



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.05.2020 Patentblatt 2020/22

(51) Int Cl.:
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/52^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18207551.5**

(22) Anmeldetag: **21.11.2018**

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

(72) Erfinder: **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)

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

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

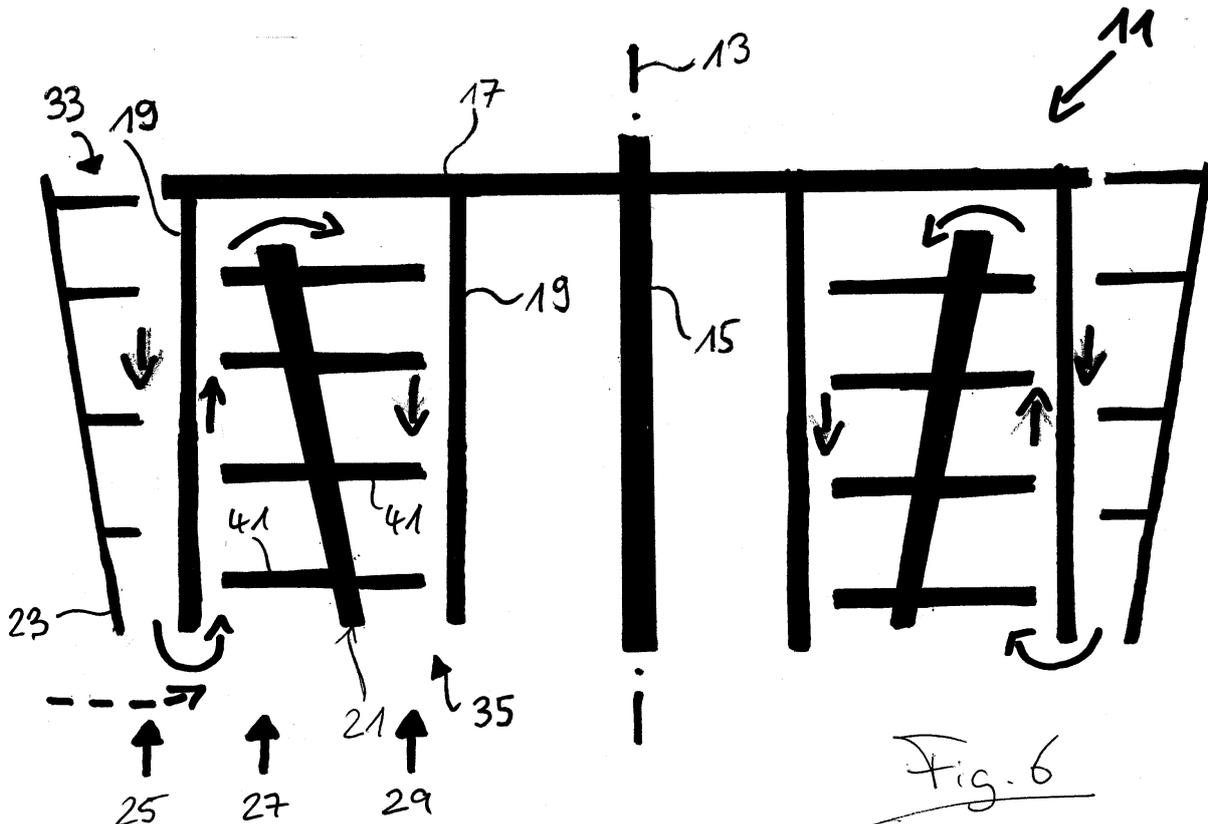
Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass, einem Auslass, und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass

aufeinanderfolgenden Holweckstufen, die jeweils ein Holweckgewinde und eine um die Rotationsachse rotierende Holweckhülse umfassen und bei denen die Steghöhe des Holweckgewindes jeweils in Pumprichtung abnimmt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass, einem Auslass, und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass aufeinanderfolgenden Holweckstufen.

