

(19)



(11)

EP 4 108 930 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/058** ^(2006.01)
F04D 29/64 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22193059.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/042; F04D 19/048; F04D 29/058;
F04D 29/644; F05D 2240/511; F05D 2260/30

(22) Anmeldetag: **31.08.2022**

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

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder: **Wirth, Niklas**
Lahnau (DE)

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

(54) VAKUUMPUMPE MIT EINEM IN AXIALER RICHTUNG VERSTELLBAREN MAGNETTRÄGER

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit zumindest einer Pumpstufe, die einen Stator und einen im Betrieb relativ zum Stator um eine Drehachse rotierenden Rotor umfasst, und zumindest einem Magnetlager für den Rotor, insbesondere für einen einlassnahen Endbereich des Rotors, das einen Magnetlagerrotor und einen mit diesem zusammenwirkenden Magnetlagerstator umfasst, die jeweils einen Stapel aus mehreren Permanentmagnetringen aufweisen, wobei der Magnetlagerrotor

am Rotor und der Magnetlagerstator an einem Halter des Stators angebracht ist, wobei für den Magnetlagerstator ein separater Magnetträger vorgesehen ist, an dem die Permanentmagnetringe unabhängig von dem Halter fertig montierbar sind und der zusammen mit den fertig montierten Permanentmagnetringen als eine Einheit am Halter anbringbar ist, und wobei bezüglich der Drehachse die axiale Position des Magnetträgers am Halter verstellbar ist.

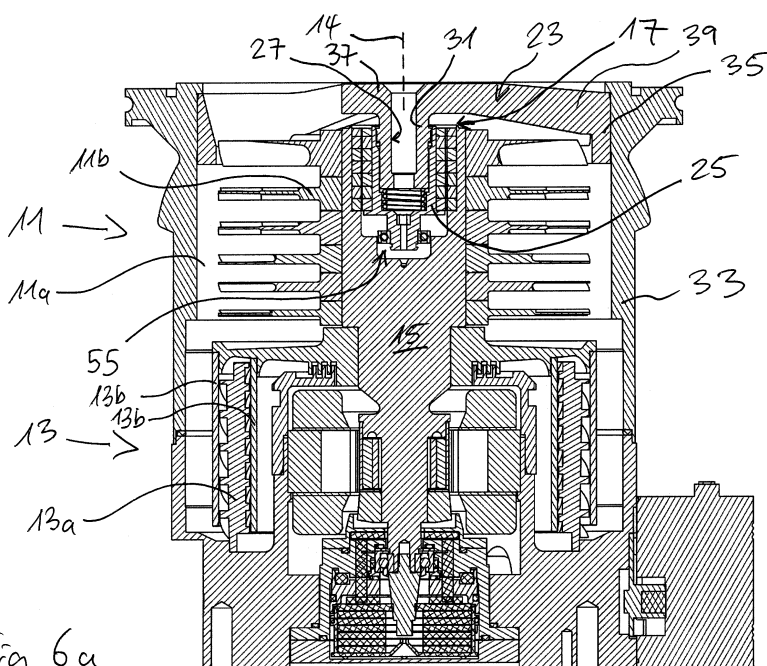


Fig. 6a

EP 4 108 930 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit zumindest einer Pumpstufe, die einen Stator und einen im Betrieb relativ zum Stator um eine Drehachse rotierenden Rotor umfasst, und zumindest einem Magnetlager für den Rotor, insbesondere für einen einlassnahen Endbereich des Rotors, das einen Magnetlagerrotor und einen mit diesem zusammenwirkenden Magnetlagerstator umfasst, die jeweils einen Stapel aus mehreren Permanentmagnetringen aufweisen, wobei der Magnetlagerrotor am Rotor und der Magnetlagerstator an einem Halter des Stators angebracht ist.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Montieren, Anbringen und Einstellen eines Magnetlagers einer solchen Vakuumpumpe.

[0003] Derartige Vakuumpumpen sind grundsätzlich bekannt. Für die Praxis sind Turbomolekularvakuumpumpen von besonderer Bedeutung. Die Pumpwirkung beruht hierbei auf einer Anordnung aus dem Stator zugeordneten Statorschaufeln und aus Rotorscheaufeln, die mit dem Rotor verbunden sind. Bei einem typischen Aufbau einer Turbomolekularvakuumpumpe verläuft die Drehachse des Rotors parallel zur Pumprichtung, die von einer auch als Hochvakuumseite bezeichneten, mit einem Pumpeneinlass versehenen Ansaugseite der Pumpe zur auch als Vorvakuum-Seite bezeichneten Auslassseite der Pumpe verläuft.

[0004] Diese Anordnung aus Statorschaufeln und Rotorscheaufeln wird auch als Turbopumpstufe bezeichnet, d.h. eine Turbomolekularvakuumpumpe besitzt eine oder mehrere derartige Turbopumpstufen. Typischerweise besitzen Turbomolekularvakuumpumpen zusätzlich eine oder mehrere Holweckpumpstufen, die sich in Pumprichtung an die zumindest eine Turbopumpstufe anschließen. Eine Holweck-pumpstufe besteht aus einer oder mehreren zylindrischen Holweckhülsen, die während des Betriebs rotieren und an einem eigenen Rotor oder an einem gemeinsamen Rotor von Turbopumpstufe(n) und Holweckpumpstufe(n) angebracht sind, sowie aus einem Holweckstator.

[0005] Der Stator einer Vakuumpumpe, bei einer typischen Turbomolekularvakuumpumpe also die Statorschaufeln der Turbopumpstufen und die Holweckstatoren der Holweckpumpstufen, sind in der Praxis meist separate Bauteile, die drehfest im Inneren eines Pumpengehäuses angeordnet sind. Grundsätzlich ist es auch möglich, zumindest einige der Statoren einstückig mit dem Pumpengehäuse auszubilden. Insofern kann auch das Pumpengehäuse als ein Bestandteil des Stators einer Vakuumpumpe angesehen werden.

[0006] Die Lagerung des Rotors einer Turbomolekularvakuumpumpe erfolgt in der Praxis typischerweise durch eine sogenannte Hybridlagerung. Auf der Hochvakuumseite, also einlassseitig, befindet sich das bereits erwähnte Magnetlager zwischen Rotor und Stator. Auf der Vorvakuumseite, also auslassseitig, ist der Rotor mit-

tels eines Wälzlagers, insbesondere eines Kugellagers, gelagert. Es existieren jedoch auch reine magnetgelagerte Rotoren, die sowohl an ihrem einlassnahen Ende als auch an ihrem einlassfernen Ende jeweils durch ein Magnetlager gelagert sind.

[0007] Zwar ist die Erfindung besonders vorteilhaft für das einlassnahe Magnetlager eines Rotors einer Turbomolekularpumpstufe. Grundsätzlich ist die Erfindung aber für beliebige Vakuumpumpen einsetzbar, bei denen zwischen einem beliebige pumpwirksame Komponenten tragenden Rotor und einem entsprechende pumpwirksame Komponenten, die mit den rotierenden pumpwirksamen Komponenten zusammenwirken, aufweisenden Stator ein Magnetlager vorhanden ist, das sowohl statorseitig als auch rotorseitig einen Stapel aus mehreren Permanentmagnetringen aufweist.

[0008] Die Montage und das Einstellen derartiger Magnetlager stellt in der Praxis grundsätzlich eine Herausforderung dar, insbesondere was den Magnetlagerstator anbetrifft.

[0009] Der Magnetlagerstator und der Magnetlagerrotor müssen bezogen auf die Drehachse beim Montieren der Vakuumpumpe in eine exakte axiale Relativlage gebracht werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Rotor aufgrund seiner Lagerung am einlassfernen Ende ein gewisses axiales Spiel besitzt, also in axialer Richtung in einem geringfügigen Maße beweglich ist. Deshalb geht man beim Einstellen des Magnetlagers, das im Rahmen der Pumpenmontage erfolgt, so vor, dass die einzelnen Permanentmagnetringe zunächst an einem Bauteil des Stators vormontiert werden. Bei diesem Bauteil handelt es sich typischerweise um einen in das Pumpengehäuse hinein vorstehenden Zapfen, der an einer im Bereich des Pumpeneinlasses angeordneten Statorkomponente ausgebildet ist, die einen sternförmigen Aufbau besitzt und daher auch als Statorstern bezeichnet wird. Der Zapfen für den Magnetlagerstator ist zylindrisch ausgebildet und konzentrisch zur Drehachse des Rotors angeordnet. Am freien Ende des Zapfens befindet sich ein Tellerfederpaket, wobei die Permanentmagnetringe zwischen diesem Tellerfederpaket und einem Einstellring angeordnet sind, der auf den Zapfen geschraubt ist.

[0010] Durch Verdrehen des Einstellrings können die Permanentmagnetringe gegen die Rückstellkraft des Tellerfederpakets zusammengedrückt und gemeinsam zum Einstellen ihrer axialen Position relativ zum Zapfen verstellt werden, um auf diese Weise die Axialposition des Magnetlagerstators am Stator einzustellen. Die korrekte Einstellung ist erreicht, wenn der mit dem erwähnten geringen axialen Spiel behaftete Rotor aufgrund des Zusammenwirkens der beim Einstellen axial relativ zueinander Permanentmagnetring-Stapel von Stator und Rotor schlagartig einen kleinen Sprung in axialer Richtung vollführt. Die Drehstellung des Magnetlagerstators am Zapfen, bei welcher dieser Effekt auftritt, wird auch als Kippwinkel bezeichnet. Dieses Einstellen des Magnetlagers erfolgt in der Praxis typischerweise bei liegender Vakuumpumpe, also bei horizontal verlaufender

Drehachse des Rotors.

[0011] Diese Vorgehensweise zum Einstellen des Magnetlagers einer Vakuumpumpe ist dem Fachmann grundsätzlich bekannt und ermöglicht prinzipiell eine zuverlässige und exakte Axialpositionierung des Magnetlagerstators. Gleichwohl ist dieses Einstellkonzept nicht ohne Nachteile. Die Montage des erwähnten Tellerfederpakets ist zeitaufwendig und fehleranfällig. Außerdem kann es bei der Montage der Tellerfedern zu einem sogenannten "Umklappen" einzelner Tellerfedern kommen, was Nacharbeit erfordert und somit zusätzliche Kosten bedeutet. Ferner können beim Verdrehen des Einstellrings aufgrund von Reibung zwischen dem Einstellring und den Permanentmagnetringen bzw. gegebenenfalls verwendeten Distanzscheiben Späne entstehen, die in das Pumpeninnere gelangen können. Des Weiteren ist konstruktionsbedingt der Einstellring von der Einlassseite der Pumpe aus nur über kreisbogenförmige Langlöcher zugänglich, was zur Folge hat, dass das zum Verdrehen des Einstellrings verwendete Einstellwerkzeug mehrfach neu angesetzt werden muss, da aufgrund der Begrenzung durch die Langlöcher jeweils nur um einen vergleichsweise kleinen Winkel gedreht werden kann. Eine Automatisierung des in der Praxis noch manuell durchgeführten Einstellvorgangs wird hierdurch erschwert oder praktisch unmöglich gemacht. Ferner ist problematisch, dass die Federkennlinie der Tellerfedern nicht linear ist. Aufgrund thermischer Ausdehnung können einzelne Tellerfedern "umklappen", wodurch der Permanentmagnet-Stapel nicht mehr ausreichend vorgespannt wird.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es daher, Montage und Einstellung eines Magnetlagers für den Rotor einer Vakuumpumpe zu vereinfachen.

[0013] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt jeweils durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

[0014] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist für den Magnetlagerstator ein separater Magnetträger vorgesehen, an dem die Permanentmagnetringe unabhängig von dem Halter fertig montierbar sind und der zusammen mit den fertig montierten Permanentmagnetringen als eine Einheit am Halter anbringbar ist, wobei bezüglich der Drehachse die axiale Position des Magnetträgers am Halter verstellbar ist.

[0015] Unter "fertig montiert" ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass die Permanentmagnetringe auf Stoß zusammengedrückt sind, sich also in axialer Richtung nur als ganzer Stapel, aber nicht mehr relativ zueinander bewegen können.

[0016] Die Erfindung bedeutet eine Abkehr von der bisher geübten Praxis, die Permanentmagnetringe des Magnetlagerstators einzeln direkt am Stator der Vakuumpumpe anzuordnen und erst danach zusammenzudrücken und gleichzeitig gegen die Rückstellkraft einer Feder zu bewegen, um die jeweils erforderliche Axialposition einzustellen. Während also beim eingangs erläuterten Stand der Technik das Zusammendrücken der Permanentmagnetringe und das Einstellen der axialen Position

quasi gleichzeitig erfolgen, zwischen dem Zusammendrücken und dem Einstellen also im Grunde nicht unterschieden werden kann, was zu den vorstehend erläuterten Problemen führt, geht die Erfindung einen völlig anderen Weg.

[0017] Der durch die Erfindung geschaffene separate Magnetträger ermöglicht eine Vormontage der Permanentmagnetringe unabhängig von dem Stator der Vakuumpumpe. An diesen separaten Magnetträger können die Permanentmagnetringe einfach und insbesondere maschinell fertig montiert, also auf Stoß zusammengedrückt werden. Hierdurch wird eine Automatisierung ermöglicht. Die Einheit aus Magnetträger und Permanentmagnetringen kann hierdurch in großen Stückzahlen gefertigt und montiert werden.

