, die dazu ausgebildet sind, das Axialspaltmaß außerhalb des Pumpetriebs einzustellen. Beispielsweise kann eine initiale Axialspalteinstellung bei der Montage der Scrollvakuumpumpe erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann das Axialspaltmaß im Rahmen einer Wartung oder bei der Vorbereitung der Scrollvakuumpumpe für eine neue Anwendung eingestellt werden. Die Einstellung kann insbesondere manuell entweder von Hand oder mittels eines Werkzeugs erfolgen.

[0185] Ein Beispiel für eine manuelle Einstellbarkeit des Axialspaltmaßes zeigt Fig. 8. Anstelle der beim herkömmlichen Grundaufbau (vgl. Fig. 1) vorgesehenen zentralen Schraube 83 am hinteren Ende der Antriebswelle 17 ist hier eine Stellschraube 143 vorgesehen, die durch einen in der Antriebswelle 17 ausgebildeten Durchgang hindurchgeführt ist. Am vorderen freien Endbereich des Schaftes 143a der Stellschraube 143 ist ein Außengewinde ausgebildet, das mit einem Innengewinde in einer in der Druckscheibe 93 ausgebildeten Bohrung nach Art eines Spindeltriebs zusammenwirkt, bei dem der vorderer freie Endbereich des Schaftes 143a eine Gewindespindel und die Druckscheibe die Spindelmutter bildet. Da die Druckscheibe 93 verdrehsicher zwischen dem vorderen Ende der Antriebswelle 17 und der Rückseite des Orbiters 13 angeordnet ist, kann durch Verdrehen der Stellschraube 143 die axiale Position der Druckscheibe 93 und damit des Orbiters 13 verändert und somit eingestellt werden. Bei abgenommenem Motordeckel 103 ist der Kopf der Stellschraube 143 von außen zugänglich und kann mittels eines herkömmlichen Werkzeugs, beispielsweise eines Schraubendrehers oder eines Innensechskantschlüssels (Inbus), betätigt werden.

[0186] Die für diese Einstellmöglichkeit erforderliche Spielfreiheit des Flanschlagers 91 ist durch eine Federanordnung 145 sichergestellt, die zwischen der Antriebswelle 17 und dem Innenring des Flanschlagers 91 angeordnet ist. Die Federanordnung 145 kann beispielsweise von einer Wellfeder gebildet werden.

[0187] Fig. 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel

für das Konzept, bei dem das Stellmittel zum Einstellen des Axialspaltmaßes dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß manuell einzustellen. Die Scrollvakuumpumpe ist hier lediglich stark schematisiert dargestellt und kann wiederum einen Grundaufbau wie anhand von Fig. 1 erläutern aufweisen.

[0188] In dem in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst das Stellmittel ein Spannsystem 151 für das lediglich schematisch dargestellte Spiralgehäuse 11. Dieses Spannsystem 151 funktioniert nach dem Prinzip einer dem Fachmann grundsätzlich bekannten Spannvorrichtung. Ein hier einen Bestandteil des Spannsystems 151 bildender Träger für das Spiralgehäuse 11 umfasst mehrere am hier ebenfalls schematisch dargestellten Pumpengehäuse 41 angeordnete, in Umfangsrichtung verteilte Ringsegmente 153, die als Spannbacken wirksam sind. Die Ringsegmente 153 können separate Elemente sein, die mit dem Pumpengehäuse 41 in geeigneter Weise verbunden sind. Die Ringsegmente 153 können aber auch einstückig mit dem Pumpengehäuse 41 ausgebildet sein.

[0189] Die Ringsegmente 153 sind elastisch auslenkbar, und zwar mittels eines zum Spannsystem 151 gehörenden ringförmigen Spannelements 155. Dieser Spannring 155 umfasst in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel an seiner Innenseite eine konische Fläche, über welche der Spannring 155 mit entsprechenden Gegenflächen der Ringsegmente 153 zusammenwirkt. Der Spannring 155 kann in axialer Richtung mit dem Pumpengehäuse 41 verschraubt werden.

[0190] In einem gelösten Zustand, wie er in Fig. 9 veranschaulicht ist, kann das Spiralgehäuse 11 relativ zu den Ringsegmenten 153 verstellt werden, um in eine jeweils gewünschte Sollstellung relativ zum in Fig. 9 nicht dargestellten Orbiter, also zum beweglichen Spiralbauteil des Pumpsystems der Scrollvakuumpumpe, gebracht zu werden. An seinem Außenumfang ist das Spiralgehäuse 11 mit einer konvexen Außenkontur 157 versehen, z.B. einem balligen Ringabschnitt oder einzelnen kalottenförmigen Vorsprüngen, über welche das Spiralgehäuse 11 im gelösten Zustand unter lediglich geringer Spannung von den Ringsegmenten 153 verliersicher gehalten, aber relativ zu den Ringsegmenten 153 verstellt werden kann. Sobald sich das Spiralgehäuse 11 in der jeweiligen Sollstellung befindet, wird der Spannring 155 durch Verschrauben mit dem Pumpengehäuse 41 auf die Ringsegmente 153 geschoben, die sich dadurch radial nach innen verformen und hierdurch das Spiralgehäuse 11 einspannen. In diesem verspannten Zustand des Spannsystems 151 ist die Relativstellung zwischen Spiralgehäuse 11 und Pumpengehäuse 41 und damit die Relativstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen fixiert.

[0191] Fig. 10 veranschaulicht schematisch ein Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Konzept, wonach ein Stellmittel zum Einstellen des Axialspaltmaßes dazu ausgebildet ist, zumindest einem der Spiralbauteile ein Selbsteinstellen zu ermöglichen. Die betref-

fende Scrollvakuumpumpe kann wiederum einen Grundaufbau wie anhand von Fig. 1 erläutert aufweisen.

[0192] Fig. 10 zeigt am Beispiel einer Spiralwand 69 des Orbiters ein an der Stirnseite 165 der Spiralwand 69 angeordnetes Dichtungselement 75 (TipSeal). Die Dichtung 75 ist mit ihrer Oberseite 160 dem Spiralgrund 51 des Trägers 53 des Spiralgehäuses zugewandt. Zwischen dieser Oberseite 160 und dem Spiralgrund 51 ist ein Axialspalt vorhanden.

[0193] Die Geometrie der Dichtung 75 und einer die Dichtung 75 aufnehmenden Ausnehmung 171 an der Stirnseite 165 der Spiralwand 69 ist für sich genommen aus EP 4 174 285 A1 bekannt. Hinsichtlich dieser Geometrie, die in Fig. 10 in einem Querschnitt senkrecht zur Längserstreckung der Spiralwand 69 und der Dichtung 75 und somit senkrecht zur Drehachse der Antriebswelle (vgl. Fig. 1) dargestellt ist, hinsichtlich möglicher Abweichungen von der dargestellten Geometrie und hinsichtlich der Vorteile dieses Konzeptes wird auf die erwähnte EP 4 174 285 A1 verwiesen. Wie dort erläutert ist, ist ein Vorteil dieses Konzeptes, dass während des Betriebs der Scrollvakuumpumpe durch den Druckunterschied zwischen benachbarten Förderräumen (vgl. die einleitende Erläuterung zur Funktionsweise des Pumpsystems einer Scrollvakuumpumpe) eine Kraft erzeugt wird, die bewirkt, dass die grundsätzlich bewegliche Dichtung 75 in der Ausnehmung 171 in Fig. 10 nach oben gegen den Spiralgrund 51 des Trägers 53 gedrückt wird. Dabei wirken -je nach Druckunterschied entweder auf der rechten Seite oder auf der linken Seite in Fig. 10 die jeweilige schräge Innenwand 173 der Ausnehmung 171 und die jeweilige schräge Seitenwand 161 der Dichtung 75 zusammen. Einerseits ermöglicht diese Geometrie, dass bei zunehmendem Verschleiß durch Abrieb der Dichtung 75 an deren Oberseite 160 diese weiter aus der Ausnehmung 171 heraustreten kann. Hierdurch erfolgt gewissermaßen eine automatische Abriebkompensation. Zum anderen wird die Dichtung 75 aufgrund dieser Geometrie in der Ausnehmung 171 gesichert.