[0002] Vakuumpumpen werden in verschiedenen Gebieten der Technik eingesetzt. Je nach Anforderung weisen die Vakuumpumpen eine oder mehrere Pumpstufen auf. Eine Holweck-Pumpstufe (hier auch einfach als Holweckstufe bezeichnet) gehört zur Gattung der Molekularvakuumpumpen und erzeugt durch die Drehung des Holweckrotors relativ zu dem Holweckstator eine molekulare Strömung. Eine Vakuumpumpe kann eine oder mehrere Holweckstufen umfassen, wobei mehrere Holweckstufen sowohl seriell als auch parallel zueinander pumpen können. Holweckstufen werden typischerweise in Turbomolekularvakuumpumpen eingesetzt und einer oder mehreren Turbomolekularpumpstufen nachgeschaltet.

[0003] Eine Holweckstufe umfasst einen Holweckrotor und einen Holweckstator, wobei der Holweckrotor eine Rotorwelle aufweist, an welcher mittels einer z.B. scheibenförmigen Holwecknabe eine oder mehrere Holweckhülsen (im Folgenden auch als Rotorhülsen bezeichnet) konzentrisch angebracht sind. Der Holweckstator ist mit einem ein- oder mehrgängigen Holweckgewinde versehen. Die zu fördernden Gasmoleküle werden durch die rotierende Bewegung des Holweckrotors relativ zum Holweckstator entlang der Gewindegänge von einem Einlass zu einem Auslass gefördert. Ein Gewindegang umfasst einen durch Wände eines Steges begrenzten umlaufenden Holweckkanal, in welchem die Gasmoleküle gefördert werden, wenn sich die Rotorhülse relativ zum Stator dreht. Um Rückströmungsverluste zu minimieren, muss die Weite des radialen Spaltes (Holweckspalt) zwischen der Oberseite des Steges und der Rotorhülse klein gehalten werden.

[0004] Es sind sogenannte "gefaltete" Holweck-Anordnungen bekannt, bei denen mehrere Holweckstufen konzentrisch ineinander angeordnet sind, so dass die Pumprichtungen von radial unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweckstufen einander entgegengesetzt sind. Zwei aufeinanderfolgende Holweckstufen, eine (radial) äußere Holweckstufe und eine (radial) innere Holweckstufe, können einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweckgewinde versehenen, im Folgenden auch als "doppelseitig" bezeichneten Holweckstator umfassen, der sich zwischen zwei Rotorhülsen befindet.

[0005] Ferner ist es grundsätzlich bekannt, sogenannte "konische" Holweckstufen vorzusehen, bei denen der Holweckstator derart ausgebildet ist, dass die Steghöhe in Pumprichtung abnimmt. Dies wird bei über die axiale Länge des Holweckstators auf einem konstanten Durchmesser liegenden Stegobereiten dadurch erreicht, dass der sogenannte Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung

zunimmt. Es hat sich gezeigt, dass derartige konische Holweckstufen verbesserte Pumpeigenschaften aufweisen.

[0006] Unter der Steghöhe an einer bestimmten Stelle in axialer Richtung soll im Rahmen der vorliegenden Offenbarung die halbe Differenz zwischen dem Nenndurchmesser des Holweckgewindes und dessen Nutgrunddurchmesser an dieser Stelle zu verstehen sein. Folglich ist die Steghöhe gleich der Gewindetiefe an der betreffenden Stelle.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Pumpeigenschaften einer Vakuumpumpe der eingangs genannten Art zu optimieren, ohne andere Eigenschaften der Vakuumpumpe wie insbesondere die mechanische Stabilität, insbesondere die Stabilität der Holweckstufen, negativ zu beeinflussen.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Holweckstufen jeweils ein Holweckgewinde und eine um die Rotationsachse rotierende Holweckhülse umfassen, und dass bei den Holweckstufen die Steghöhe des Holweckgewindes jeweils in Pumprichtung abnimmt.

[0010] Der Erfindung liegt der allgemeine Gedanke zugrunde, in wenigstens zwei aufeinander folgenden Holweckstufen die Steghöhe nicht konstant zu belassen. Beispielsweise können zumindest zwei entweder jeweils einen eigenen Holweckstator oder einen gemeinsamen Holweckstator aufweisende Holweckstufen aufeinander folgen, die jeweils konisch ausgebildet sind.