[0018] Die fertig montierten Einheiten können jeweils vollkommen unabhängig von dem Rest der Vakuumpumpe gehandhabt und insbesondere als Zukaufteil extern gefertigt werden. Bei der Endmontage der Vakuumpumpe kann diese Einheit als Ganzes am Stator angebracht werden. Da die Permanentmagnetringe bereits fertig montiert sind, erfolgt bei der Montage am Stator der Vakuumpumpe lediglich noch die Einstellung der Axialposition, indem die axiale Position des Magnetträgers und damit des an diesem fertig montierten Permanentmagnet-Stapels an dem Halter des Stators verstellt wird.

[0019] Von Vorteil ist ferner, dass bei einem während des Einsatzes der Vakuumpumpe im Feld erforderlichen Austausch des Magnetlagers oder Magnetlagerstators nicht mehr die einzelnen Permanentmagnetringe des Magnetlagerstators oder der Stator bzw. das Gehäuse ganz oder teilweise getauscht werden muss, sondern nur noch die als Ganzes handhabbare Einheit aus Magnetträger und Permanentmagnetring-Stapel ausgetauscht zu werden braucht.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:

- Montieren des Magnetlagerrotors am Rotor,
- Bereitstellen eines separaten Magnetträgers für den Magnetlagerstator,
- Montieren der Permanentmagnetringe des Magnetlagerstators an dem Magnetträger unabhängig von dem Stator der Vakuumpumpe,
- Anbringen des Magnetträgers zusammen mit den fertig montierten Permanentmagnetringen als eine Einheit an einem Halter des Stators, und
- Einstellen des Magnetlagers durch Verstellen der axialen Position des Magnetträgers am Halter bezüglich der Drehachse.

[0021] Mögliche Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Zeichnung sowie der nachfolgenden Beschreibung angegeben.

[0022] In einige Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, dass der Halter einen parallel zur Drehachse verlaufenden Durchgang aufweist, durch den hindurch der Magnetträger ausgehend von der Einlassseite der

Pumpe für ein manuell oder maschinell handhabbares Einstellwerkzeug zum Einstellen der axialen Position des Magnetträgers zugänglich ist. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Magnetträger an einer zur Einlassseite der Pumpe weisenden und mit dem Durchgang ausgerichteten Seite einen Betätigungsabschnitt für das Einstellwerkzeug aufweist.

[0023] Bei dem Einstellwerkzeug kann es sich insbesondere um einen manuell oder mittels einer automatisch arbeitenden Maschine betreibbaren Innensechskantschlüssel handeln. Der Betätigungsabschnitt des Magnetträgers umfasst dann ein entsprechendes Sechskantprofil für dieses Werkzeug.

[0024] Gemäß einigen Weiterbildungen der Erfindung erfolgt das Anbringen des Magnetträgers am Halter und das Verstellen der axialen Position des Magnetträgers am Halter durch Verschrauben des Magnetträgers mit dem Halter.

[0025] Hierbei ermöglicht die erfindungsgemäße Verwendung eines separaten Magnetträgers vollständige Umdrehungen des Einstellwerkzeugs, so dass das eingangs im Zusammenhang mit dem Stand der Technik erläuterte mehrfache Umstecken nicht mehr erforderlich ist und dadurch die Montage der Vakuumpumpe beschleunigt wird.

[0026] Gemäß einigen Ausführungsformen kann der Halter einen sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfen umfassen, wobei der Haltezapfen und der Magnetträger einander in axialer Richtung überlappend angeordnet sind.

[0027] Dabei kann vorgesehen sein, dass der Haltezapfen in den Stapel der am Magnetträger montierten Permanentmagnetringe des Magnetlagerstators hineinragt.

[0028] Das Anbringen des Magnetträgers am Haltezapfen kann dadurch erfolgen, dass der Magnetträger in eine im Haltezapfen ausgebildete Aussparung, insbesondere in einen parallel zur Drehachse verlaufenden Durchgang, eingeschraubt wird. Alternativ kann die Anbringung dadurch erfolgen, dass der Magnetträger auf eine Außenseite des Haltezapfens aufgeschraubt wird.

[0029] Der Halter, an dem der Magnetträger anbringbar ist, ist insbesondere im Bereich des Pumpeneinlasses angeordnet. Der Halter kann sternförmig ausgebildet sein und einen mit einem Pumpengehäuse verbundenen, insbesondere ringförmigen, Außenabschnitt, einen den Haltezapfen aufweisenden Zentralabschnitt und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Stegabschnitten umfassen, durch die der Zentralabschnitt mit dem Außenabschnitt verbunden ist.

[0030] Insbesondere kann der Halter ein einstückig ausgebildetes, separates Bauteil sein, das einlassseitig in das Pumpengehäuse eingesetzt und drehfest angeordnet ist. Insbesondere kann es sich bei dem Halter um einen sogenannten Statorstern handeln, wie er eingangs bereits erwähnt worden ist.

[0031] In einigen Ausführungsbeispielen kann der Magnetträger eine Zentrierhülse, auf der radial außen die

Permanentmagnetringe sitzen, und zwei in axialer Richtung voneinander beabstandete Widerlager für die Permanentmagnetringe umfassen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die Zentrierhülse und der Halter, insbesondere ein Haltezapfen des Halters, einander in axialer Richtung überlappen.

[0032] Im fertig montierten Zustand sind die Permanentmagnetringe zwischen diesen Widerlagern eingespannt, d.h. auf Stoß zusammengedrückt.

[0033] Dabei kann vorgesehen sein, dass das eine, insbesondere das einlassferne, Widerlager einstückig mit der Zentrierhülse ausgebildet und das andere, insbesondere das einlassnahe, Widerlager ein separates Bauteil ist, das mit der Zentrierhülse fest verbunden ist. Dieses separate Widerlager kann mit der Zentrierhülse verpresst oder verschraubt sein, um auf diese Weise den fertig montierten Zustand herzustellen.

[0034] Des Weiteren kann bei einigen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein, dass der Magnetträger einen konzentrisch zur Zentrierhülse angeordneten Zentralabschnitt mit gegenüber der Zentrierhülse reduziertem Durchmesser umfasst. Dieser Zentralabschnitt kann insbesondere zapfenförmig ausgebildet sein. Die Zentrierhülse und der Zentralabschnitt können durch einen unterhalb des Haltezapfens des Halters gelegenen Verbindungsabschnitt miteinander verbunden sein. Insbesondere können die Zentrierhülse und der Zentralabschnitt einstückig miteinander verbunden sein. Je nach konkreter Ausführungsform des Magnetträgers kann der Zentralabschnitt unterschiedlich ausgebildet sein und unterschiedliche Funktionen erfüllen.

[0035] Der Zentralabschnitt und die Zentrierhülse können einander in axialer Richtung überlappend angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann der Zentralabschnitt über das einlassferne Ende der Zentrierhülse hinaus vorstehen.

[0036] Die Zentrierhülse kann nicht nur als Sitz für die Permanentmagnetringe dienen. Zusätzlich kann der Magnetträger mittels der Zentrierhülse auf einen sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfen des Halters aufgeschraubt sein. Hierbei dient somit die Zentrierhülse zum Anbringen des Magnetträgers am Halter des Stators der Vakuumpumpe. Das Anbringen des Magnetträgers kann alternativ mittels eines mit der Zentrierhülse verbundenen Zentralabschnitts erfolgen, indem dieser mit einem sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfen des Halters verschraubt wird. Insbesondere kann hierbei der Zentralabschnitt des Magnetträgers in eine im Haltezapfen ausgebildete Aussparung eingeschraubt sein. Bei dieser Aussparung kann es sich insbesondere um einen parallel zur Drehachse verlaufenden Durchgang handeln.

[0037] In einer konkreten Ausgestaltung kann folglich der Zentralabschnitt ein Gewindezapfen mit Betätigungsabschnitt für ein Einstellwerkzeug sein, der in den Durchgang des Haltezapfens eingeschraubt und so ausgehend von der Einlassseite für das Einstellwerkzeug zugänglich ist.

[0038] Gemäß einigen Ausführungsbeispielen kann an einem einlassfernen freien Endbereich des Magnetträgers der eine von zwei einander zugeordneten Lagerteilen eines Fang- oder Notlagers für den den anderen Lagerteil aufweisenden Rotor angeordnet sein. Das Vor-

sehen von Fang- oder Notlagern für magnetgelagerte Rotoren von Vakuumpumpen ist grundsätzlich bekannt. Bei diesen Weiterbildungen der Erfindung kann der Magnetträger gleichzeitig als ein Bestandteil eines solchen Fang- oder Notlagers eingesetzt werden. Der entsprechende Lagerteil für dieses Fang- oder Notlager kann insbesondere an einem mit einer Zentrierhülse verbundenen Zentralabschnitt des Magnetträgers angeordnet sein.

[0039] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung kann vorgesehen sein, dass eine in axialer Richtung zwischen dem Magnetträger und dem Halter wirksame Spanneinrichtung vorgesehen ist. Eine eingestellte axiale Relativposition zwischen Magnetträger und Halter kann hierdurch gesichert werden. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Magnetträger und der Halter miteinander verschraubt werden, da die Spanneinrichtung das Gewindenspiel beseitigt. Ferner kann durch eine solche Spanneinrichtung eine ausreichende Selbsthemmung des Gewindes erreicht werden. Die Spanneinrichtung sorgt hierdurch für eine sehr hohe Verdrehsicherung und somit Sicherung der jeweils eingestellten Axialposition des Magnetträgers.

[0040] Bei der Spanneinrichtung kann es sich beispielsweise um eine Feder handeln. Die Feder kann beispielsweise eine Druckfeder oder eine Wellenfeder umfassen. Für die Anordnung einer als Spanneinrichtung dienenden Feder kann es je nach konkreter Ausgestaltung unterschiedliche Möglichkeiten geben. Beispielsweise kann die Feder zwischen einem Verbindungsabschnitt, der einen Zentralabschnitt und eine Zentrierhülse des Magnetträgers miteinander verbindet, und dem einlassfernen Endbereich eines sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfens des Halters wirksam sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine als Spanneinrichtung dienende Feder einen Haltezapfen des Halters umgeben und zwischen einem Schulterbereich am Übergang zwischen Haltezapfen und Halter einerseits und dem einlassnahen Endbereich des Magnetträgers andererseits wirksam sein.

[0041] Alternativ oder zusätzlich kann die Spanneinrichtung eine Schraube umfassen. Die Schraube kann beispielsweise als eine Madenschraube ausgebildet sein. Eine als Spanneinrichtung dienende Schraube kann mit dem Halter verschraubt sein und den Magnetträger in axialer Richtung beaufschlagen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die als Spanneinrichtung dienende Schraube in einen Durchgang, der in einem sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfen des Halters ausgebildet ist, eingeschraubt ist.

[0042] Des Weiteren kann gemäß einigen Ausführungsbeispielen zumindest in einer von zwei einander berührenden, beim Anbringen und Verstellen des Mag-

netträgers sich relativ zueinander bewegendenden Kontaktflächen des Halters und des Magnetträgers zumindest eine als Spänetasche wirksame Vertiefung ausgebildet sein. Bei der Vertiefung kann es sich beispielsweise um eine ringförmige, um die Drehachse umlaufende Nut handeln.

[0043] Eine oder mehrere als Spänetasche wirksame Vertiefungen können beispielsweise an der Innenseite der Zentrierhülse ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich können eine oder mehrere Vertiefungen auch an der Außenseite eines Haltezapfens des Halters ausgebildet sein. Das Konzept der als Spänetaschen wirksamen Vertiefungen ist dabei unabhängig von der Art und Weise der Anbringung des Magnetträgers am Stator. Insbesondere kann unabhängig davon, ob zur Anbringung des Magnetträgers am Stator die Zentrierhülse mit dem Haltezapfen verschraubt oder ein Zentralabschnitt des Magnetträgers in eine im Haltezapfen ausgebildete Aussparung, insbesondere einen Durchgang, eingeschraubt wird, das Konzept der als Spänetasche(n) wirksamen Vertiefung(en) an zumindest einer der Kontaktflächen zwischen Zentrierhülse und Haltezapfen vorgesehen sein.

[0044] Die vorstehend erläuterten möglichen Weiterbildungen der Erfindung und auch solche Weiterbildungen, die sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Zeichnung ergeben, sind Weiterbildungen sowohl der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe, insbesondere des erfindungsgemäßen Magnetträgers, als auch Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0045] Wenn im Zusammenhang mit der Erläuterung von untereinander kombinierbaren Weiterbildungen einzelne Bauteile die gleiche Bezeichnung aufweisen, dann kann bei einem diese Weiterbildungen in Kombination aufweisenden erfindungsgemäßen Gegenstand das betreffende Bauteil mehrere der erläuterten Weiterbildungen aufweisen. So kann beispielsweise bei einigen Ausführungsformen der Erfindung ein Zentralabschnitt des Magnetträgers als Zapfen mit Außengewinde ausgebildet sein und so zum Verschrauben des Magnetträgers mit einem in einem Haltezapfen des Halters ausgebildeten Durchgang dienen, wobei gleichzeitig der Zentralabschnitt an einem einlassfernen freien Endbereich einen Lagerteil eines Fang- oder Notlagers aufweisen kann, dies aber nicht zwingend ist. Analog gilt dies auch für andere der im Zusammenhang mit unterschiedlichen Weiterbildungen erläuterten Bauteile.

[0046] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

- | | |
|--------|---|
| Fig. 1 | eine perspektivische Ansicht einer bekannten Turbomolekularpumpe, |
| Fig. 2 | eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1, |
| Fig. 3 | einen Querschnitt der Turbomoleku- |

- larpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- Fig. 6a und 6b ein mögliches Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe, wobei Fig. 6b einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 6a mit dem Magnetlager zeigt,
- Fig. 7a und 7b in entsprechender Darstellung ein weiteres mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 8a und 8b in entsprechender Darstellung ein weiteres mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 9a und 9b in entsprechender Darstellung ein weiteres mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung, und
- Fig. 10 einen als Halter dienenden Statorstern einer Vakuumpumpe mit daran angebrachtem Magnetträger gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0047] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0048] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123

angeordnet.