[0194] Bei dem in Fig. 10 dargestellten Ausführungsbeispiel ist außerdem zwischen dem Boden 175 der Ausnehmung 171 und der Unterseite 162 der Dichtung 75 ein elastisches Vorspannmittel 167 vorgesehen, das mehrere Federn 168 umfasst. Dieses Vorspannmittel 167 ermöglicht eine Beschleunigung des Einschleifprozesses der Dichtung 75.

[0195] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind sowohl die Dichtung 75 als auch die Ausnehmung 171 im Querschnitt trapezförmig, wobei die Trapezform der Dichtung 75 kleiner ist als jene der Ausnehmung 171, d. h. die Breite der Öffnung 163 der Ausnehmung 171 ist größer als die Breite der Dichtung 75 im oberen, die Oberseite 160 umfassenden Bereich.

[0196] Das Einschleifen der Dichtung 75 ist gleichbedeutend mit einem Selbsteinstellen des betreffenden Spiralbauteils, hier des die dargestellte Spiralwand 69 umfassenden Orbiters 13, wodurch ein Einstellen des Axialspaltmaßes erfolgt.

[0197] Diese Maßnahme kann für sich genommen oder in Kombination mit anderen hierin offenbarten Maßnahmen eine relative Schiefstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen beseitigen.

5 **[0198]** Die in Fig. 10 dargestellte Konfiguration kann insbesondere als Ergänzung zu den anderen hierin offenbarten Ausführungsbeispielen oder Kombinationen davon vorgesehen sein.

10 Bezugszeichenliste

[0199]

11	feststehendes Spiralbauteil, Spiralgehäuse
13	bewegliches Spiralbauteil, Orbiter
15	Drehachse
17	Antriebswelle
17a	Schulter
17b	Abschnitt
19	Exzenterabschnitt
21	Motorrotor
23	Motorstator
25	vordere Lagerstelle (Festlager)
27	hintere Lagerstelle (Loslager)
29	vorderes Wuchtgewicht
31	hinteres Wuchtgewicht
33	Hülselement
33a	Positionierstift
34	Zwischenelement
41	Pumpengehäuse
43	Elektronikgehäuse
49	Spiralwand des feststehenden Spiralbauteils
51	Spiralgrund
53	Träger
69	Spiralwand des beweglichen Spiralbauteils
71	Spiralgrund
73	Träger
75	Dichtungselement
77	Einlassflansch
83	zentrale Schraube
87	Druckelement
89	Wellbalg
91	Flanschlager
93	Druckscheibe
94	Passscheibe
95	Lüfter
97	Positionierstift
99	Wellfeder
103	Motordeckel
105	Haube
113	aktives Magnetlager
113a	erste Spule
113b	zweite Spule
113c	Wirbelstromsensor
115	Lagerhülse
117	Aktor
119	Drucksensor
121	Ventilanordnung

123	Steuereinrichtung			
125	Leitung			
127	Leitung			
129	längenveränderliche Einrichtung			
131	Rotorschaukel, Lüftereinrichtung	5		
133	Ausnehmung			
135	Abluftleitung			
137	Zuluftleitung			
139	Ventilanordnung			
141	Steuereinrichtung	10		
143	Stellschraube			
143a	Schaft			
145	Federanordnung			
151	Spannsystem			
153	Ringsegment	15		
155	ringförmiges Spannelement			
157	Außenkontur			
160	Oberseite			
161	Seitenwand			
162	Unterseite	20		
163	Öffnung			
165	Stirnseite			
167	Vorspannmittel			
168	Feder			
171	Ausnehmung	25		
173	Innenwand			
175	Boden			

W Wärme

30 wobei das Verfahren umfasst, dass ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß eingestellt wird.

Patentansprüche

1. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13), und
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17),

wobei zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) ein Axialspaltmaß vorhanden ist, und wobei ein Stellmittel vorgesehen ist, das dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß einzustellen.

2. Scrollvakuumpumpe nach Anspruch 1, wobei das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eines der beiden Spiralbauteile (11, 13), insbesondere das bewegliche Spiralbauteil (13), oder beide Spiralbauteile (11, 13), insbesondere mechanisch, zu beaufschlagen, und/oder wobei das Stellmittel dazu ausgebildet ist, die bezogen auf die Drehachse (15) axi-

ale Relativstellung zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) zu beeinflussen.

3. Scrollvakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Messeinrichtung (113c) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß an einer oder mehreren Stellen zu messen, insbesondere fortlaufend während des Pumpbetriebs, und/oder wobei die Spiralwände (69) des beweglichen Spiralbauteils (13) und die Spiralwände (49) des feststehenden Spiralbauteils (11) jeweils an ihrer vom Spiralgrund (71, 51) abgewandten Stirnseite kein separates Dichtungselement aufweisen.

4. Verfahren zum Betreiben einer Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13), und
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17),

30 wobei das Verfahren umfasst, dass ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß eingestellt wird.

5. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel wenigstens ein aktives Magnetlager (113) für das bewegliche Spiralbauteil (13) umfasst.

6. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,

- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem ein zwischen dem beweglichen Spiralbauteil (13) und einem Pumpengehäuse (41) angeordneter Wellbalg (89) vorgesehen ist, und indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, den Druck innerhalb des Wellbalgs (89) zu variieren.

7. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eine Vorspannung der Antriebswelle (17), eines Drehlagers (25, 27) der Antriebswelle (17) oder einer Lagerhülse (115) der Antriebswelle (17) zu variieren.

8. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel zumindest einen Aktor (117), vorzugsweise einen Piezo-Aktor, umfasst, der dazu ausgebildet ist, das feststehende Spiralbauteil (11) oder das bewegliche Spiralbauteil (13) direkt oder indirekt in bezogen auf die Drehachse (15) axialer

Richtung mechanisch zu beaufschlagen, insbesondere wobei der Aktor (117) zwischen dem feststehenden Spiralbauteil (11) und einem Pumpengehäuse (41), zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13), zwischen dem beweglichen Spiralbauteil (13) und einem Pumpengehäuse (41), oder zwischen einem Widerlager und der Antriebswelle (17) oder einem mit der Antriebswelle (17) verbundenen Bauteil angeordnet ist.

9. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, insbesondere zum Ausgleichen von Schiefstellungen des feststehenden Spiralbauteils (11) relativ zu einem Pumpengehäuse (41),

indem dass das Stellmittel mehrere, insbesondere gleichmäßig, um die Drehachse (15) herum verteilte Aktoren (117), insbesondere Piezo-Aktoren, umfasst, die jeweils dazu ausgebildet sind, das feststehende Spiralbauteil (11) oder das bewegliche Spiralbauteil (13) direkt oder indirekt in bezogen auf die Drehachse (15) axialer Richtung mechanisch zu beaufschlagen, und die mittels einer Steuereinrichtung entweder gemeinsam oder unabhängig voneinander derart ansteuerbar sind, dass das Axialspaltmaß zwischen feststehendem Spiralbauteil (11) und beweglichem Spiralbauteil (13) eingestellt wird.

10. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, eine während des Pumpbetriebs auftretende thermische Ausdehnung zumindest eines Bauteils (17, 115) aktiv oder passiv zu beeinflussen, und/oder indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, den Wärmetransport innerhalb der Pumpe zu beeinflussen.

11. Verfahren zum Betreiben einer Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13), und
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17),

wobei das Verfahren umfasst, dass ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß eingestellt wird, indem ein Bauteil (17, 115) wenigstens bereichsweise direkt oder indirekt thermisch beaufschlagt wird, und/oder indem der Wärmetransport innerhalb der Pumpe beeinflusst wird.

12. Scrollvakuumpumpe oder Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Stellmittel wenigstens einen Drucksensor (119) umfasst, und wobei das Stellmittel dazu ausgebildet, das Axialspaltmaß in Abhängigkeit von zumindest einem mittels des Drucksensors (119) gemessenen Druck einzustellen, insbesondere im Rahmen einer Regelung.

13. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, das Axialspaltmaß manuell einzustellen, insbesondere außerhalb des Pumpbetriebs im Rahmen einer initialen Axialspalt-Einstellung und/oder während des Pump-

betriebs.

14. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen, insbesondere zum Ausgleichen von Schiefstellungen des feststehenden Spiralbauteils (11) relativ zu einem Pumpengehäuse (41),

indem das Stellmittel ein manuell zwischen einem gelösten Zustand und einem verspannten Zustand verstellbares Spannsystem (151) umfasst, wobei im gelösten Zustand des Spannsystems (151) das feststehende Spiralbauteil (11) durch Verstellen relativ zu dem Spannsystem (151) in eine vorgegebene oder vorgebbare Sollstellung relativ zum beweglichen Spiralbauteil (13) bringbar ist, und wobei durch Verstellen des Spannsystems (151) in den verspannten Zustand die Sollstellung des feststehenden Spiralbauteils (11) fixierbar ist.

15. Scrollvakuumpumpe mit

- einem Pumpsystem (11, 13), das ein feststehendes Spiralbauteil (11) und ein mit diesem pumpwirksam zusammenwirkendes bewegliches Spiralbauteil (13) umfasst,
- einer im Betrieb um eine Drehachse (15) rotierenden Antriebswelle (17) mit einem Exzenterabschnitt (19) zum Antreiben des beweglichen Spiralbauteils (13),
- einem elektrischen Antriebsmotor (21, 23) für die Antriebswelle (17), und
- einem Stellmittel, das dazu ausgebildet ist, ein zwischen den beiden Spiralbauteilen (11, 13) vorhandenes Axialspaltmaß einzustellen,

indem das Stellmittel dazu ausgebildet ist, einem der Spiralbauteile (11, 13) oder beiden Spiralbauteilen (11, 13) ein Selbsteinstellen zu ermöglichen, insbesondere nach einer Einlaufzeit.

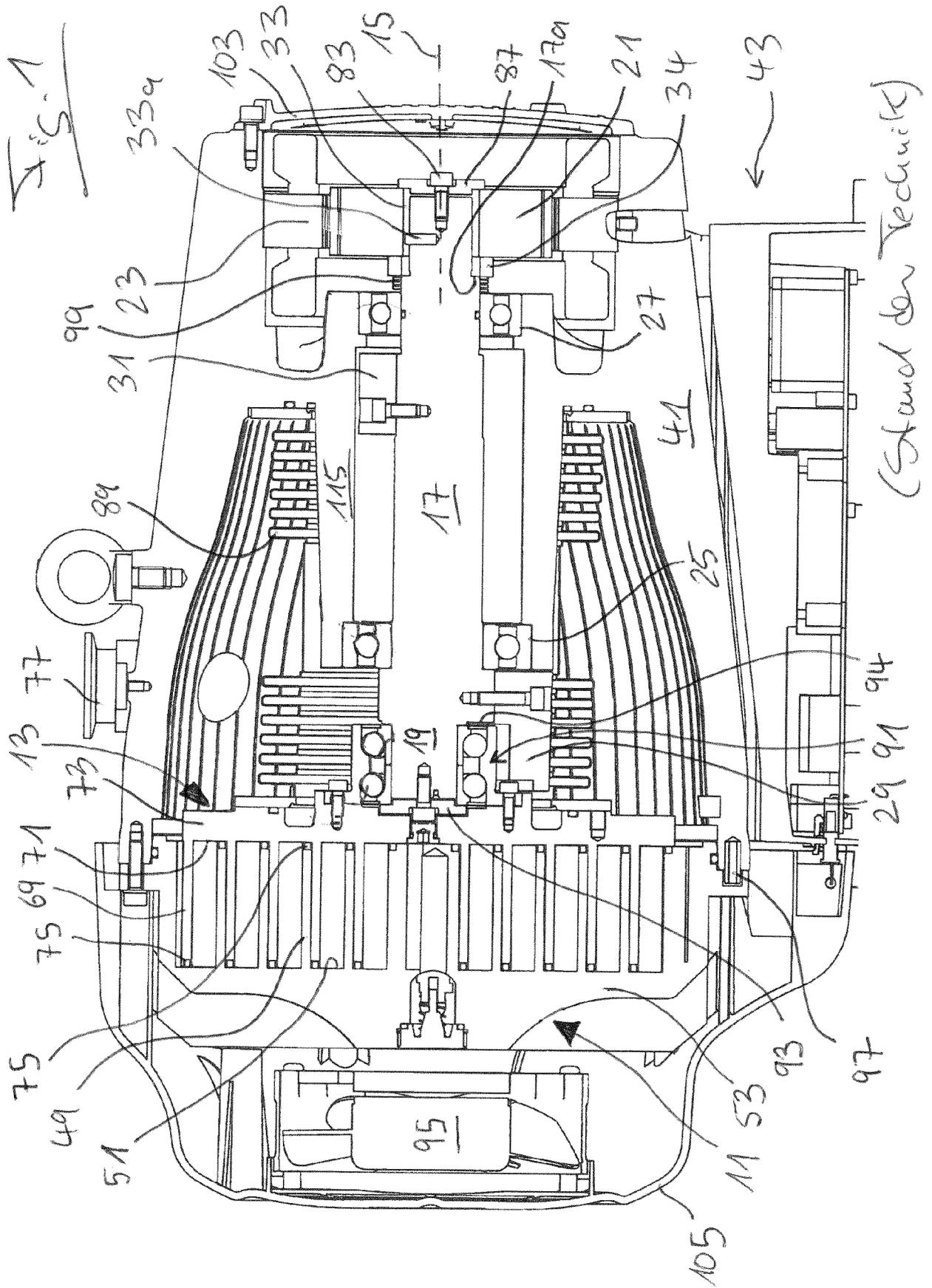
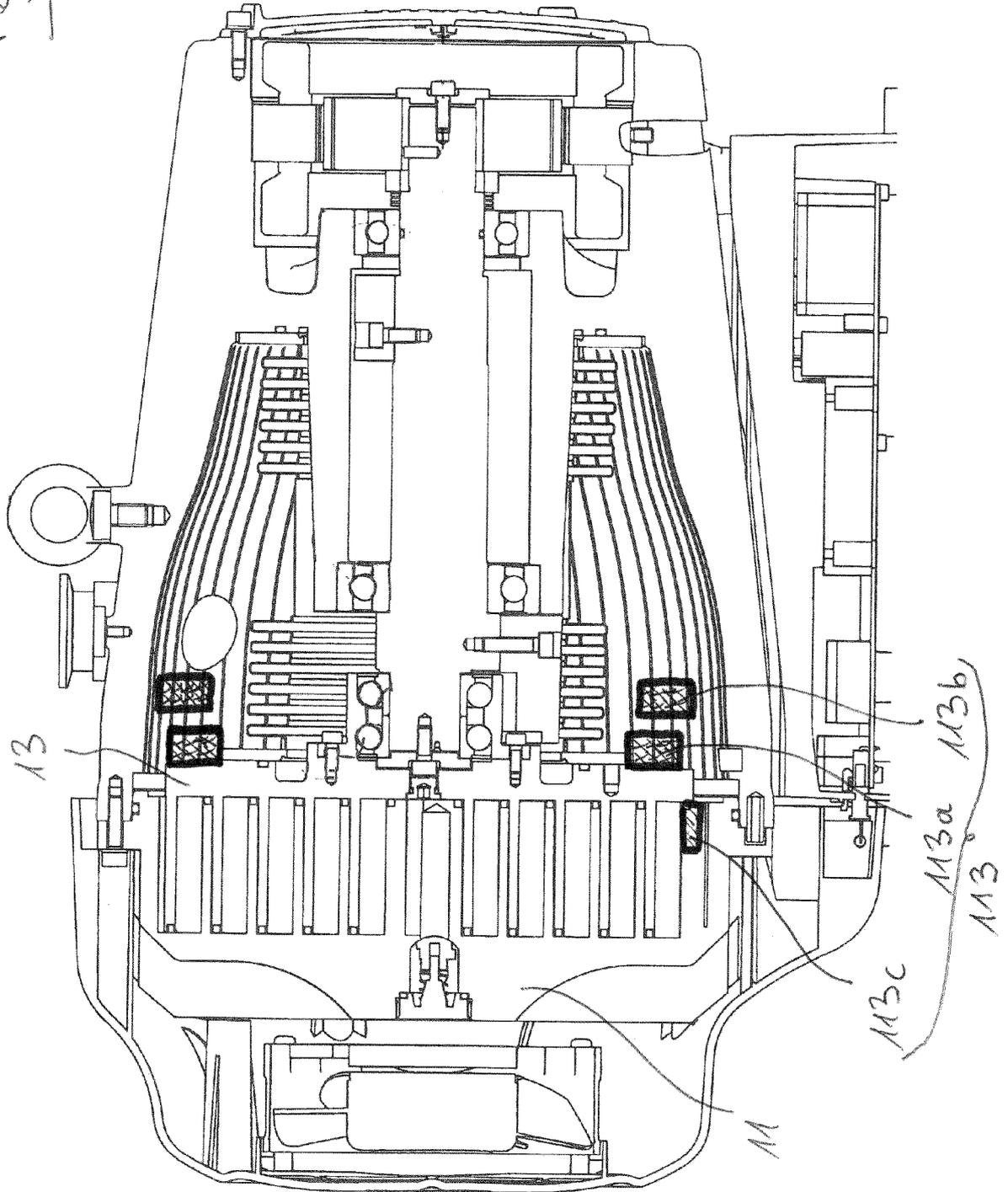