[0011] Es hat sich überraschend gezeigt, dass diese Maßnahme verbesserte Pumpeigenschaften mit sich bringt, ohne zu einer inakzeptablen Beeinträchtigung der Stabilität der Holweckanordnung zu führen.

[0012] Durch die Erfindung kann folglich die Pumpleistung einer Holweckanordnung bei weiterhin ausreichender mechanischer Stabilität verbessert werden.

[0013] Wenn die Vakuumpumpe keine der Holweckanordnung vorgeschaltete weitere Pumpstufe aufweist, handelt es sich bei dem Einlass der Holweckanordnung um den eigentlichen Einlass der Vakuumpumpe. Andernfalls, wenn z.B. gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eine Turbomolekularpumpstufe (im Folgenden auch einfach Turbostufe) vorgeschaltet ist, dann befindet sich der Einlass der Holweckanordnung stromabwärts des Auslasses der Turbostufe. Unabhängig davon können den konzentrischen Holweckstufen eine oder mehrere weitere Holweckstufen vorgeschaltet und/oder nachgeschaltet sein.

[0014] Bei einer möglichen Ausgestaltung der Erfindung können drei oder mehr konzentrisch angeordnete Holweckstufen mit jeweils in Pumprichtung abnehmender Steghöhe vorgesehen sein. Zwei aufeinander folgende Holweckstufen können einen gemeinsamen Holweckstator aufweisen. Auf eine derartige spezielle Ausgestaltung wird nachstehend näher eingegangen.

[0015] Die Holweckstufen können sich an eine Turbostufe anschließen.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass zwei aufeinander folgende Holweckstufen einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweckgewinde versehenen Holweckstator und jeweils eine um die Rotationsachse rotierende Holweckhülse umfassen, wobei sowohl auf der Außenseite des Holweckstators als auch auf der Innenseite des Holweckstators die Steghöhe des Holweckgewindes jeweils in Pumprichtung abnimmt.

[0017] Es hat sich überraschend gezeigt, dass diese Maßnahme zum einen verbesserte Pumpeigenschaften mit sich bringt und zum anderen selbst bei unveränderter Breite des von den beiden Rotorhülsen begrenzten Ringraumes nicht zu einer inakzeptablen Beeinträchtigung der Stabilität des gemeinsamen Holweckstators führt.

[0018] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung schließen sich an eine Turbostufe drei konzentrisch angeordnete Holweckstufen mit jeweils in Pumprichtung abnehmender Steghöhe an, wobei die in Pumprichtung letzten beiden Holweckstufen den gemeinsamen Holweckstator aufweisen. Zwischen der äußeren Holweckstufe dieser beiden Holweckstufen und der in Pumprichtung ersten Holweckstufe kann die Vakuumpumpe einen Zwischeneinlass aufweisen, der direkt dem Einlass der äußeren Holweckstufe zugeordnet ist. Eine derartige Anordnung kann insbesondere bei sogenannten Split-Flow-Vakuumpumpen zum Einsatz kommen, die dem Fachmann grundsätzlich bekannt sind und hier nicht näher erläutert zu werden brauchen.

[0019] Generell ist der Vollständigkeit halber zu erwähnen, dass sich während des Betriebs der Pumpe die Größe des Holweckspaltes aufgrund der auf die sich drehende Rotorhülse auswirkenden Zentrifugalkraft geringfügig ändern kann. Das Ausmaß der Änderung kann von der axialen Position abhängig sein, d.h. eine bei stehender Rotorhülse in axialer Richtung konstante Breite des Holweckspaltes kann während des Betriebs in axialer Richtung variieren.

[0020] Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind auch in den abhängigen Ansprüchen, der folgenden Beschreibung und den Figuren angegeben.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform weist die Außenseite des Holweckstators einen äußeren Nutgrunddurchmesser auf, welcher in Pumprichtung zunimmt.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Innenseite des Holweckstators einen inneren Nutgrunddurchmesser auf, welcher in Pumprichtung abnimmt.

[0023] Bevorzugt nimmt der äußere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung zu und der innere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung ab.