[0049] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0050] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann.

[0051] Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0052] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0053] Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0054] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0055] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0056] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0057] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0058] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0059] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0060] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0061] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0062] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

[0063] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außer-

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

[0064] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0065] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0066] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0067] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0068] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größeren werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0069] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen

den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0070] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0071] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0072] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 ge-

langen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0073] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0074] Hinsichtlich einzelner Details der nachstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumumpen wird auf die vorstehende Beschreibung der Fig. 1 bis 5 verwiesen, d.h. alle dort beschriebenen Ausgestaltungen können auch bei einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe realisiert sein. Umgekehrt können die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung auch bei der anhand der Fig. 1 bis 5 erläuterten Vakuumpumpe realisiert werden.

[0075] Die in den Fig. 6a, 7a, 8a und 9a dargestellten Turbomolekularvakuumumpen weisen jeweils ein Pumpengehäuse 33 auf, in welchem sich zwei Pumpstufen befinden, nämlich eine näher am Einlass der Pumpe gelegene Turbopumpstufe 11 und eine sich in Pumprichtung daran anschließende Holweckpumpstufe 13. Die einzelnen Statorschaufeln 11a bilden den Stator der Turbopumpstufe 11. Die Holweckpumpstufe 13 weist einen Stator 13a auf, der in radialer Richtung gesehen zwischen zwei Holweckhülsen 13b angeordnet ist, die drehfest an einem gemeinsamen Rotor 15 der Turbopumpstufe 11 und der Holweckpumpstufe 13 angebracht sind. Die Statorschaufeln 11a der Turbopumpstufe 11 wirken mit Rotorscheaufeln 11b zusammen, die wie die Holweckhülsen 13b drehfest mit dem Rotor 15 verbunden sind.

[0076] Dieser Aufbau einer Turbomolekularpumpstufe ist grundsätzlich bekannt. Ebenfalls grundsätzlich bekannt ist die einlassseitige Lagerung des Rotors 15 mittels eines Magnetlagers 17. Das Magnetlager 17 umfasst einen Magnetlagerrotor 19 und einen Magnetlagerstator 21 (vgl. Fig. 6b, 7b, 8b und 9b), die jeweils einen Stapel aus in axialer Richtung übereinander angeordneten Permanentmagnetringen 19a (Magnetlagerrotor) bzw. 21a (Magnetlagerstator) aufweisen. Die axiale Richtung bezieht sich hier auf die Drehachse 14 des Rotors 15.

[0077] Die Permanentmagnetringe 19a des Magnetlagerrotors 19 sind mittels eines Widerlagers 61, beispielsweise eines eingepressten oder eingeschraubten Rings, auf Stoß zusammengedrückt und so in einer axial definierten Position und drehfest am Rotor 15 angebracht.

[0078] Der Magnetlagerstator 21 ist Bestandteil einer als Ganzes und separat vom Rest der Vakuumpumpe handhabbaren Baueinheit, die zusätzlich einen Magnetträger 25 umfasst. Wie nachstehend näher erläutert wird, ist der Magnetträger 25 an einem Haltezapfen 31 angebracht, der einstückig an einem sogenannten Statorstern

23 ausgebildet ist, der einen ringförmigen Außenteil 35, einen mit dem Haltezapfen 31 versehenen Zentralabschnitt 37 und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Stegabschnitten 39 umfasst, die den Zentralabschnitt 37 mit dem Außenabschnitt 35 verbinden. Dieser Statorstern ist ein einstückiges, separates Bauteil, das einlassseitig in das Pumpengehäuse 33 drehfest eingesetzt ist. Bei dem Magnetträger 25 handelt es sich um ein einstückiges Bauteil, das beispielsweise aus Metall hergestellt sein kann.

[0079] Bei allen hier dargestellten Ausführungsbeispielen ist in dem zylindrischen, konzentrisch zur Drehachse 14 angeordneten Haltezapfen 31 ein Durchgang 27 ausgebildet, der an einer einlassfernen Stirnseite am freien Endbereich des Haltezapfens 31 mündet. Auf die Funktion des Haltezapfens 31 und dessen Durchgang 27 wird nachstehend näher eingegangen.

[0080] Der Magnetträger 25 umfasst eine zylindrische Zentrierhülse 41, auf der radial außen die Permanentmagnetringe 21a sitzen. An ihrem einlassfernen Ende ist die Zentrierhülse 41 mit einer radial nach außen vorstehenden Schulter versehen, die als Widerlager 45 für den Permanentmagnetring-Stapel 21a dient. Ferner ist die Zentrierhülse 41 über einen ringförmigen Verbindungsabschnitt 49 mit einem zapfenförmigen Zentralabschnitt 47 verbunden. An seiner zum Einlass weisenden Seite ist der Zentralabschnitt 47 mit einem Betätigungsabschnitt 29 in Form eines Innensechskants (Inbus) versehen. Dieser Betätigungsabschnitt 29 ist ausgehend von der Einlassseite der Pumpe über den im Haltezapfen 31 ausgebildeten Durchgang 27 hindurch für ein nicht dargestelltes Einstellwerkzeug zugänglich, welches dazu dient, den Magnetträger 25 um die Drehachse 14 zu verdrehen.

[0081] An seinem einlassfernen freien Endbereich trägt der Zentralabschnitt 37 einen Lagerteil 51 eines Not- oder Fanglagers für den Rotor 15, wobei der andere Lagerteil 53 am Rotor 15 angeordnet ist (vgl. jeweils Fig. 6b, 7b, 8b und 9b).

[0082] Die Permanentmagnetringe 21a des Magnetlagerstators 21 sind mittels eines Widerlagers 43 auf Stoß zusammengedrückt, d.h. der Stapel aus Permanentmagnetringen 21a ist zwischen den beiden Widerlagern 43, 45 auf dem Magnetträger 25 eingespannt und somit am Magnetträger 25 fertig montiert. Das Widerlager 43 ist als ein Spannring ausgebildet, der bei der Montage des Magnetlagerstators 21 am Magnetträger 25 auf die Zentrierhülse 41 des Magnetträgers 25 - je nach konkreter Ausgestaltung - aufgepresst oder aufgeschraubt wird.

[0083] Die Einheit aus Magnetträger 25 und an diesem fertig montiertem Magnetlagerstator 21 ist eine separate, als Ganzes handhabbare und unabhängig vom Rest der Vakuumpumpe herstellbare und montierbare Baugruppe.

[0084] Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Art und Weise der Anbringung des Magnetträgers 25 am Haltezapfen 31 des Statorsterns 23 und hinsichtlich der Art

und Weise einer Spanneinrichtung zwischen Statorstern 23 und Magnetträger 25.

[0085] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 6a und 6b wird der Magnetträger 25 samt fertig montiertem Magnetlagerstator 21 mit der Zentrierhülse 41 auf den Haltezapfen 31 aufgeschraubt. Hierzu dient ein Schraubgewinde 63, d.h. in diesem Bereich ist die Innenseite der Zentrierhülse 41 mit einem Innengewinde und die Außenseite des Haltezapfens 31 mit einem Außengewinde versehen.

[0086] Das Verschrauben erfolgt durch Verdrehen des Magnetträgers 25 mittels des bereits erwähnten Einstellwerkzeugs, das mit dem am Zentralabschnitt 47 ausgebildeten Betätigungsabschnitt 29 zusammenwirkt.

[0087] Damit möglicherweise entstehende Späne nicht in das Pumpeninnere gelangen, ist an der Außenseite des Haltezapfens 31 eine als umlaufende Nut ausgebildete Vertiefung 59 vorgesehen, die als Spänetasche dient.

[0088] Die erwähnte Spanneinrichtung umfasst hier eine Druckfeder 57, die zwischen der einlassfernen Stirnseite am freien Ende des Haltezapfens 31 und der zum Einlass weisenden Seite des Zentralabschnitts 47 angeordnet ist. Die Druckfeder 57 beseitigt das Spiel im Gewinde 63 und sorgt gleichzeitig für eine ausreichend hohe Selbsthemmung dieses Gewindes 63. Dadurch ist der Magnetträger 25 zuverlässig gegen ein unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert.

[0089] Das Ausführungsbeispiel der Fig. 7a und 7b unterscheidet sich von dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel dadurch, dass als Spanneinrichtung eine Madenschraube 57 vorgesehen ist, die in den mit einem entsprechenden Innengewinde versehenen Durchgang 27 im Haltezapfen 31 eingeschraubt ist. Mit einem an ihrem einlassfernen freien Ende ausgebildeten Konus 57a beaufschlagt diese Spannschraube 57 den Zentralabschnitt 47 an einer den Betätigungsabschnitt 29 umgebenden Gegenfläche 57b mit entsprechendem Konuswinkel. Zum Verspannen kann die Madenschraube 57 mittels eines nicht dargestellten Werkzeugs gedreht werden, beispielsweise eines Inbusschlüssels, der mit einem entsprechenden, an der zum Einlass weisenden Seite der Spannschraube 57 ausgebildeten Profil (nicht dargestellt) zusammenwirkt.

[0090] Das Ausführungsbeispiel der Fig. 8a und 8b kombiniert hinsichtlich der Spanneinrichtung die beiden Varianten gemäß Fig. 6a und 6b einerseits und Fig. 7a und 7b andererseits. Das Verspannen und damit die Verdrehsicherung erfolgt hier also sowohl durch eine Druckfeder 57 gemäß Fig. 6a und 6b als auch durch eine Madenschraube 57 gemäß Fig. 7a und 7b. Hierdurch wird ein besonders hohes Maß an Verdrehsicherheit für den Magnetträger 25 erreicht.

[0091] Das Verspannen mittels der Madenschraube 57 erfolgt jeweils erst dann, wenn die erforderliche Axialposition des Magnetträgers 25 durch Verdrehen erreicht worden ist.

[0092] Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 9a und 9b ist als Spanneinrichtung eine Wellenfeder 57 vorgese-

hen. Die Wellenfeder 57 ist am Fuß des Haltezapfens 31 angeordnet, d.h. die Wellenfeder 57 umgibt den Haltezapfen 31 und stützt sich mit ihrer zum Einlass weisenden Seite an einem Schulterbereich am Übergang zwischen dem Haltezapfen 31 und dem Zentralabschnitt 37 des Statorsterns 23 ab. Mit ihrem anderen Ende beaufschlagt die Wellenfeder 57 die Baueinheit aus Magnetträger 25 und Magnetlagerstator 21.

[0093] Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 10 erfolgt die Anbringung des Magnetträgers 25 am Haltezapfen 31 nicht durch Verschrauben mittels der Zentrierhülse 41 des Magnetträgers 25. Stattdessen erstreckt sich der Zentralabschnitt 47 des Magnetträgers 25 ausgehend von dem Verbindungsabschnitt 49 zur Einlassseite der Pumpe, also in die Zentrierhülse 51 hinein und somit in Richtung des Haltezapfens 31. Die Länge dieses zapfenförmigen Teils des Zentralabschnitts 47 ist derart bemessen, dass der Zentralabschnitt 47 in den Durchgang 27 des Haltezapfens 31 eingeschraubt werden kann. Hierzu ist ein Schraubgewinde 63 vorgesehen, das ein Außengewinde am Zentralabschnitt 47 und ein im Durchgang 27 ausgebildetes Innengewinde des Haltezapfens 31 umfasst.

[0094] Das Verschrauben des Magnetträgers 25 mit dem Haltezapfen 31 erfolgt wiederum durch Betätigen des Zentralabschnitts 47 am Betätigungsabschnitt 29, der an dem in den Haltezapfen 31 geschraubten zapfenförmigen Abschnitt des Zentralabschnitts 47 ausgebildet ist. Zur Spielbeseitigung und Selbsthemmung des Gewindes 73 und somit zur Verdrehsicherung des Magnetträgers 25 dient wiederum eine Spanneinrichtung, die hier als Druckfeder 57 zwischen stirnseitigem Ende des Haltezapfens 31 und Verbindungsabschnitt 49 des Magnetträgers 25 angeordnet ist.

[0095] An zumindest einer der Kontaktflächen zwischen Haltezapfen 31 und Zentrierhülse 41 können eine oder mehrere Vertiefungen vorgesehen sein, die wie bei den anderen Ausführungsbeispielen als Spänetasche dienen.

[0096] Im Verbindungsabschnitt 49 ist eine Bohrung 67 ausgebildet, durch die vermieden wird, dass bei montiertem Magnetträger 25 ein sogenanntes Totvolumen innerhalb der Zentrierhülse 41 vorhanden ist. Die Bohrung 67 erlaubt während des Betriebs der Vakuumpumpe ein Evakuieren dieses Raumes. Eine oder mehrere entsprechende Evakuierungsöffnungen, wie die Bohrung 67, können auch bei den anderen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein.

[0097] Die Passung zwischen den Permanentmagnetringen 21a und der Außenseite der Zentrierhülse 41 ist bei allen Ausführungsbeispielen eine Spielpassung. Dies gilt auch für die Passung zwischen Außenseite des Haltezapfens 31 und Innenseite der Zentrierhülse 41 im Ausführungsbeispiel der Fig. 10, bei dem die Verschraubung nicht zwischen Haltezapfen 31 und Zentrierhülse 41 erfolgt.