Fig. 2



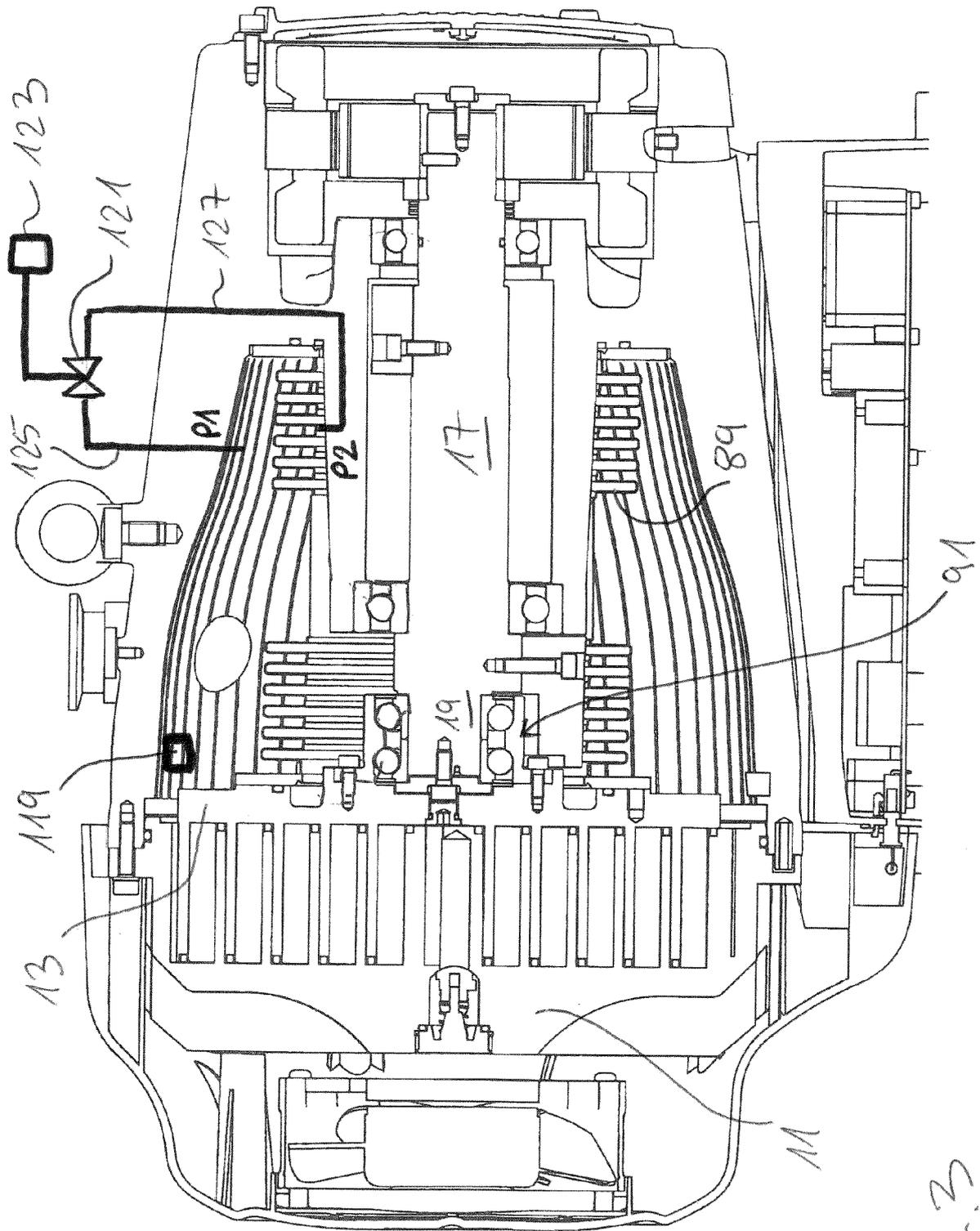


Fig. 3

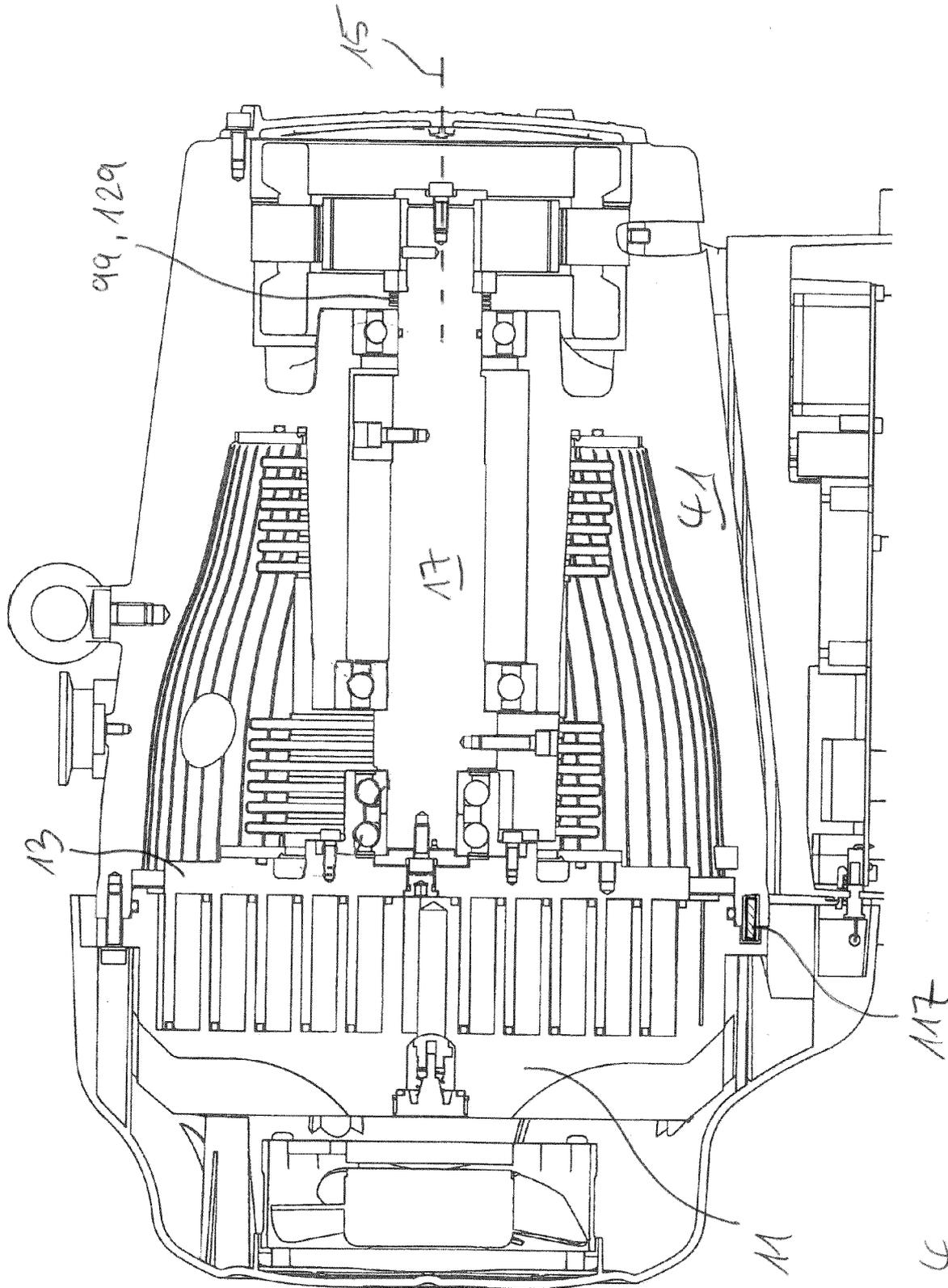