[0024] Auf diese Weise lassen sich jeweils in Pumprichtung abnehmende Steghöhen der Holweckgewinde in Verbindung mit zylindrischen Holweckhülsen erzielen.

[0025] Unter dem Nutgrunddurchmesser ist hierbei der auf den Grund des jeweiligen Holweckkanals bezogene Durchmesser des Holweckstators an der jeweiligen axi-

alen Stelle (nachfolgend auch "lokal") zu verstehen. Mit anderen Worten ist der Nutgrunddurchmesser an der Außenseite des Holweckstators der lokal kleinste Durchmesser und auf der Innenseite des Holweckstators der lokal größte Durchmesser.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung ist der einlassseitige Nutgrunddurchmesser an der Außenseite des Holweckstators kleiner als der einlassseitige Nutgrunddurchmesser an der Innenseite des Holweckstators.

[0027] Mit anderen Worten ist der Nutgrund der äußeren Holweckstufe an deren Einlass näher an der Rotationsachse gelegen als der einlassseitige Nutgrund der inneren Holweckstufe. Mit einer derartigen Formgebung des Holweckstators lässt sich eine besonders hohe Pumpleistung erzielen. Insbesondere lassen sich hierdurch jeweils einlassseitig vergleichsweise große Steghöhen erreichen.

[0028] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind ein durch den Nutgrund des äußeren Holweckgewindes definierter (äußerer) Konizitätswinkel und ein durch den Nutgrund des inneren Holweckgewindes definierter (innerer) Konizitätswinkel voneinander verschieden. Bevorzugt ist der äußere Konizitätswinkel größer als der innere Konizitätswinkel.

[0029] Die nachfolgenden konkreten Werte und Verhältnisse beziehen sich auf einen Holweckstator mit einer axialen Baulänge von 50mm, können aber bei einer anderen axialen Baulänge ebenfalls innerhalb der jeweils angegebenen Wertebereiche liegen. Ein bevorzugter Wert für die Größe des Holweckspaltes ist 0,3mm.

[0030] Der äußere Konizitätswinkel kann zwischen 5 und 15°, bevorzugt zwischen 8° und 10° und insbesondere bei etwa 9,1° liegen.

[0031] Der innere Konizitätswinkel kann zwischen 1° und 5°, bevorzugt zwischen 2° und 4° und insbesondere bei etwa 3,1° liegen.

[0032] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist am äußeren Holweckgewinde einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,1, bevorzugt größer als 0,15, und insbesondere etwa 0,19.

[0033] Ferner kann vorgesehen sein, dass am inneren Holweckgewinde einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,4, bevorzugt größer als 0,6, und insbesondere etwa 0,8 ist.

[0034] Relativ große einlassseitige Steghöhen können eine ausreichende Stabilität des Holweckstators bei gleichzeitig relativ geringer Wandstärke des Holweckstators sicherstellen.

[0035] Bei der (lokalen) Wandstärke des Holweckstators handelt es sich um die Hälfte der Differenz zwischen dem äußeren Nutgrunddurchmesser und dem inneren Nutgrunddurchmesser an der betreffenden axialen Stelle.

[0036] Gemäß einer Weiterbildung ist am äußeren Holweckgewinde das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe zu auslassseitiger Steghöhe kleiner als 0,1,

bevorzugt kleiner als 0,25, und insbesondere etwa 0,23.

[0037] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass am inneren Holweckgewinde das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe zu auslassseitiger Steghöhe kleiner als 0,5, bevorzugt kleiner als 0,4 und insbesondere etwa 0,36 ist.

[0038] Es hat sich gezeigt, dass die vorstehend genannten Ausgestaltungen jeweils für sich genommen und auch in beliebiger Kombination zu besonders guten Pumpleistungen der Holweckanordnung führen, ohne die Stabilität des doppelseitigen Holweckstators zu beeinträchtigen.

[0039] Gemäß einer Ausführungsform weist der Holweckstator entlang seiner axialen Erstreckung eine konstante Wandstärke auf.

[0040] Bei konstanter Wandstärke ist der äußere Konizitätswinkel gleich dem inneren Konizitätswinkel.