[0098] Bei allen hier beschriebenen Ausführungsbeispielen kann unabhängig von der Montage einer jewei-

ligen Vakuumpumpe zunächst eine Vormontage des Magnetlagerstators 21 am Magnetträger 25 erfolgen. Die Permanentmagnetringe 21a können also vollkommen unabhängig vom Rest der Vakuumpumpe und insbesondere unabhängig vom Haltezapfen 31 des Statorsterns 23 auf der Zentrierhülse 41 angeordnet und abschließend mittels des Widerlagers 43, beispielsweise eines Aufpress- oder Aufschraubings, gegen das andere Widerlager 45 gedrückt und somit auf Stoß zusammengedrückt und dadurch fertig montiert werden.

[0099] Diese vorgefertigte Baugruppe wird dann in der vorstehend beschriebenen Weise mit dem Haltezapfen 31 verschraubt, wobei gegebenenfalls die als Spanneinrichtung dienende Druck- oder Wellenfeder 57 zwischengeschaltet wird.

[0100] Sobald der Magnetträger mit dem Haltezapfen 31 verschraubt ist, kann unmittelbar anschließend oder zu einem späteren Zeitpunkt die korrekte relative Axialstellung des Magnetlagerstators 21 eingestellt werden, indem die axiale Position des Magnetträgers 25 durch Verdrehen eingestellt wird, wie dies im Einleitungsteil beschrieben worden ist.

[0101] Wenn anstelle oder zusätzlich zu einer Feder als Spanneinrichtung eine ebenfalls als Spanneinrichtung dienende Madenschraube verwendet wird (vgl. Fig. 7a, 7b und Fig. 8a, 8b), dann wird nach dem Einstellen der korrekten Axialposition die Madenschraube 57 verspannt, um auf diese Weise das Gewindenspiel zwischen Haltezapfen 31 und Zentrierhülse 41 zu beseitigen und die Selbsthemmung dieses Schraubgewindes sicherzustellen, womit ein hohes Maß an Verdrehsicherheit gewährleistet ist.

Bezugszeichenliste

[0102]

111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Elektromotor
127	Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrung
148	Kühlmittelleitung
149	Rotor

151 Rotationsachse
 153 Rotorwelle
 155 Rotorscheibe
 157 Statorscheibe
 159 Abstandsring
 161 Rotornabe
 163 Holweck-Rotorhülse
 165 Holweck-Rotorhülse
 167 Holweck-Statorhülse
 169 Holweck-Statorhülse
 171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 179 Verbindungskanal
 181 Wälzlager
 183 Permanentmagnetlager
 185 Spritzmutter
 187 Scheibe
 189 Einsatz
 191 rotorseitige Lagerhälfte
 193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder
 215 Not- bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 223 Labyrinthdichtung

 11 Turbopumpstufe
 11a Statorschaufel
 11b Rotorscheufel
 13 Holweckpumpstufe
 13a Holweckstator
 13b Holweckhülse
 14 Drehachse
 15 Rotor
 17 Magnetlager
 19 Magnetlagerrotor
 19a Permanentmagnetringe
 21 Magnetlagerstator
 21a Permanentmagnetringe
 23 Halter, Statorstern
 25 Magnetträger
 27 Durchgang
 29 Betätigungsabschnitt
 31 Haltezapfen
 33 Pumpengehäuse
 35 Außenabschnitt
 37 Zentralabschnitt

39 Stegabschnitt
 41 Zentrierhülse
 43 Widerlager
 45 Widerlager
 5 47 Zentralabschnitt
 49 Verbindungsabschnitt
 51 Lagerteil
 53 Lagerteil
 55 Fang- oder Notlager
 10 57 Spanneinrichtung
 57a Konus
 57b Gegenfläche
 59 Vertiefung, Spänetasche
 61 Widerlager
 15 63 Gewinde
 65 Gewinde
 67 Bohrung

20 Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit

25 - zumindest einer Pumpstufe (11, 13), die einen Stator (11a, 13a) und einen im Betrieb relativ zum Stator (11a, 13a) um eine Drehachse (14) rotierenden Rotor (15) umfasst, und
 30 - zumindest einem Magnetlager (17) für den Rotor (15), insbesondere für einen einlassnahen Endbereich des Rotors (15), das einen Magnetlagerrotor (19) und einen mit diesem zusammenwirkenden Magnetlagerstator (21) umfasst, die jeweils einen Stapel aus mehreren Permanentmagnetringen (19a, 21a) aufweisen,

wobei der Magnetlagerrotor (19) am Rotor (15) und der Magnetlagerstator (21) an einem Halter (23) des Stators (11a, 13a) angebracht ist,

40 wobei für den Magnetlagerstator (21) ein separater Magnetträger (25) vorgesehen ist, an dem die Permanentmagnetringe (21a) unabhängig von dem Halter (23) fertig montierbar sind und der zusammen mit den fertig montierten Permanentmagnetringen (21a) als eine Einheit am Halter (23) anbringbar ist, und
 45 wobei bezüglich der Drehachse (14) die axiale Position des Magnetträgers (25) am Halter (23) verstellbar ist.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1,

50 wobei der Halter (23) einen parallel zur Drehachse (14) verlaufenden Durchgang (27) aufweist, durch den hindurch der Magnetträger (25) ausgehend von der Einlassseite der Pumpe für ein manuell oder automatisch handhabbares

- Einstellwerkzeug zum Einstellen der axialen Position des Magnetträgers (25) zugänglich ist, insbesondere wobei der Magnetträger (25) an einer zur Einlassseite der Pumpe weisenden und mit dem Durchgang (27) ausgerichteten Seite einen Betätigungsabschnitt (29) für das Einstellwerkzeug aufweist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Anbringen des Magnetträgers (25) am Halter (23) und das Verstellen der axialen Position des Magnetträgers (25) am Halter (23) durch Verschrauben des Magnetträgers (25) mit dem Halter (23) erfolgt.
 4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halter (23) einen sich parallel zur Drehachse erstreckenden Haltezapfen (31) umfasst, und wobei der Haltezapfen (31) und der Magnetträger (23) einander in axialer Richtung überlappend angeordnet sind.
 5. Vakuumpumpe nach Anspruch 4, wobei der Haltezapfen (31) in den Stapel der am Magnetträger (25) montierten Permanentmagnetringe (21a) des Magnetlagerstators (21) hineinragt, und/oder wobei der Magnetträger (25) in eine im Haltezapfen (31) ausgebildete Aussparung, insbesondere in einen parallel zur Drehachse (14) verlaufenden Durchgang (27), eingeschraubt ist oder wobei der Magnetträger (25) auf eine Außenseite des Haltezapfens (31) aufgeschraubt ist.
 6. Vakuumpumpe nach Anspruch 4 oder 5, wobei der, insbesondere im Bereich des Pumpeneinlasses angeordnete, Halter (23) sternförmig ausgebildet ist und einen mit einem Pumpengehäuse (33) verbundenen, insbesondere ringförmigen, Außenabschnitt (35), einen den Haltezapfen (31) aufweisenden Zentralabschnitt (37) und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Stegabschnitten (39) umfasst, durch die der Zentralabschnitt (37) mit dem Außenabschnitt (35) verbunden ist.
 7. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Magnetträger (25) eine Zentrierhülse (41), auf der radial außen die Permanentmagnetringe (21a) sitzen, und zwei in axialer Richtung voneinander beabstandete Widerlager (43, 45) für die Permanentmagnetringe (21a) umfasst, insbesondere wobei die Zentrierhülse (41) und der Halter (23), insbesondere ein Haltezapfen (31) des Halters (23), einander in axialer Richtung überlappend angeordnet sind.
 8. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, wobei das eine, insbesondere das einlassferne, Widerlager (45) einstückig mit der Zentrierhülse (41) ausgebildet und das andere, insbesondere das einlassnahe, Widerlager (43) ein separates Bauteil ist, das mit der Zentrierhülse (41) verbunden, insbesondere verpresst oder verschraubt, ist.
 9. Vakuumpumpe nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Magnetträger (25) einen konzentrisch zur Zentrierhülse (41) angeordneten Zentralabschnitt (47) mit gegenüber der Zentrierhülse (41) reduziertem Durchmesser umfasst, wobei die Zentrierhülse (41) und der Zentralabschnitt (47) durch einen unterhalb des Haltezapfens (31) des Halters (23) gelegenen Verbindungsabschnitt (49) der Zentrierhülse (41), insbesondere einstückig, miteinander verbunden sind, und wobei der Zentralabschnitt (47) und die Zentrierhülse (41) einander in axialer Richtung überlappend angeordnet sind und/oder der Zentralabschnitt (47) über das einlassferne Ende der Zentrierhülse (41) hinaus vorsteht.
 10. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der Magnetträger (25) mittels der Zentrierhülse (41) auf einen sich parallel zur Drehachse (14) erstreckenden Haltezapfen (31) des Halters (23) aufgeschraubt ist, oder wobei der Magnetträger (25) mittels eines mit der Zentrierhülse (41) verbundenen Zentralabschnitts (47) mit einem sich parallel zur Drehachse (14) erstreckenden Haltezapfen (31) des Halters (23) verschraubt, insbesondere in eine im Haltezapfen (31) ausgebildete Aussparung, insbesondere in einen parallel zur Drehachse (14) verlaufenden Durchgang (27), eingeschraubt ist.
 11. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an einem einlassfernen freien Endbereich des Magnetträgers (25), insbesondere eines mit einer Zentrierhülse (41) verbundenen Zentralabschnitts (47) des Magnetträgers (25), der eine von zwei einander zugeordneten Lagerteilen (51, 53) eines Fang- oder Notlagers (55) für den den anderen Lagerteil aufweisenden Rotor (15) angeordnet ist.
 12. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine in axialer Richtung zwischen dem Magnetträger (25) und dem Halter (23) wirksame Spanneinrichtung (57) vorgesehen ist.
 13. Vakuumpumpe nach Anspruch 12, wobei die Spanneinrichtung (57) eine Feder,

vorzugsweise eine Druckfeder oder eine Wellenfeder, umfasst, die entweder zwischen einem Verbindungsabschnitt (49), der einen Zentralabschnitt (47) und eine Zentrierhülse (41) des Magnetträgers (25) miteinander verbindet, und dem einlassfernen Endbereich eines sich parallel zur Drehachse (14) erstreckenden Haltezapfens (31) des Halters (23) wirksam ist, oder die den Haltezapfen (31) des Halters (23) umgibt und zwischen einem Schulterbereich am Übergang zwischen dem Haltezapfen (31) und dem Halter (23) und dem einlassnahen Endbereich des Magnetträgers (25) wirksam ist, und/oder wobei die Spanneinrichtung (57) eine Schraube, vorzugsweise eine Madenschraube, umfasst, die mit dem Halter (23) verschraubt ist und den Magnetträger (25) in axialer Richtung beaufschlagt, insbesondere wobei die Schraube in einen Durchgang (27), der in einem sich parallel zur Drehachse (14) erstreckenden Haltezapfen (31) des Halters (23) ausgebildet ist, eingeschraubt ist.

14. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest in einer von zwei einander berührenden, beim Anbringen und Verstellen des Magnetträgers (25) sich relativ zueinander bewegendenden Kontaktflächen des Halters (23) und des Magnetträgers (25) zumindest eine als Spänetasche wirksame Vertiefung (59) ausgebildet ist, insbesondere eine um die Drehachse (14) umlaufende Nut.
15. Verfahren zum Montieren, Anbringen und Einstellen eines Magnetlagers (17) einer Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, insbesondere einer Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Vakuumpumpe zumindest eine Pumpstufe (11, 13), die einen Stator (11a, 13a) und einen im Betrieb relativ zum Stator (11a, 13a) um eine Drehachse (14) rotierenden Rotor (15) umfasst, und wobei das für den Rotor (15), insbesondere für den einlassnahen Endbereich des Rotors (15), vorgesehene Magnetlager (17) einen Magnetlagerrotor (19) und einen Magnetlagerstator (21) umfasst, die jeweils einen Stapel aus mehreren Permanentmagnetringen (19a, 21a) aufweisen, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Montieren des Magnetlagerrotors (19) am Rotor (15),
- Bereitstellen eines separaten Magnetträgers (25) für den Magnetlagerstator (21),
- Montieren der Permanentmagnetringe (21a) des Magnetlagerstators (21) an dem

Magnetträger (25) unabhängig von dem Stator (11a, 13a) der Vakuumpumpe,
 - Anbringen des Magnetträgers (25) zusammen mit den fertig montierten Permanentmagnetringen (21a) als eine Einheit an einem Halter (23) des Stators (11a, 13a), und
 - Einstellen des Magnetlagers (17) durch Verstellen der axialen Position des Magnetträgers (25) am Halter (23) bezüglich der Drehachse (14).