Fig. 4

Fig. 5

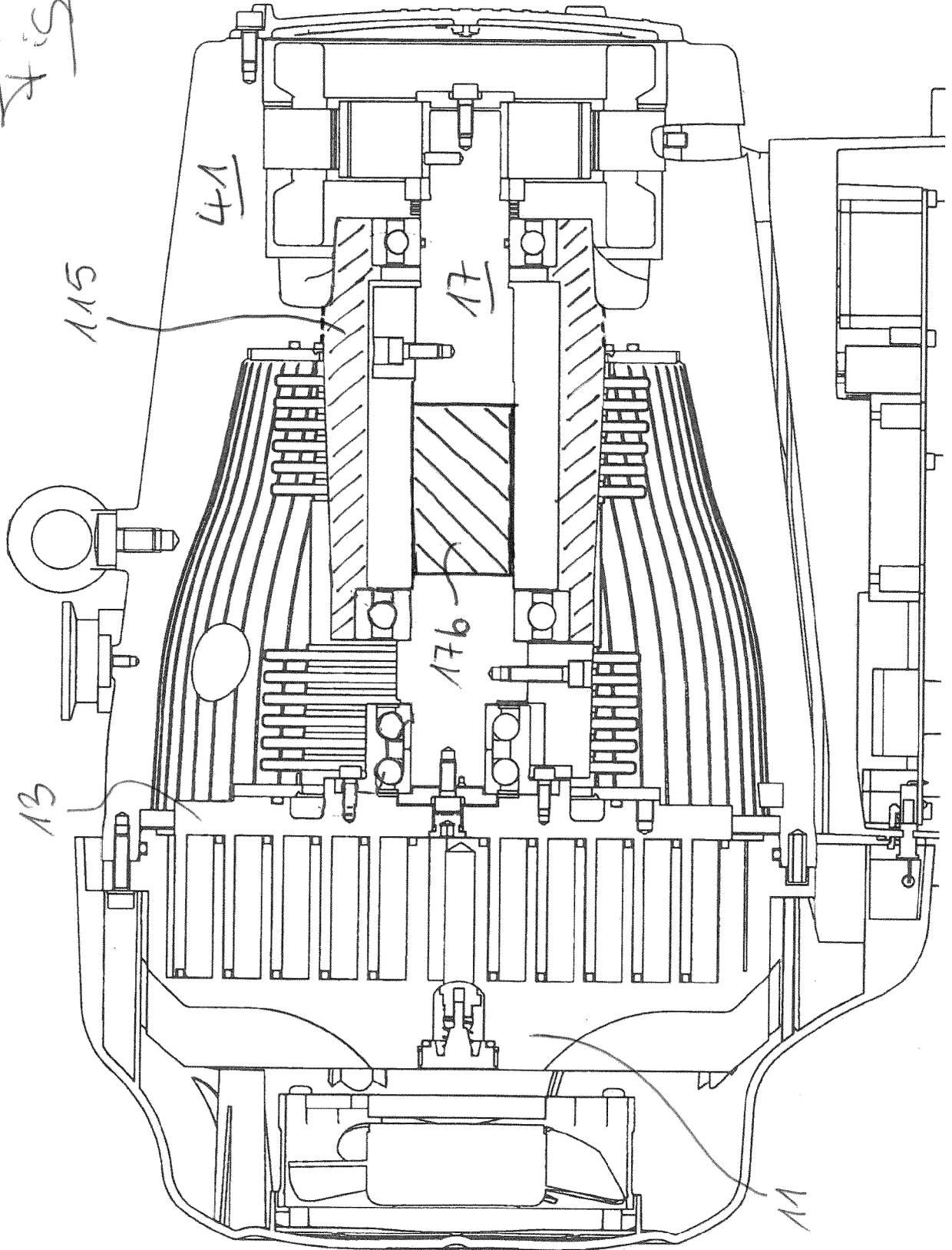


Fig. 6