[0041] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Holweckstator entlang seiner axialen Erstreckung, insbesondere in Pumprichtung der äußeren Holweckstufe, eine zunehmende Wandstärke auf, wobei bevorzugt die Wandstärke stetig zunimmt.

[0042] Die zunehmende Wandstärke geht mit unterschiedlichen Konizitätswinkeln der beiden Holweckstufen einher. An die beiden Holweckstufen können unterschiedliche Anforderungen gestellt werden. Hierfür können außen und innen unterschiedliche Holweckgewinde ausgebildet werden. Dass die Wandstärke in Pumprichtung der äußeren Holweckstufe zunimmt, bedeutet, dass der Konizitätswinkel des äußeren Holweckgewindes größer ist als der Konizitätswinkel des inneren Holweckgewindes.

[0043] Bei einer Weiterbildung ist die Wandstärke des Holweckstators im Bereich maximaler Steghöhe minimal.

[0044] Es wurde erkannt, dass die Steghöhe zur Stabilität des Holweckstators beitragen kann, so dass im Bereich relativ großer Steghöhen vergleichsweise geringe Wandstärken vorhanden sein können.

[0045] Bevorzugt beträgt die minimale Wandstärke des Holweckstators weniger als 2 mm, bevorzugt weniger als 1,5 mm und insbesondere bevorzugt etwa 1 mm.

[0046] Gemäß einer Ausführungsform ist der Holweckstator aus Aluminium gefertigt.

[0047] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Holweckstator integral gefertigt, insbesondere aus einem Stück gefräst.

[0048] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer nicht erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe,

Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,

Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe

längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,

Fig. 6 schematisch einen Längsschnitt durch eine Holweckanordnung mit drei Holweckstufen und einem doppelseitigen Holweckstator,

Fig. 7 eine Detailansicht von Fig. 6,

Fig. 8 in einem Längsschnitt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Holweckstators.

[0049] 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.

[0050] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z.B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125. Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0051] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, gebracht werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann.

[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.

[0053] 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.

[0054] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0055] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelan-schlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0056] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozess-gaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-las 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpen-auslass 117.

[0057] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 ange-ordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0058] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst meh-rere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete tur-bomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotor-welle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Da-bei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pump-stufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0059] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radi-aler Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in ra-dialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotations-achse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0060] 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 Au-ßenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenü-ber 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 in-neren Holweck-Pumpstufe.

[0061] 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-Stator-hülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Da-durch 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.

[0062] Die vorstehend genannten pumpaktiven Ober-flächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 weisen je-weils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0063] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslas-ses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0064] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Ro-torwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurch-messer vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit min-destens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher um-fasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Schei-ben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0065] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Be-triebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebs-mittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifu-galkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des grö-ßer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 92

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.

[0066] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0067] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, da eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0068] 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.

[0069] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0070] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 137 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0071] Eine erfindungsgemäße Holweckanordnung, wie sie nachfolgend anhand der Fig. 6 bis 8 beschrieben wird, kann insbesondere in einer Vakuumpumpe gemäß den Fig. 1 bis 5 eingesetzt werden.

[0072] Die Fig. 6 und 7 zeigen nur die Holweckanordnung einer Vakuumpumpe 11, beispielsweise einer Turbomolekularpumpe, mit drei nachstehend jeweils auch einfach als Pumpstufe bezeichneten Holweckstufen. Die Vakuumpumpe umfasst eine um eine Rotationsachse 13 drehbar gelagerte Rotorwelle 15. An der Rotorwelle 15 ist eine Rotornabe 17 angeordnet, welche zwei zylindrische Rotorhülsen 19 trägt.