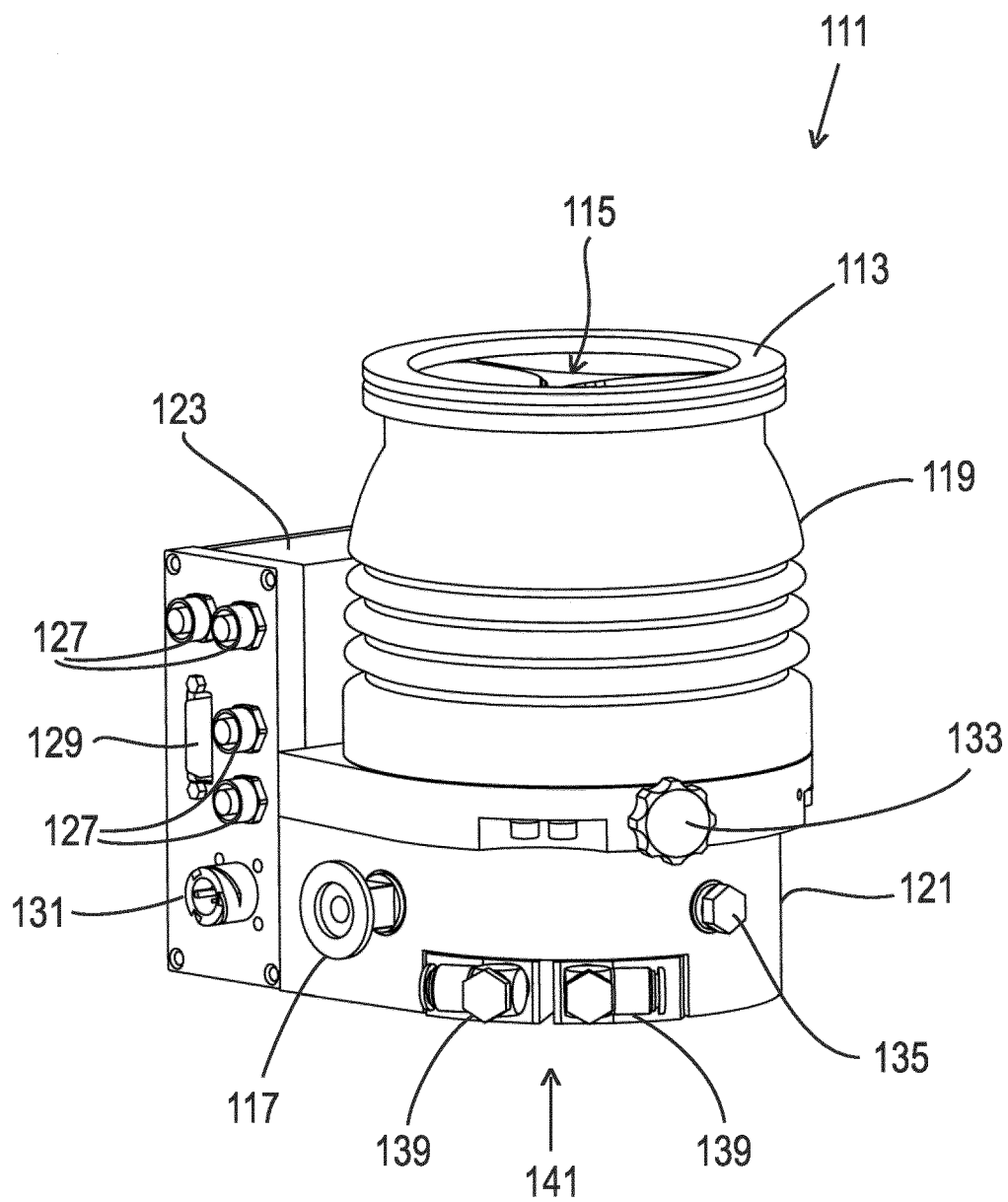


Fig. 1

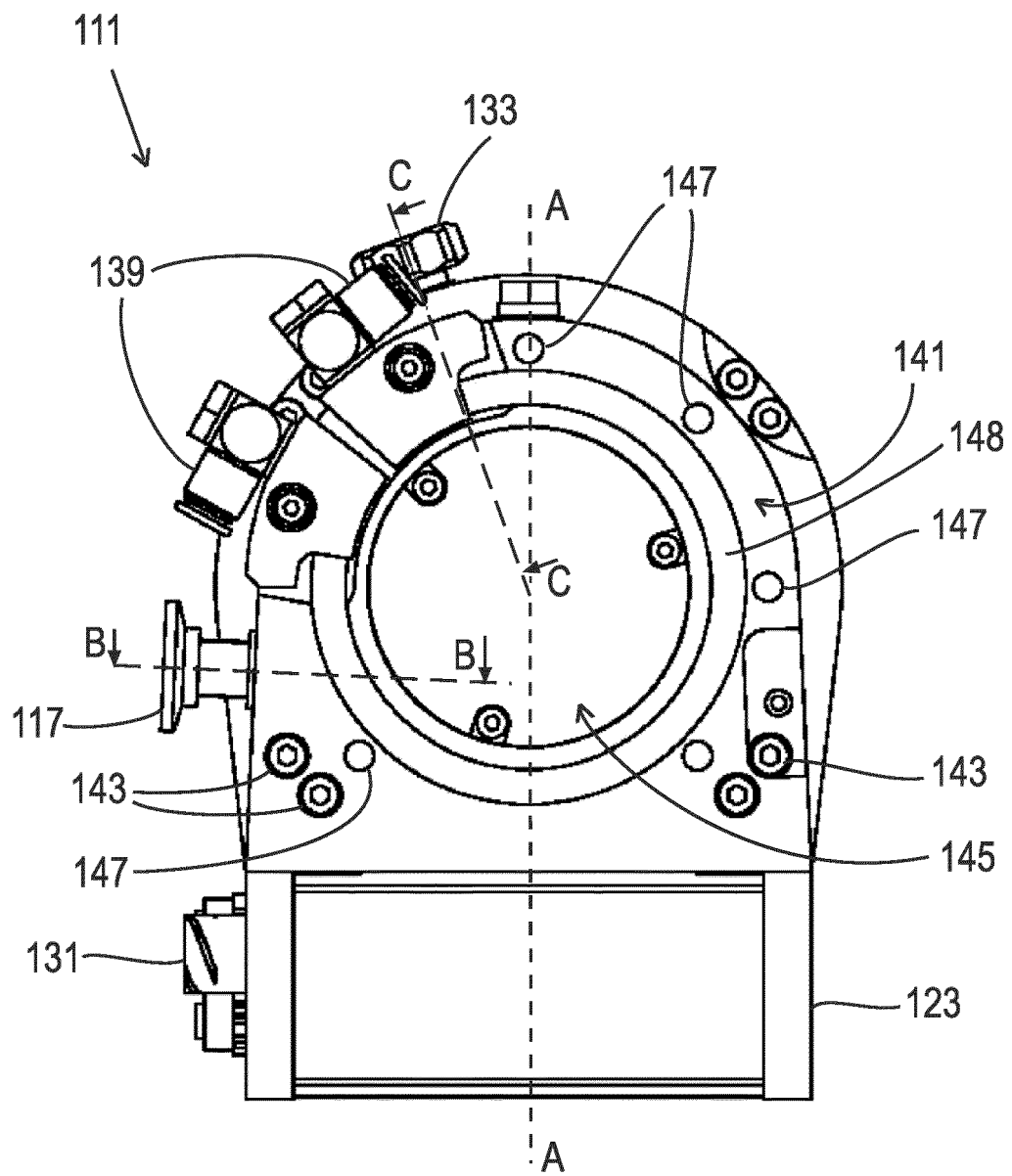


Fig. 2

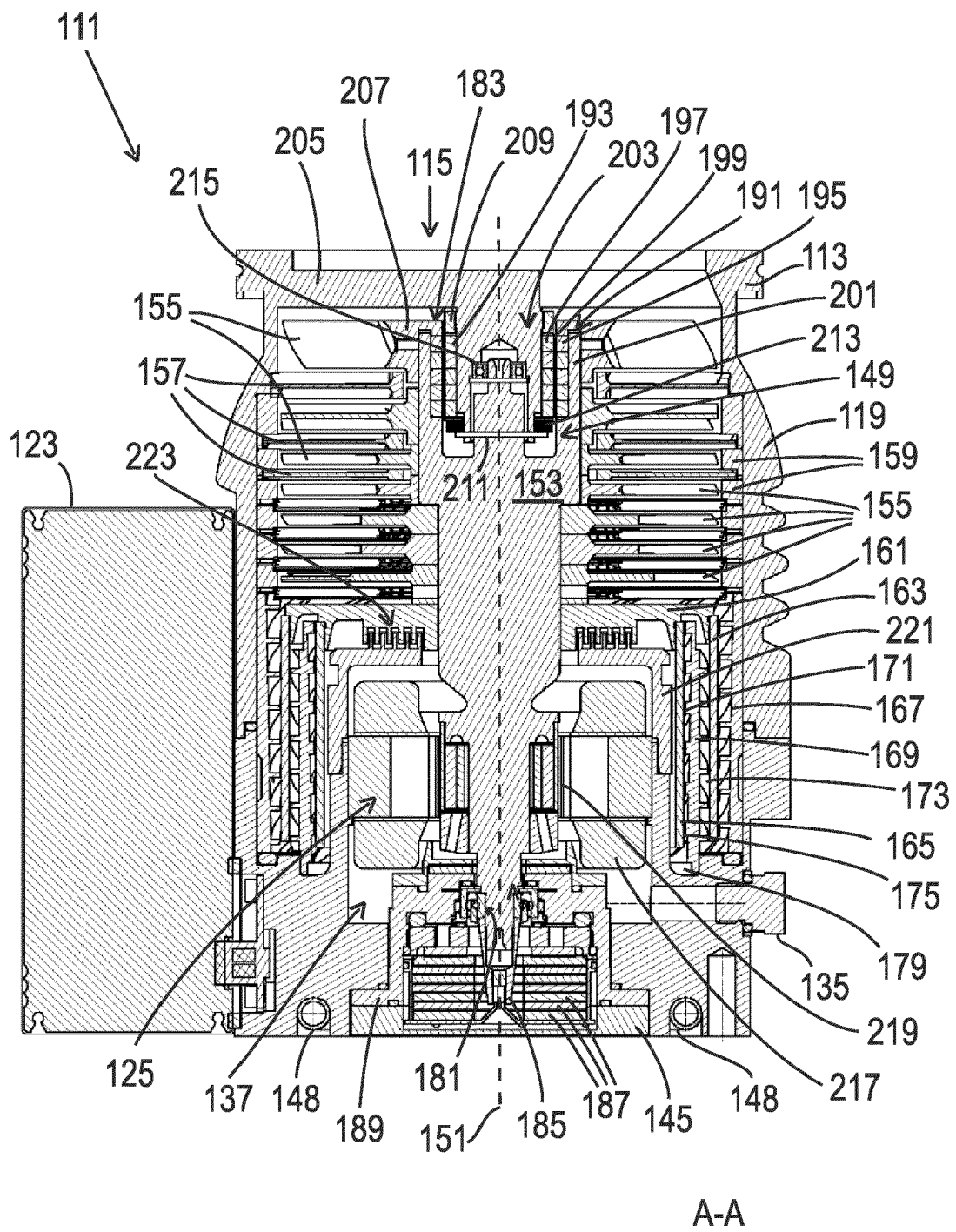


Fig. 3