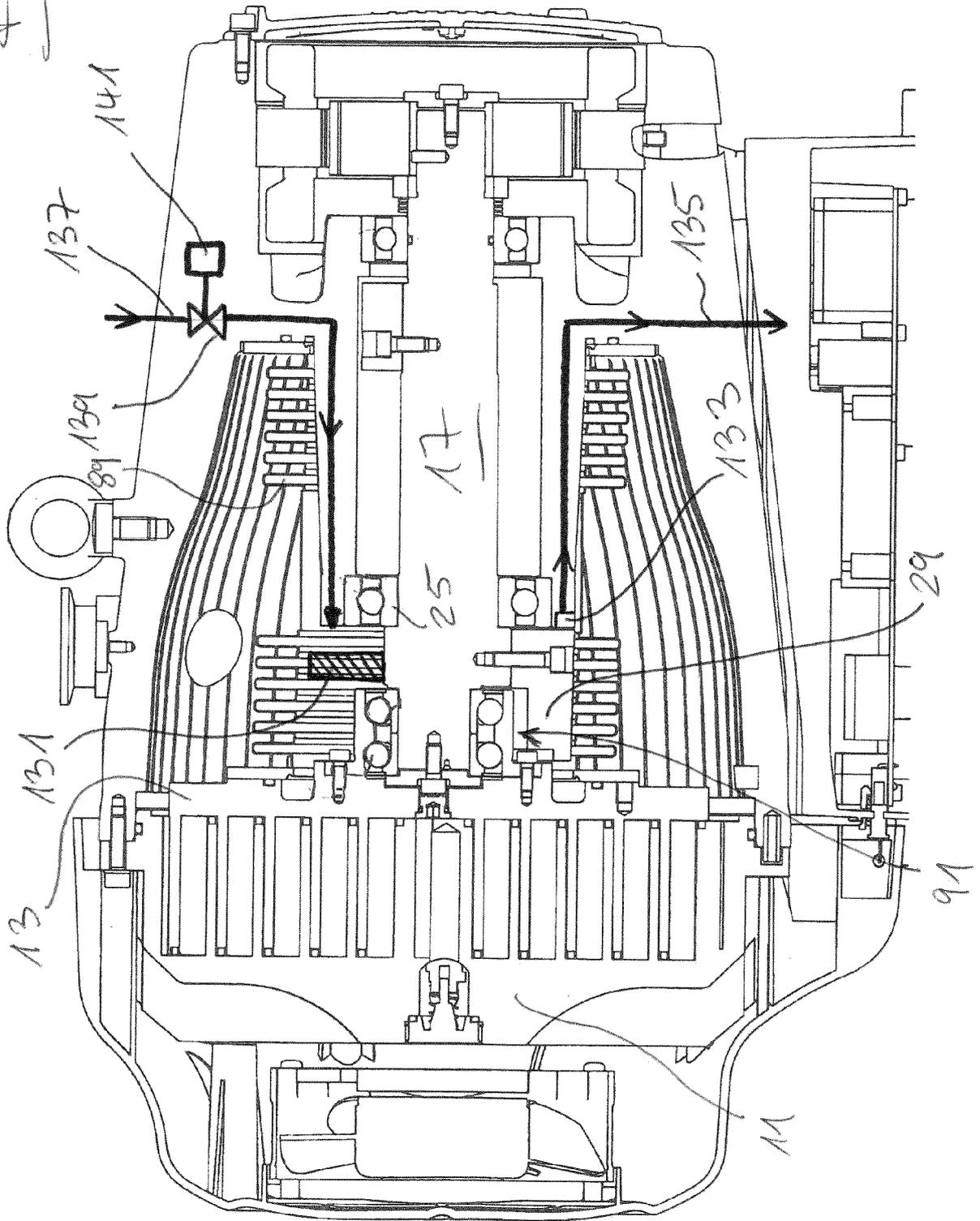
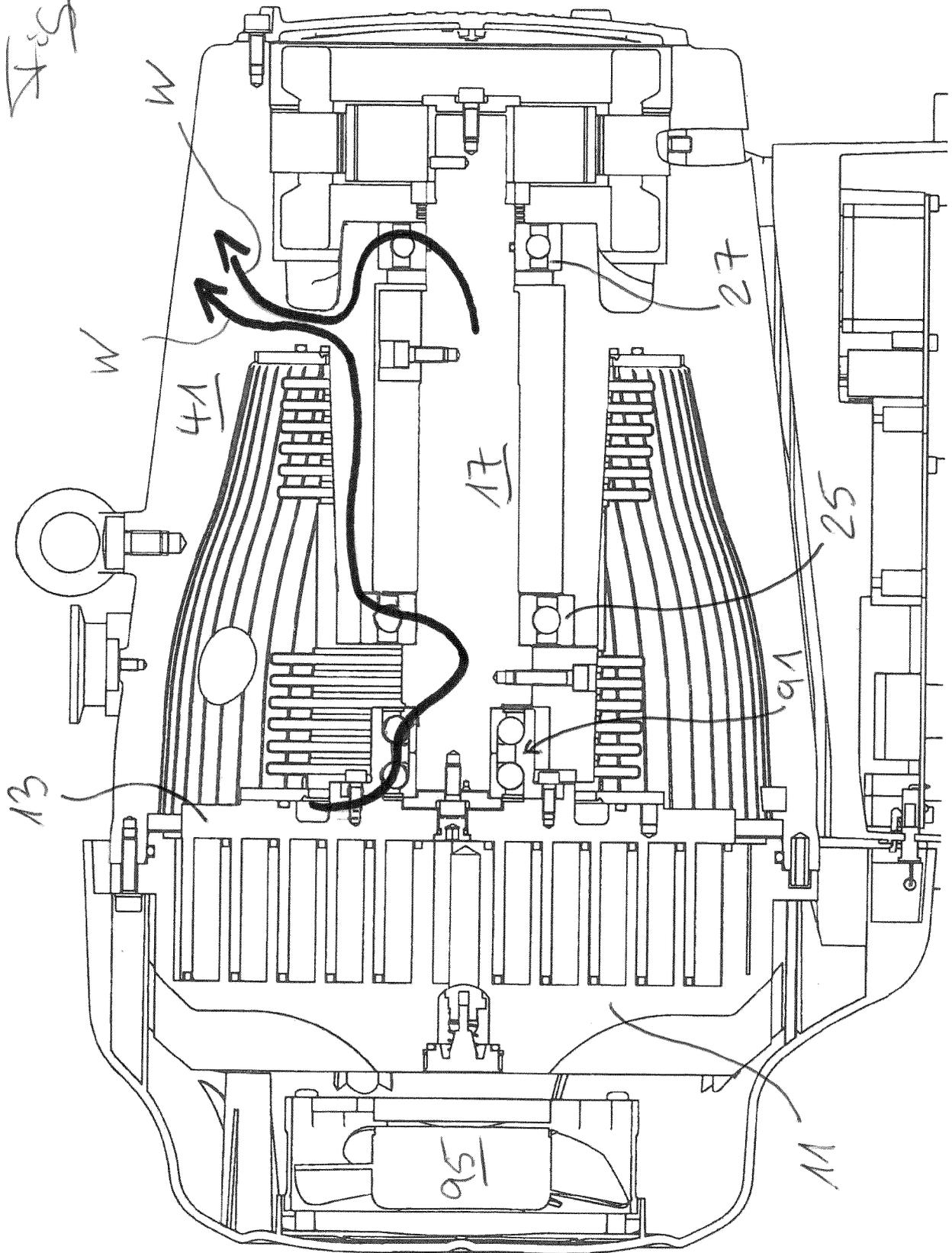