[0073] Des Weiteren sind zwei Holweckstatoren 21, 23 vorgesehen. Der innenliegende, zwischen den beiden Rotorhülsen 19 positionierte Holweckstator 21 ist in erfindungsgemäßer Weise doppelseitig ausgebildet, d.h. beidseitig mit einem Holweckgewinde 37, 39 versehen (Fig. 7). Radial außerhalb der äußeren Rotorhülse 19 ist der äußere Holweckstator 23 angeordnet, der z.B. von dem Pumpengehäuse gebildet werden kann. Der äußere Holweckstator 23 und die äußere Rotorhülse 19 bilden eine erste Holweckstufe 25. Die äußere Rotorhülse 19 bildet zusätzlich mit dem inneren Holweckstator 21, genauer gesagt mit dessen Außenseite, eine zweite Pumpstufe 27, die hier auch als äußere Pump- oder Holweckstufe bezeichnet wird. Die innere Rotorhülse 19 und die Innenseite des Holweckstators 21 bilden eine dritte Pumpstufe 29, die hier auch als innere Pump- oder Holweckstufe bezeichnet wird. Pfeile zeigen die Pumprich-

tung und damit die Förderrichtung der in den Holweckstufen 25, 27, 29 geförderten Gasmoleküle an.

[0074] Die Pumprichtung verläuft dabei von einem Einlass 33 der Holweckanordnung 25, 27, 29 zu einem Auslass 35 der Pumpstufe 25, 27, 29. Wie im Einleitungsteil erwähnt, kann die Vakuumpumpe einen nicht dargestellten Zwischeneinlass aufweisen, der direkt dem Einlass der äußeren Holweckstufe zugeordnet ist. Dieser Zwischeneinlass kann beispielsweise ein "Splitflow"-Einlass sein, von dem zu fördernde Gasmoleküle - wie in Fig. 6 durch eine gestrichelte Linie angedeutet - zum Einlass der äußeren Holweckstufe 27 strömen können.

[0075] Der erfindungsgemäße Holweckstator 21 wird anhand der Fig. 7 genauer beschrieben.

[0076] Fig. 7 ist eine Detailansicht der Fig. 6. Dargestellt ist ein Schnitt entlang der Rotationsachse 13 durch eine Hälfte der Holweckanordnung.

[0077] Die durch Pfeile veranschaulichte Pumprichtung verläuft bei der äußeren Holweckstufe 27 von deren Einlass zu deren Auslass. Der Auslass der äußeren Holweckstufe 27 befindet sich folglich an der Außenseite des Holweckstators 21. An deren Auslass schließt sich der Einlass der inneren Holweckstufe 29 an. Der Einlass befindet sich demnach an der Innenseite des Holweckstators 21. Die Pumprichtung verläuft von diesem Einlass zu dem Auslass der inneren Holweckstufe 29.

[0078] Der Holweckstator 21 weist ein äußeres Gewinde 37 und ein inneres Gewinde 39 auf. Die Stege 41 der Gewinde 37, 39 besitzen jeweils eine in Pumprichtung abnehmende Steghöhe 43, d.h. die Gewindetiefe nimmt ab, wobei die Stegobenseite sowohl außen als auch innen auf einem Kreiszylinder um die Rotationsachse 13 liegt, um einen konstanten Holweckspalt 47 mit der jeweiligen Rotorhülse 19 zu bilden. Dies wird durch eine konische Form des Holweckstators 21 sowohl auf der Innenseite als auch auf der Außenseite erreicht, wobei der Konizitätswinkel auf der Außenseite größer ist als auf der Innenseite.

[0079] Wie eingangs bereits erwähnt, kann sich während des Betriebs der Pumpe die Größe der Holweckspaltes 47 aufgrund der wirksamen Zentrifugalkraft geringfügig ändern.

[0080] Die Konizitätswinkel sind in Fig. 6 und 7 lediglich zur Veranschaulichung übertrieben groß dargestellt und betragen in konkreten Ausführungsformen (vgl. auch Fig. 8) vorzugsweise nicht mehr als 10° .

[0081] Aufgrund der unterschiedlich großen Konizitätswinkel ist die Wandstärke des Holweckstators 21 nicht konstant. Hier nimmt die Wandstärke des Holweckstators 21 in Pumprichtung der äußeren Pumpstufe 27 zu. Mit anderen Worten ist die Wandstärke am Einlass der äußeren Pumpstufe 27 und somit am Auslass der inneren Pumpstufe 29 minimal und kleiner als am Auslass der äußeren Pumpstufe 27 und somit am Einlass der inneren Pumpstufe 29.