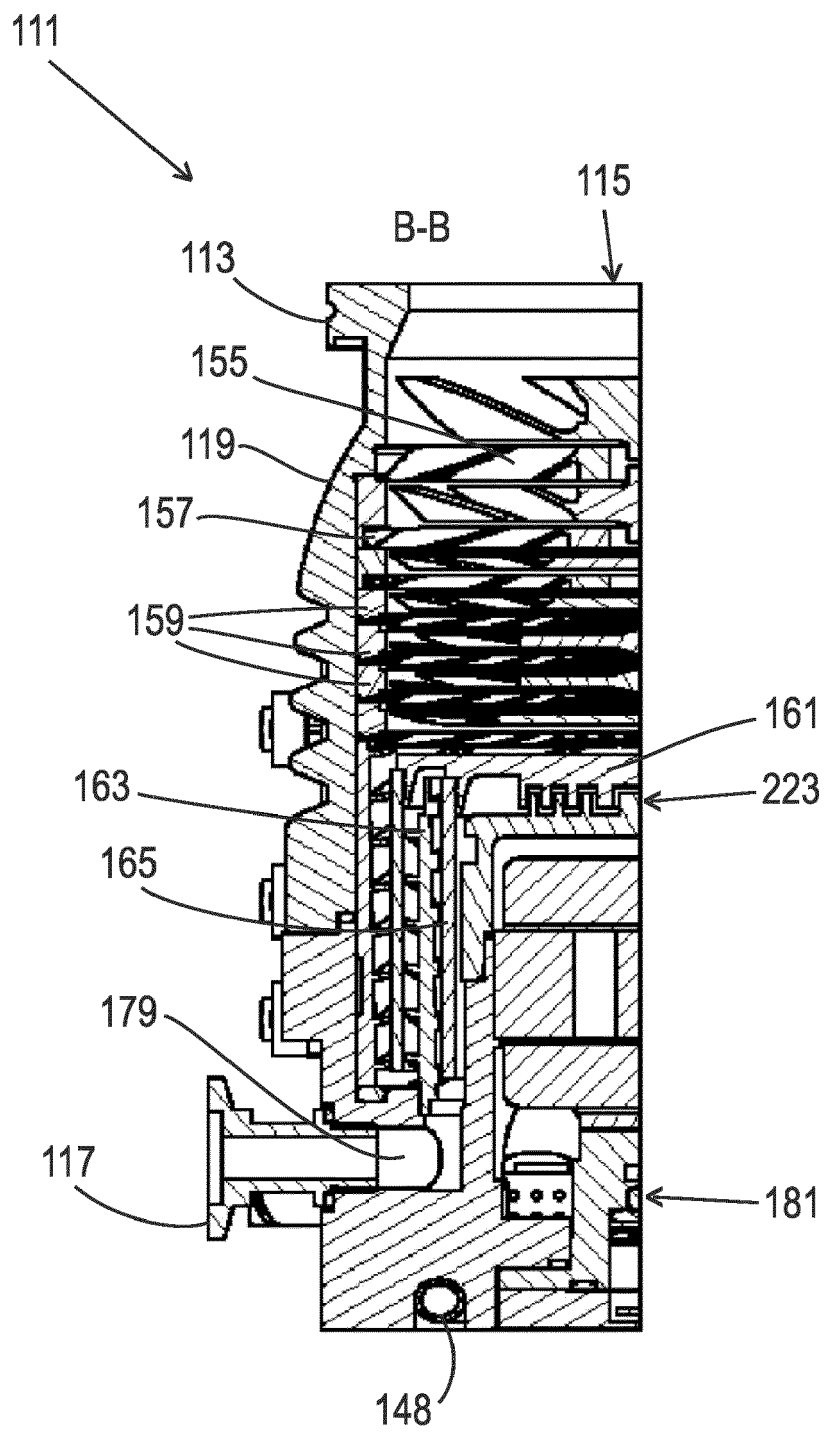


Fig. 4

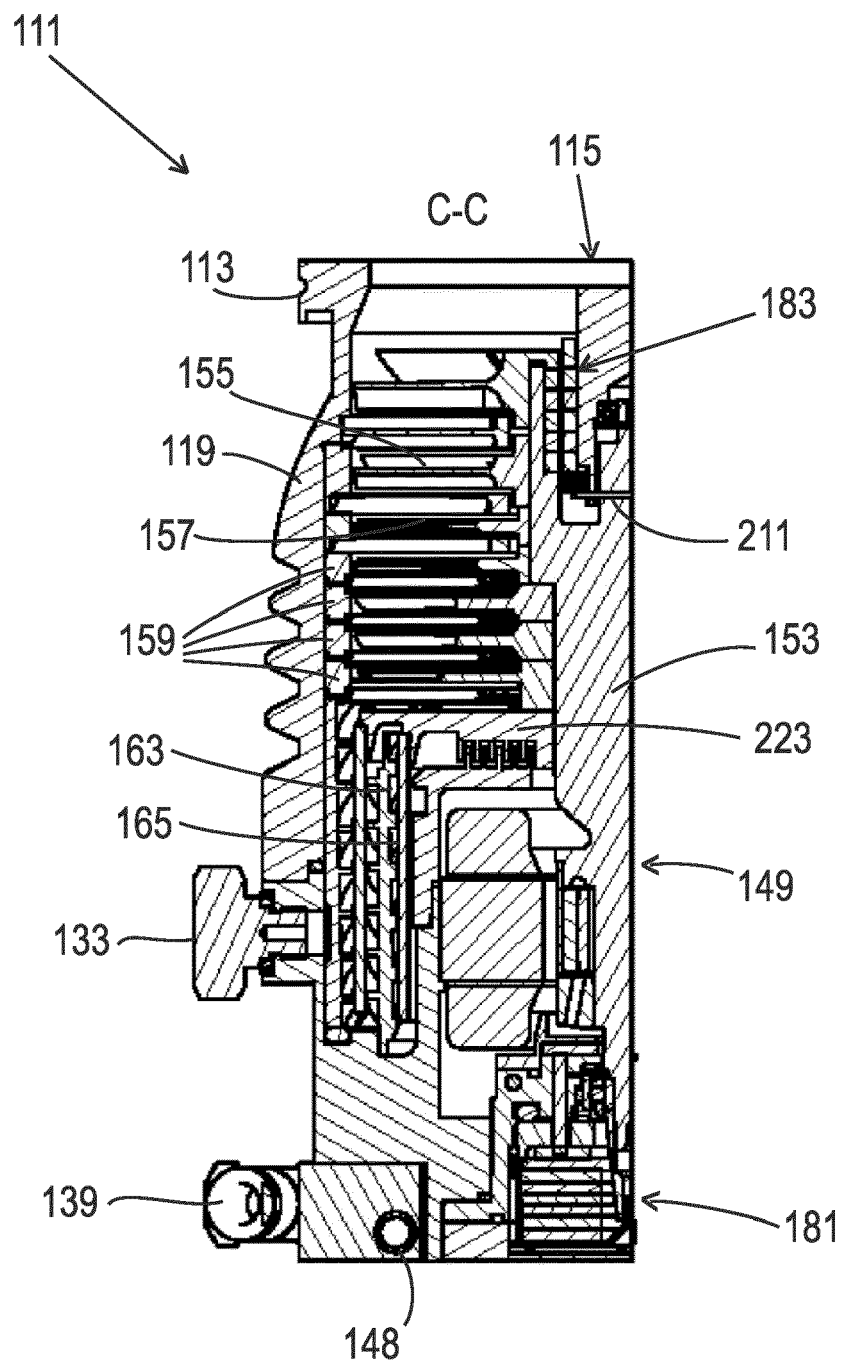


Fig. 5

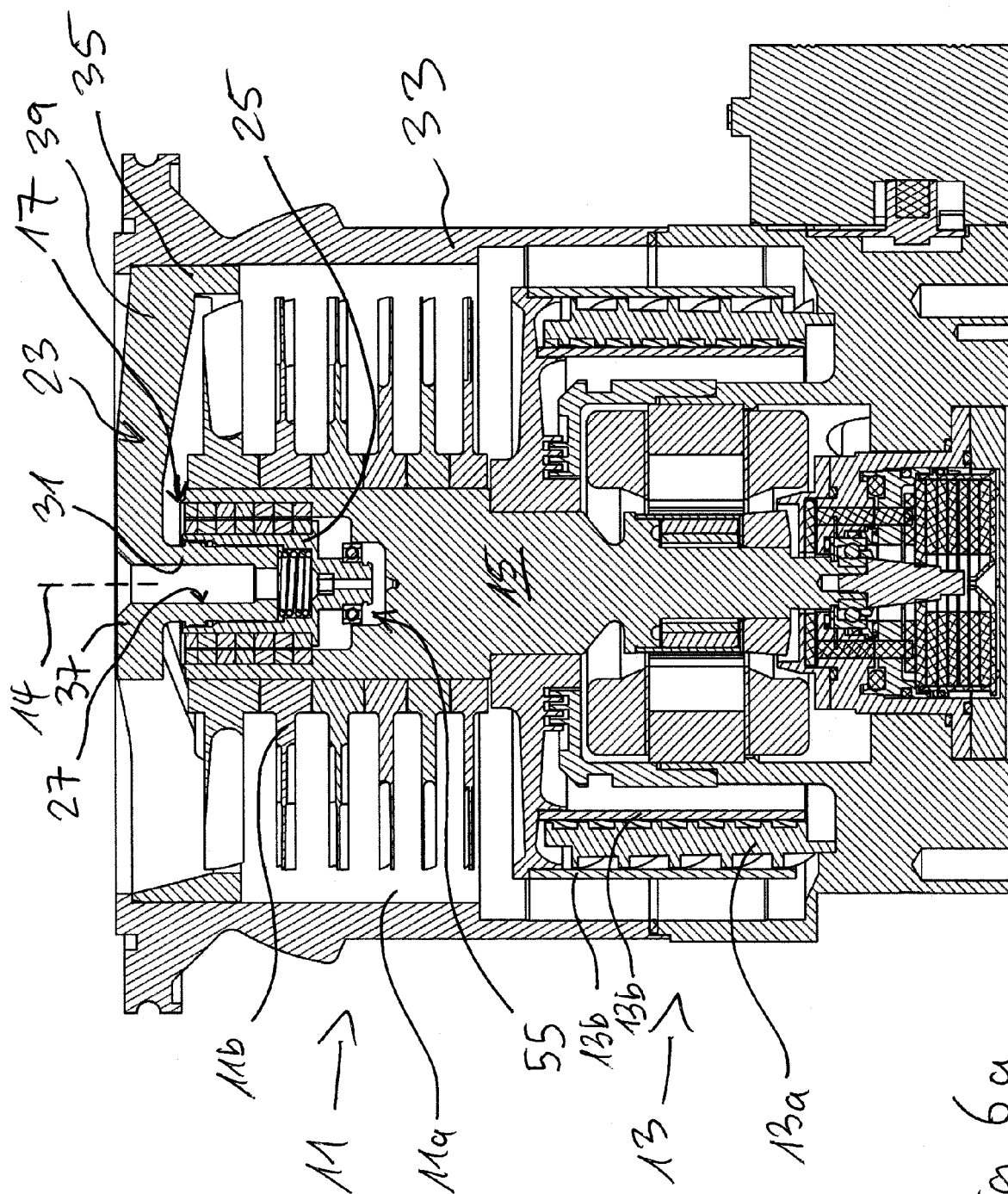
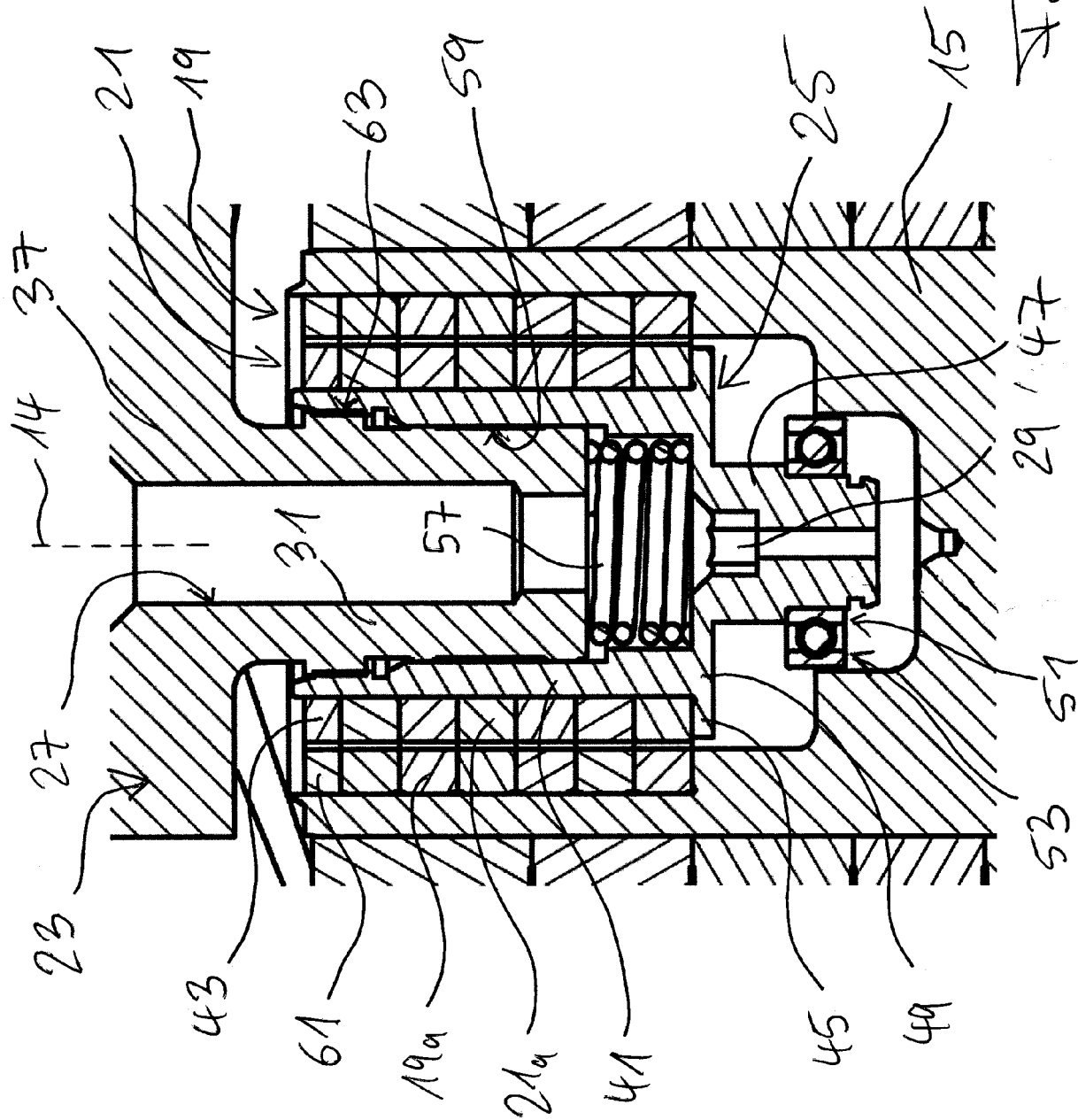