Fig. 7



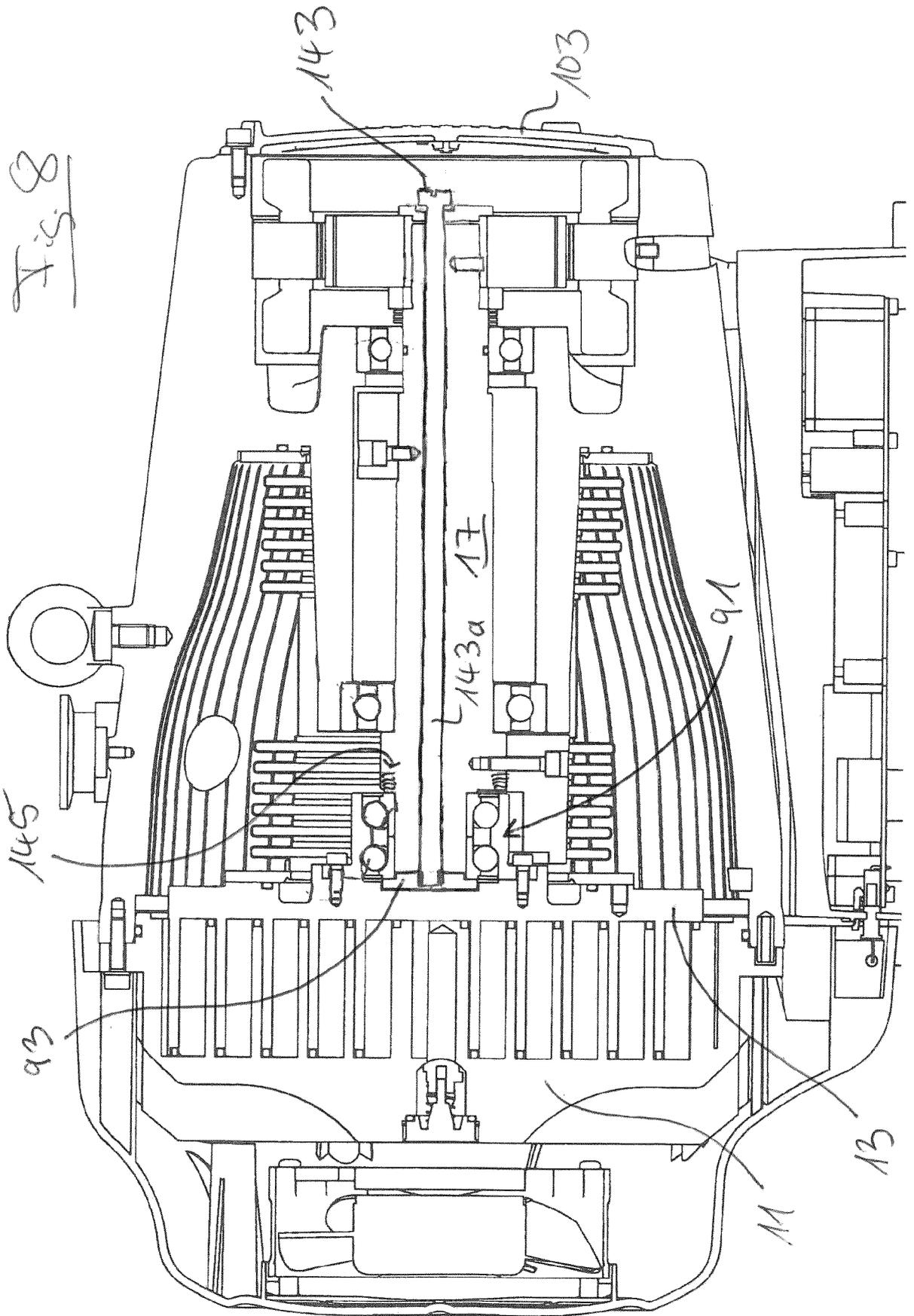
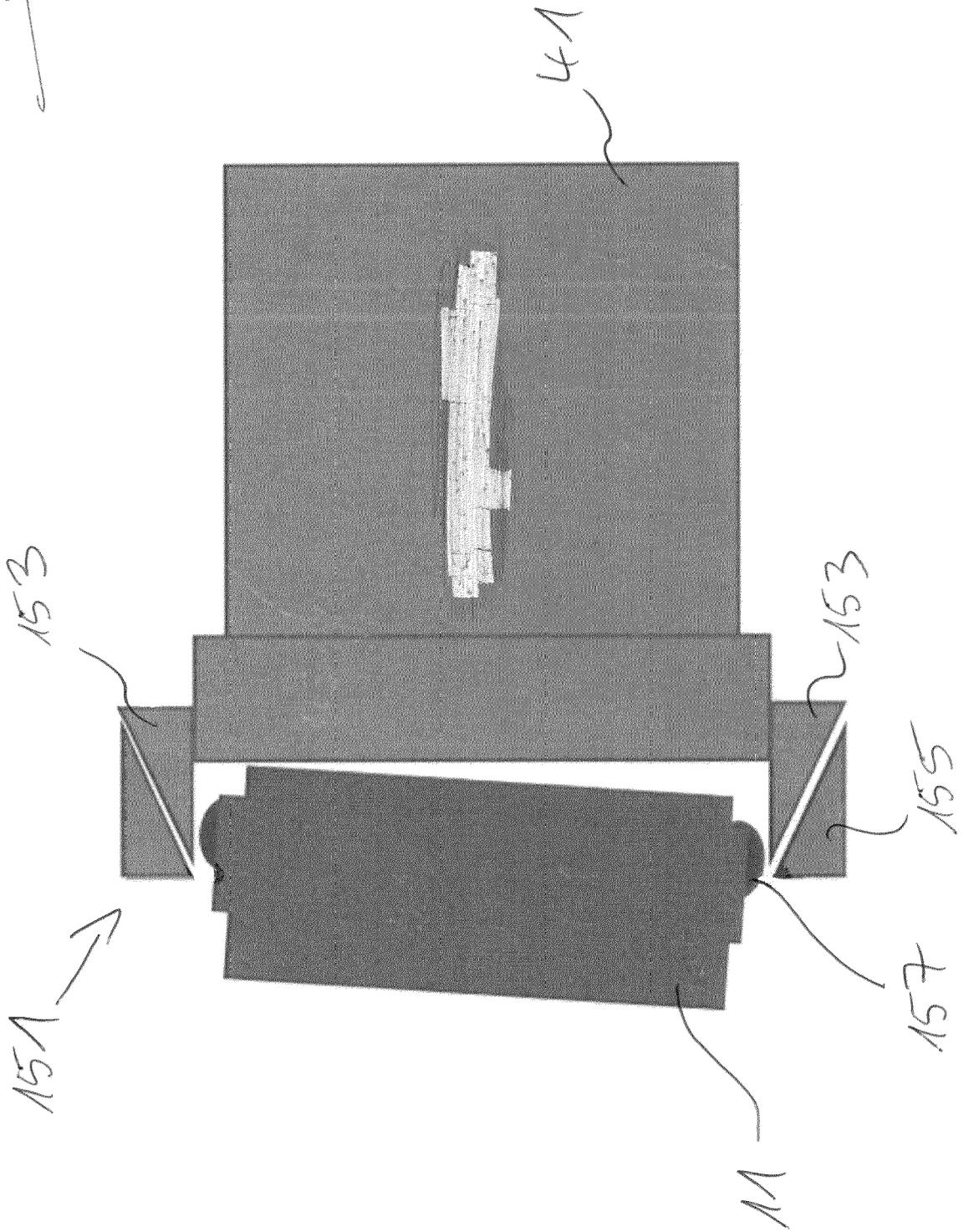