[0082] Fig. 8 zeigt in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse 13 eine mögliche konkrete Ausführungsform eines Holweckstators 21. Der Holweckstator 21

weist eine Innenseite mit einem inneren Holweckgewinde und eine Außenseite mit einem äußeren Holweckgewinde auf. Pfeile veranschaulichen wiederum die Pumprichtung der jeweiligen Pumpstufe.

[0083] Die Geometrie des Holweckstators 21 gemäß Fig. 8 entspricht qualitativ jener des in Fig. 7 schematisch, nicht maßstabsgerecht dargestellten Holweckstators 21. Die Wandstärke des Holweckstators 21 nimmt folglich wiederum in Pumprichtung der äußeren Pumpstufe zu und in Pumprichtung der inneren Pumpstufe ab, während die Höhe der jeweils mit ihrer Oberseite auf einem Kreiszylinder um die Rotationsachse 13 liegenden Stege 41 sowohl in Pumprichtung der äußeren Pumpstufe 27 als auch in Pumprichtung der inneren Pumpstufe 29 abnimmt.

[0084] Die Konizität der beiden Pumpstufen ist jeweils durch den Nutgrund 53, 55 definiert, d.h. durch den jeweiligen Nutgrund 53, 55 ist - wie in Fig. 8 gezeigt - ein Konus mit einem Konizitätswinkel festgelegt, wobei sich der Konizitätswinkel α_a auf den äußeren Nutgrund 53 und der Konizitätswinkel α_i auf den inneren Nutgrund 55 bezieht. Der Konizitätswinkel α_a ist größer als der Konizitätswinkel α_i , woraus die sich verändernde Wandstärke resultiert. Wären die beiden Konizitätswinkel α_a , α_i gleich groß, ergäbe sich eine konstante Wandstärke. Ein solcher Holweckstator 21 wäre ebenfalls in erfindungsgemäßer Weise beidseitig konisch ausgebildet.

[0085] Der äußere Nutgrunddurchmesser am Einlass der äußeren Pumpstufe ist in Fig. 8 mit NGDAE, der äußere Nutgrunddurchmesser am Auslass der äußeren Pumpstufe mit NGDAA, der innere Nutgrunddurchmesser am Einlass der inneren Pumpstufe mit NGDIE und der innere Nutgrunddurchmesser am Auslass der inneren Pumpstufe mit NGDIA bezeichnet. Die axialen Lagen der Einlässe und Auslässe sind hier durch das jeweilige axiale Ende des Holweckstators definiert. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist NGDAE geringfügig kleiner als NGDIE. Es sind aber auch Ausführungsformen mit NGDAE > NGDIE oder mit NGDAE = NGDIE möglich.

Bezugszeichenliste

| | |
|---------------|---------------------------------|
| [0086] | |
| 45 | 11 Vakuumpumpe |
| | 13 Rotationsachse |
| | 15 Rotorwelle |
| | 17 Holwecknabe |
| | 19 Holweckhülse |
| 50 | 21 doppelseitiger Holweckstator |
| | 23 äußerer Holweckstator |
| | 25 erste Holweckstufe |
| | 27 zweite, äußere Holweckstufe |
| | 29 dritte, innere Holweckstufe |
| 55 | 33 Einlass |
| | 35 Auslass |
| | 37 äußeres Holweckgewinde |
| | 39 inneres Holweckgewinde |

41 Steg
 43 Steghöhe
 47 Holweckspalt
 53 äußerer Nutgrund
 55 innerer Nutgrund
 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
 5
 α_i innerer Konizitätswinkel
 α_a äußerer Konizitätswinkel
 NGDAE äußerer Nutgrunddurchmesser am Einlass
 NGDAA äußerer Nutgrunddurchmesser am Auslass
 10 NGDIE innerer Nutgrunddurchmesser am Einlass
 NGDIA innerer Nutgrunddurchmesser am Auslass