Fig. 6a



99

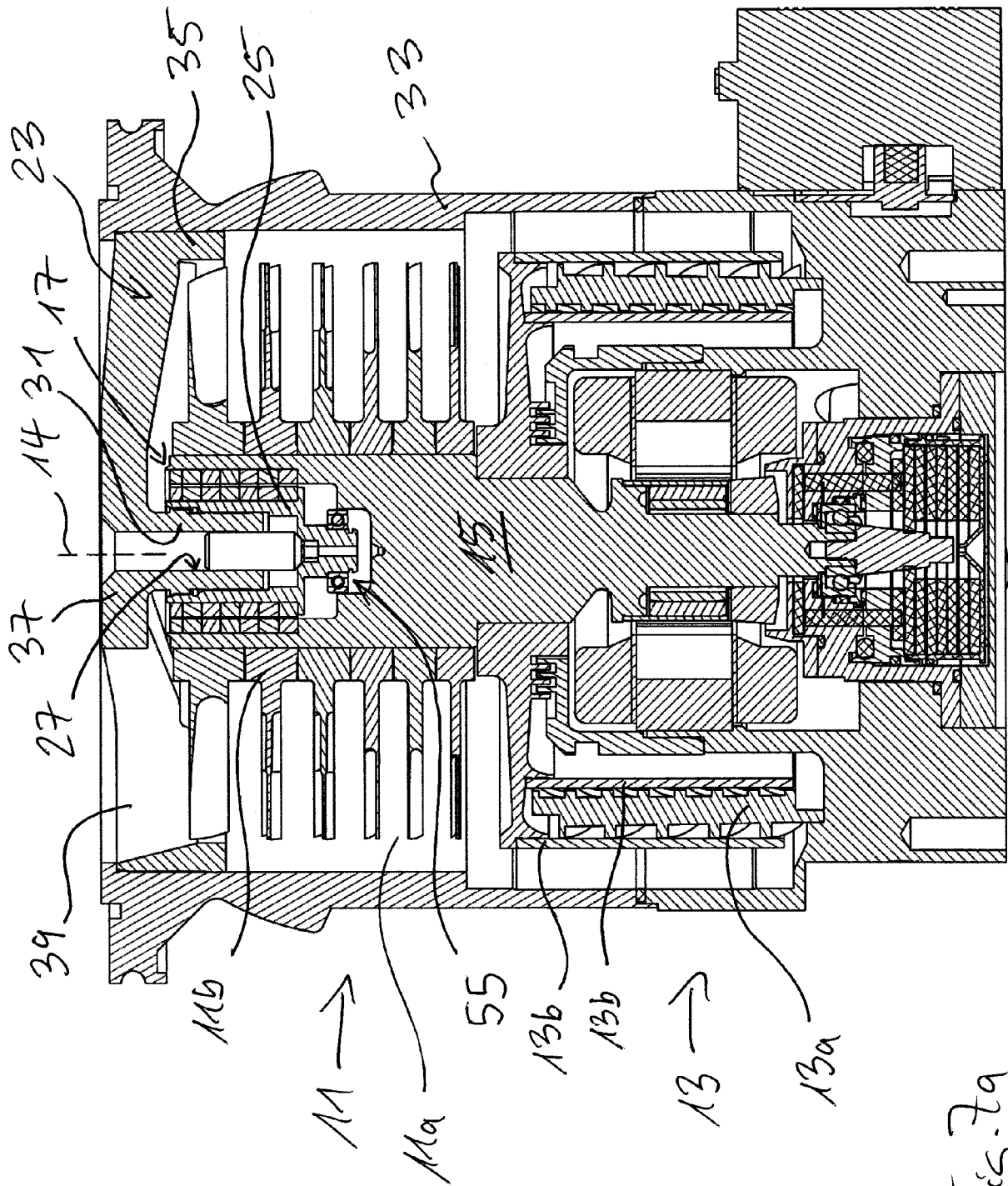
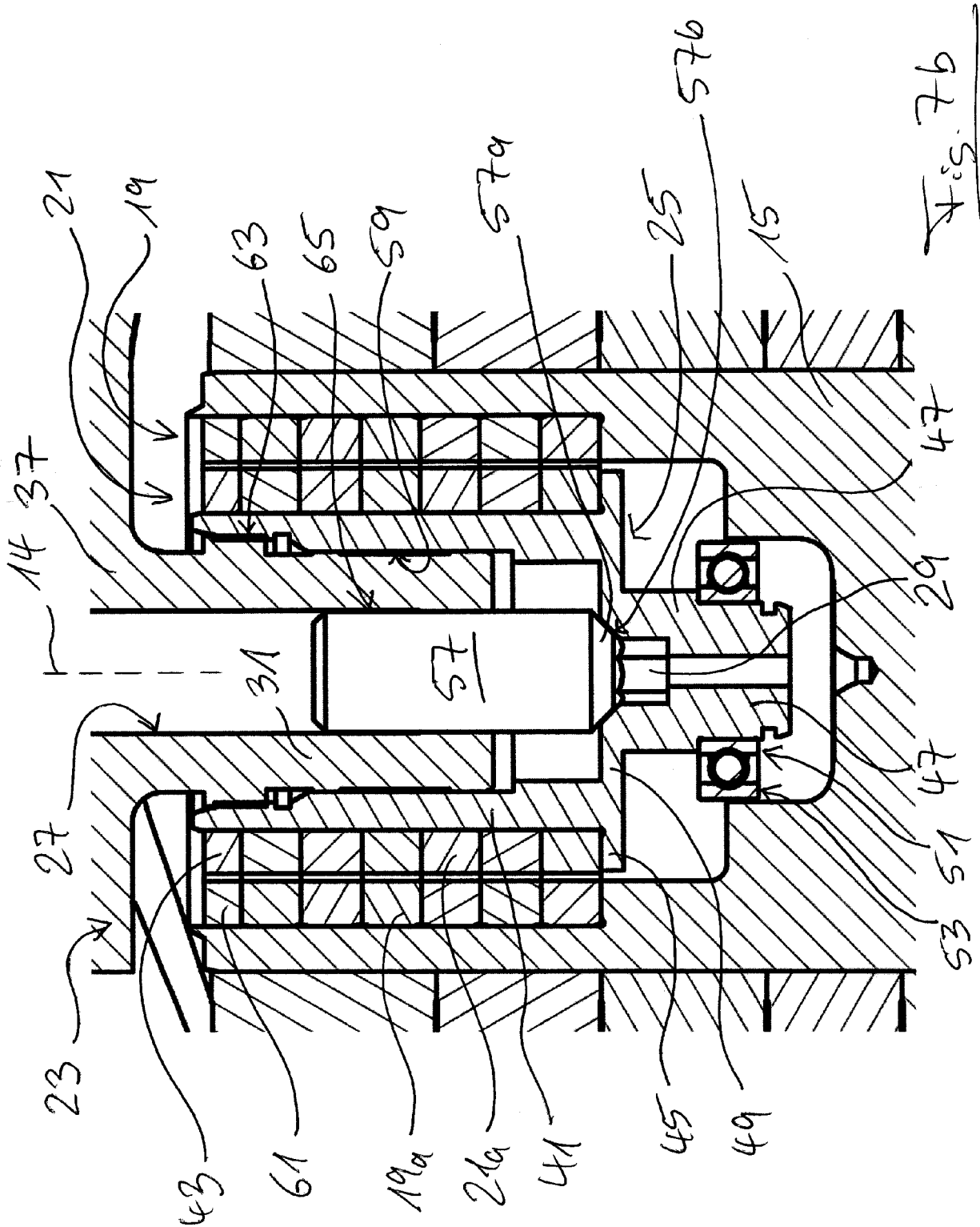


Fig. 7a



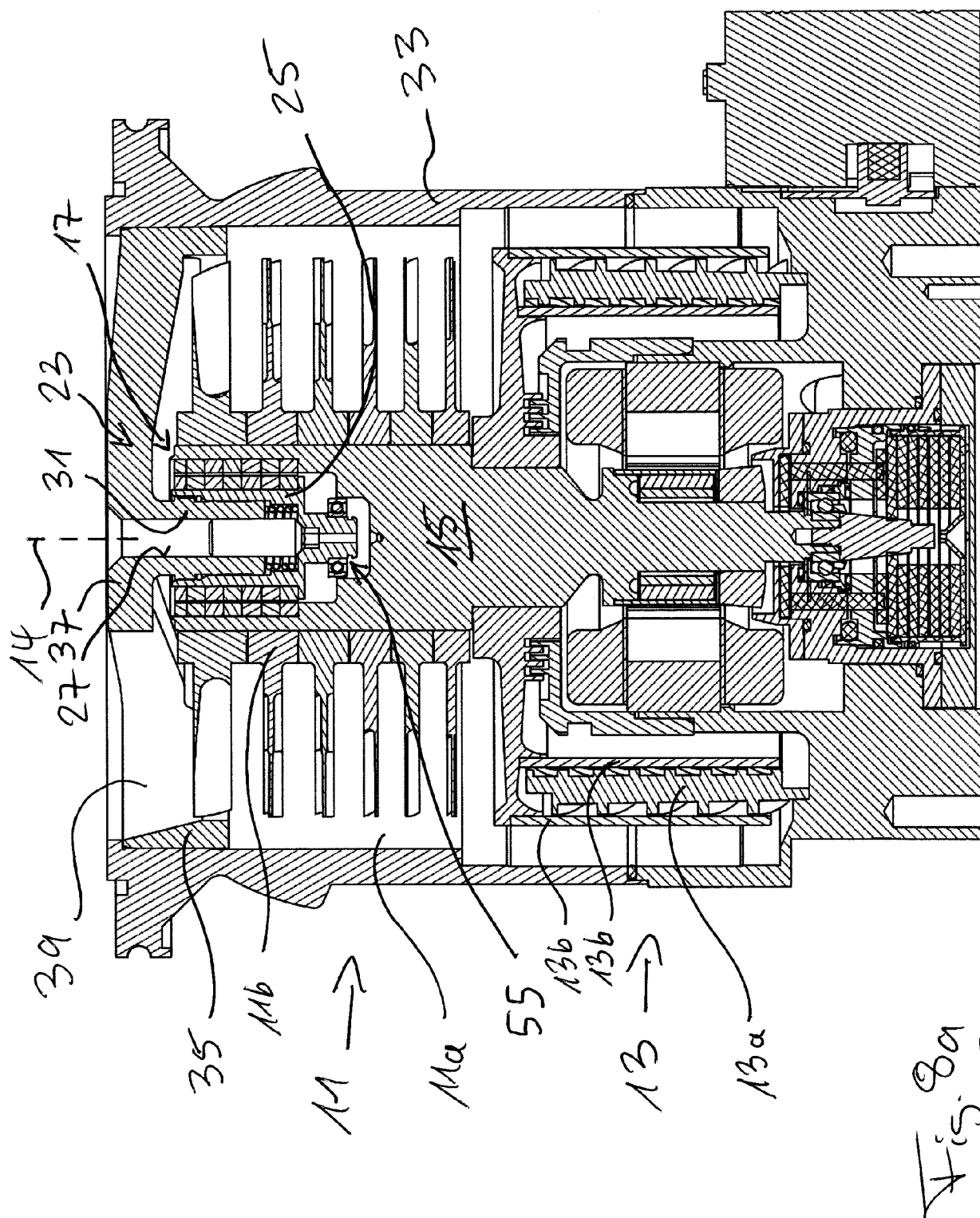
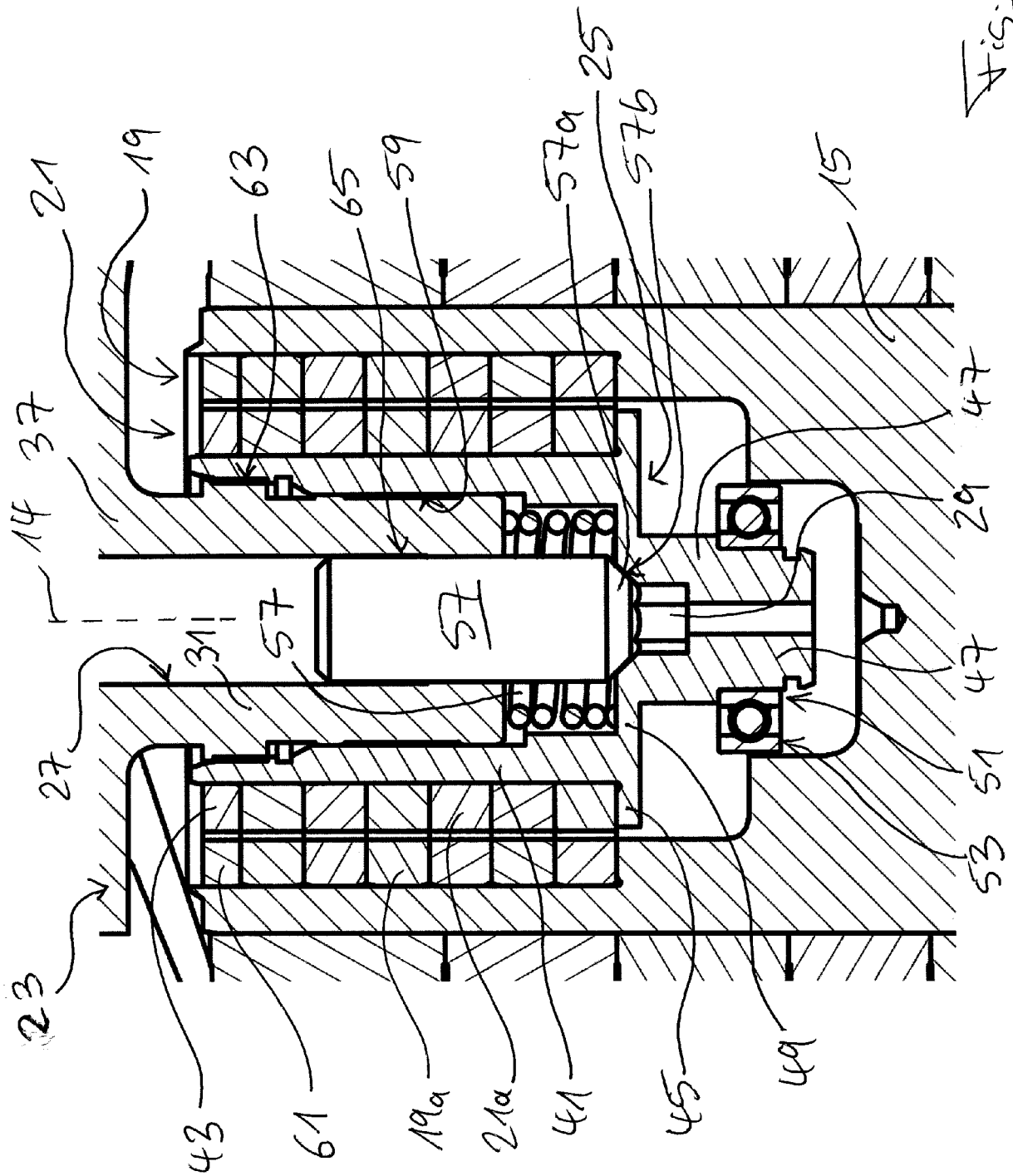