Fig. 9



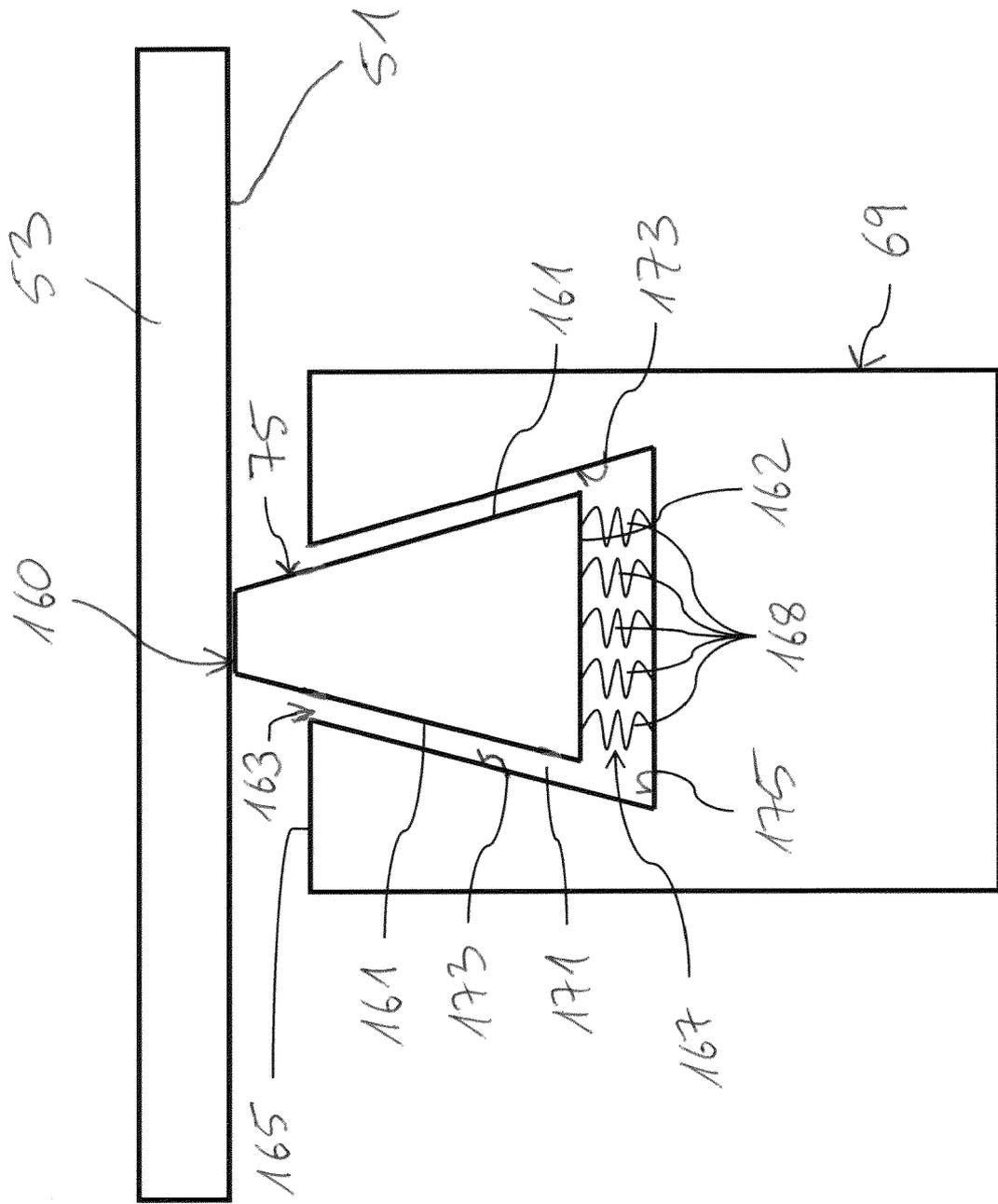


Fig. 10
or S.F.



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 17 9224

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2021/176222 A1 (EDWARDS LTD [GB]) 10. September 2021 (2021-09-10) * Seite 1, Zeile 25 - Seite 7, Zeile 8; Ansprüche 1,4; Abbildungen 1,4,5 * * Seite 17, Zeile 13 - Seite 18, Zeile 28 * -----	1-4,8-10	INV. F04C18/02 F04C23/00 F04C25/02 F04C27/00
X	US 2019/309748 A1 (SCHOFIELD NIGEL PAUL [GB]) 10. Oktober 2019 (2019-10-10) * Absätze [0002], [0019], [0020], [0031], [0036], [0041] - [0043], [0053] - [0055]; Abbildungen 1-3 * -----	1-4, 7-10,13, 14	
X	US 2023/184251 A1 (SCHOFIELD NIGEL PAUL [GB] ET AL) 15. Juni 2023 (2023-06-15) * Absätze [0086], [0087]; Abbildungen 1,2 * -----	1,2,4, 7-10	
X	US 2015/184656 A1 (FORNI RONALD J [US] ET AL) 2. Juli 2015 (2015-07-02) * Absätze [0002], [0032], [0037], [0038]; Abbildung 2 * -----	1,4,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04C
X	WO 2018/065686 A1 (PSA AUTOMOBILES SA [FR]) 12. April 2018 (2018-04-12) * Absatz [0032]; Ansprüche 1-4; Abbildungen 2A-2C,3 * -----	1,4,8-11	
X	US 2019/072094 A1 (LÄSSER ROMAN [AT] ET AL) 7. März 2019 (2019-03-07) * Absätze [0015] - [0018]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 * -----	1,2,4,12	
X	JP H07 139480 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 30. Mai 1995 (1995-05-30) * Absatz [0008]; Abbildungen 1-3 * -----	1,4,15	
	-/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. Juni 2024	Prüfer Descoubes, Pierre
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 : nichtschriftliche 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)

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 17 9224

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2018/223848 A1 (DOEPKER ROY J [US] ET AL) 9. August 2018 (2018-08-09) * Absätze [0075] - [0077]; Abbildungen 1-3 * -----	1, 2, 4, 5, 7, 8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. Juni 2024	Prüfer Descoubes, Pierre
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 : nichtschriftliche 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04/C03)

50

55

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

EP 24 17 9224

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.

19-06-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021176222 A1	10-09-2021	EP 4115084 A1	11-01-2023
		GB 2592657 A	08-09-2021
		WO 2021176222 A1	10-09-2021
US 2019309748 A1	10-10-2019	CN 109312744 A	05-02-2019
		EP 3475575 A1	01-05-2019
		JP 6940528 B2	29-09-2021
		JP 2019518902 A	04-07-2019
		US 2019309748 A1	10-10-2019
		WO 2017220961 A1	28-12-2017
US 2023184251 A1	15-06-2023	CN 115552121 A	30-12-2022
		EP 4168677 A1	26-04-2023
		GB 2595283 A	24-11-2021
		JP 2023526957 A	26-06-2023
		US 2023184251 A1	15-06-2023
		WO 2021234395 A1	25-11-2021
US 2015184656 A1	02-07-2015	CN 104747445 A	01-07-2015
		GB 2521682 A	01-07-2015
		US 2015184656 A1	02-07-2015
WO 2018065686 A1	12-04-2018	CN 109923312 A	21-06-2019
		EP 3519698 A1	07-08-2019
		FR 3057035 A1	06-04-2018
		MA 46323 A	07-08-2019
		WO 2018065686 A1	12-04-2018
US 2019072094 A1	07-03-2019	CN 108138772 A	08-06-2018
		DE 102015120151 A1	24-05-2017
		EP 3377766 A1	26-09-2018
		JP 6643469 B2	12-02-2020
		JP 2019504231 A	14-02-2019
		KR 20180085715 A	27-07-2018
		US 2019072094 A1	07-03-2019
		WO 2017085256 A1	26-05-2017
JP H07139480 A	30-05-1995	KEINE	
US 2018223848 A1	09-08-2018	CN 108425843 A	21-08-2018
		CN 208106754 U	16-11-2018
		KR 20180091738 A	16-08-2018
		US 2018223848 A1	09-08-2018

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3153708 A2 [0003]
- EP 3617511 A2 [0003]
- EP 3647599 A2 [0003]
- EP 4174285 A1 [0003] [0193]
- EP 4253720 A2 [0003]
- EP 3153708 A1 [0053]