Fig. 8a



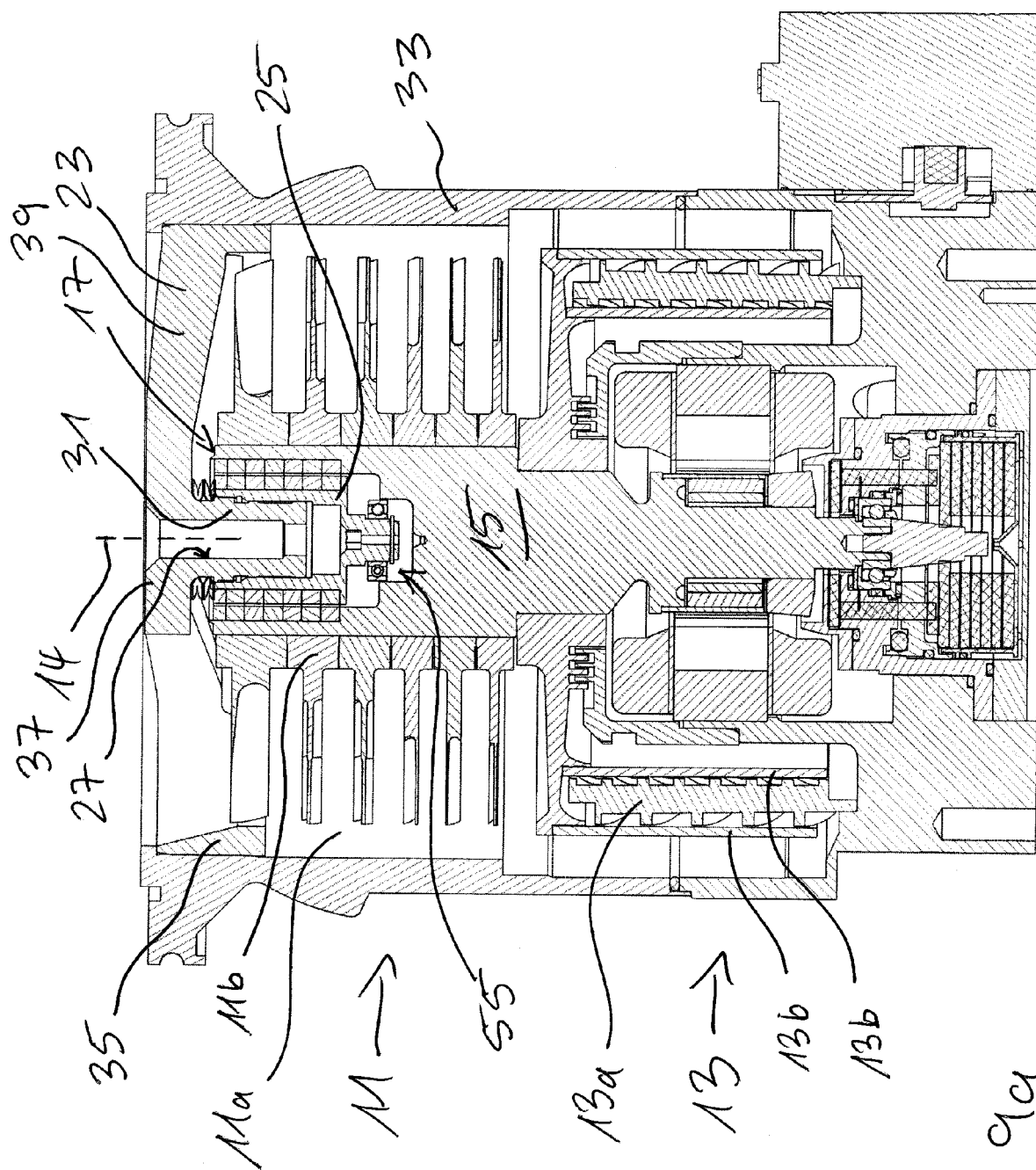
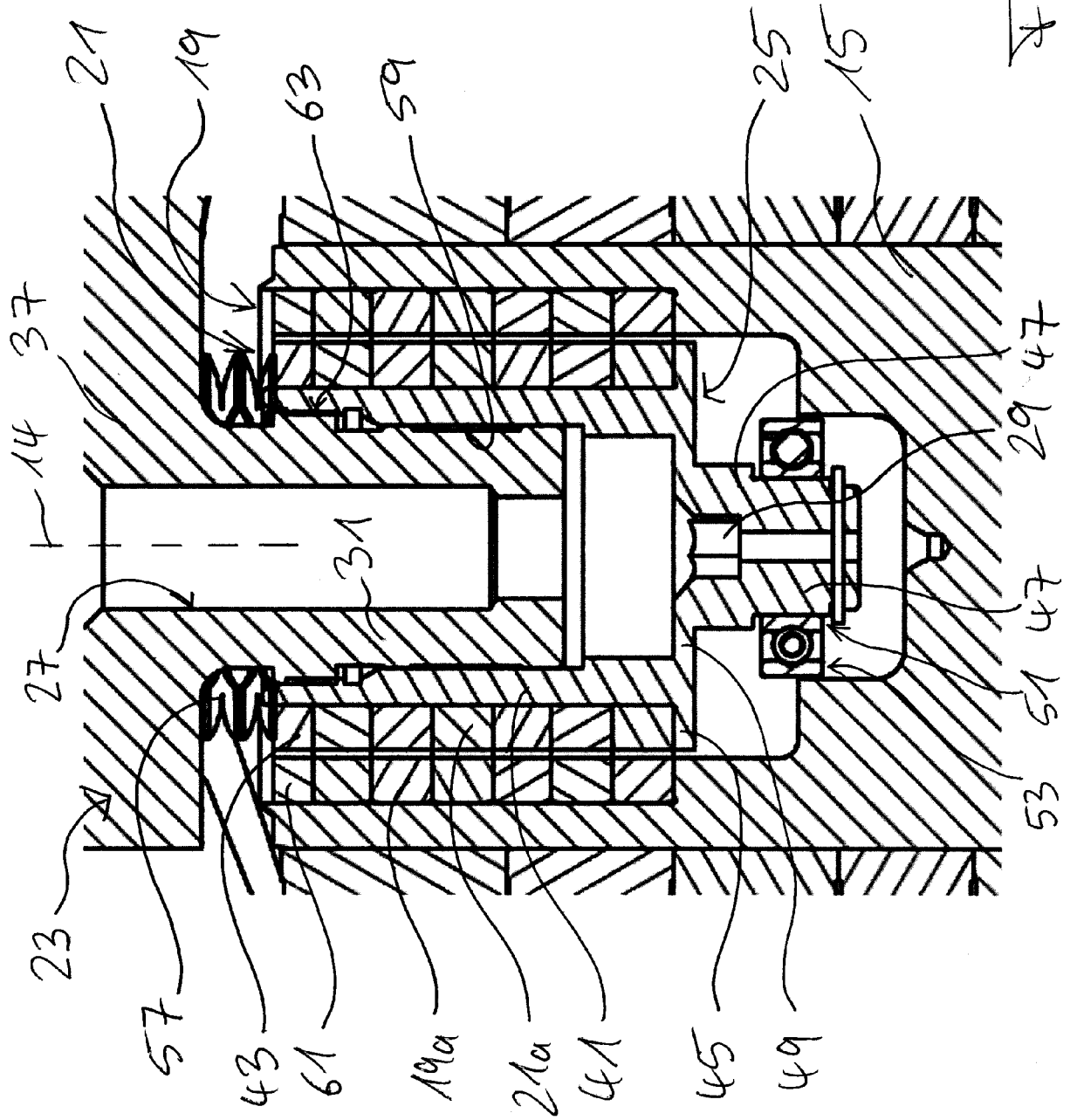
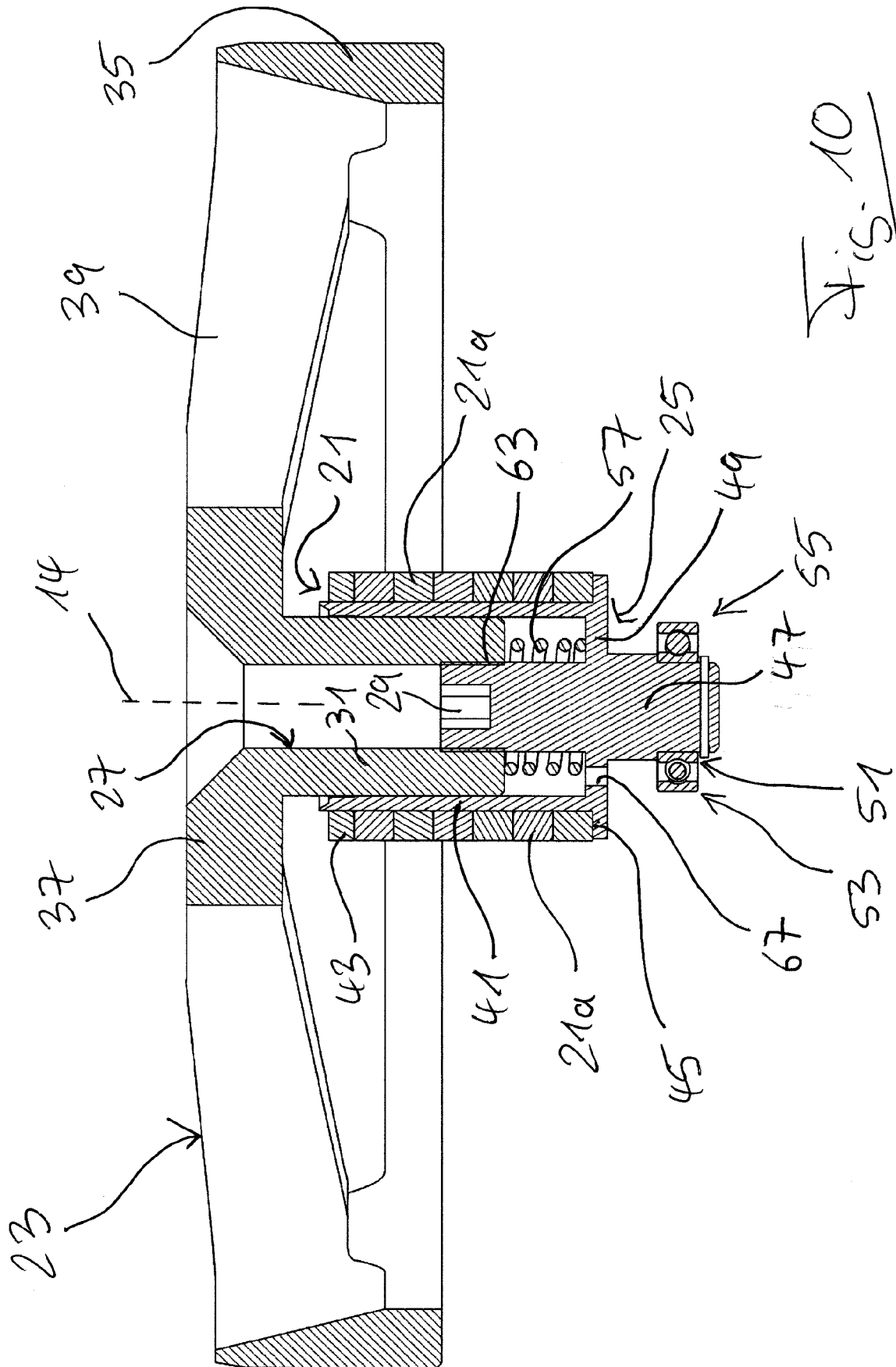


Fig. 9a







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 3059

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 018 373 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 11. Mai 2016 (2016-05-11)	1-8, 10-15	INV. F04D19/04
A	* Absatz [0050] - Absatz [0054] * * Abbildungen 1, 4, 5 *	9	F04D29/058 F04D29/64

X	US 2003/155830 A1 (BEYER CHRISTIAN [DE] ET AL) 21. August 2003 (2003-08-21)	1, 3, 7, 8, 11-13, 15	
A	* Absatz [0029] * * Abbildungen 3, 4 *	2, 4-6, 9, 10, 14	

X	EP 3 683 447 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 22. Juli 2020 (2020-07-22)	1, 7, 8, 11, 13, 15	
A	* Absatz [0065] - Absatz [0068] * * Absatz [0075] * * Abbildungen 6b-7a *	2-6, 9, 10, 12, 14	

X	US 2019/368499 A1 (HORLER RICHARD [GB]) 5. Dezember 2019 (2019-12-05)	1-3, 7, 8, 11-13, 15	
A	* Absatz [0025] * * Absatz [0039] * * Abbildungen 3, 9 *	4-6, 9, 10, 14	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D F16C
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		16. November 2022	Oliveira, Damien
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	

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

EP 22 19 3059

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

16-11-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3018373 A1	11-05-2016	DE 102014116241 A1	12-05-2016
		EP 3018373 A1	11-05-2016
		JP 6130889 B2	17-05-2017
		JP 2016089824 A	23-05-2016
US 2003155830 A1	21-08-2003	DE 10022061 A1	08-11-2001
		EP 1280997 A2	05-02-2003
		JP 2003532838 A	05-11-2003
		US 2003155830 A1	21-08-2003
		WO 0186151 A2	15-11-2001
EP 3683447 A1	22-07-2020	KEINE	
US 2019368499 A1	05-12-2019	EP 3545198 A1	02-10-2019
		GB 2556913 A	13-06-2018
		JP 7001688 B2	19-01-2022
		JP 2019535958 A	12-12-2019
		US 2019368499 A1	05-12-2019
		WO 2018096357 A1	31-05-2018

EPO FORM P0461

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