Patentansprüche

- 15
1. Vakuumpumpe (11), insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass (33), einem Auslass (35), und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse (13) konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass (33) und dem Auslass (35) aufeinander folgenden Holweckstufen (25, 27, 29), die jeweils ein Holweckgewinde (37, 39) und eine um die Rotationsachse (13) rotierende Holweckhülse (19) umfassen und bei denen die Steghöhe (43) des Holweckgewindes (37, 39) jeweils in Pumprichtung abnimmt.
 - 20
 - 25
 - 30
 - 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
2. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 1, wobei zwei aufeinander folgende Holweckstufen (27, 29) einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweckgewinde (37, 39) versehenen Holweckstator (21) umfassen, und wobei sowohl auf der Außenseite des Holweckstators (21) als auch auf der Innenseite des Holweckstators (21) die Steghöhe (43) des Holweckgewindes (37, 39) jeweils in Pumprichtung abnimmt.
 3. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 2, wobei die Außenseite des gemeinsamen Holweckstators (21) einen äußeren Nutgrunddurchmesser aufweist, welcher in Pumprichtung zunimmt.
 4. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Innenseite des gemeinsamen Holweckstators (21) einen inneren Nutgrunddurchmesser aufweist, welcher in Pumprichtung abnimmt.
 5. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei der äußere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung zunimmt und der innere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung abnimmt.
 6. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei der einlassseitige Nutgrunddurchmesser (NGDAE) an der Außenseite des Holweckstators

- (21) kleiner ist als der einlassseitige Nutgrunddurchmesser (NGDIE) an der Innenseite des Holweckstators (21).
7. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei ein durch den Nutgrund (53) des äußeren Holweckgewindes (37) definierter Konizitätswinkel (α_a) und ein durch den Nutgrund (55) des inneren Holweckgewindes (39) definierter Konizitätswinkel (α_i) voneinander verschieden sind.
8. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei ein durch den Nutgrund (53) des äußeren Holweckgewindes (37) definierter Konizitätswinkel (α_a) zwischen 5° und 15° liegt, bevorzugt zwischen 8° und 10° liegt, und insbesondere etwa $9,1^\circ$ beträgt und/oder wobei ein durch den Nutgrund (55) des inneren Holweckgewindes (39) definierter Konizitätswinkel (α_i) zwischen 1° und 5° liegt, bevorzugt zwischen 2° und 4° liegt, und insbesondere etwa $3,1^\circ$ beträgt.
9. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei am äußeren Holweckgewinde (37) einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe (43) zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,10 ist, bevorzugt größer als 0,15 ist, und insbesondere etwa 0,19 beträgt und/oder wobei am inneren Holweckgewinde (39) einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe (43) zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,4 ist, bevorzugt größer als 0,6 ist, und insbesondere etwa 0,8 beträgt.
10. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei am äußeren Holweckgewinde (37) das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe (43) zu auslassseitiger Steghöhe (43) kleiner als 0,3 ist, bevorzugt kleiner als 0,25 ist, und insbesondere etwa 0,23 beträgt und/oder wobei am inneren Holweckgewinde (39) das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe (43) zu auslassseitiger Steghöhe (43) kleiner als 0,5 ist, bevorzugt kleiner als 0,4 ist, und insbesondere etwa 0,36 beträgt.
11. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der Holweckstator (21) entlang seiner axialen Erstreckung eine konstante Wandstärke (45) aufweist.
12. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei der Holweckstator (21) entlang seiner axialen Erstreckung, insbesondere in Pumprichtung der äußeren Holweckstufe (27), eine zunehmende Wandstärke (45) aufweist, wobei bevorzugt die Wandstärke (45) stetig zunimmt.
13. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 12, wobei die Wandstärke (45) des Holweckstators (21) im Bereich maximaler Steghöhe (43) der äußeren Holweckstufe (27) minimal ist.
14. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 13, wobei die minimale Wandstärke (45) des Holweckstators (21) weniger als 2mm, bevorzugt weniger als 1,5mm und insbesondere bevorzugt etwa 1mm beträgt.
15. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 14, wobei der Holweckstator (21) aus Aluminium gefertigt ist und/oder wobei der Holweckstator (21) integral gefertigt, insbesondere aus einem Stück gefertigt, ist.
- Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**
1. Vakuumpumpe (11), insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Einlass (33), einem Auslass (35), und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse (13) konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass (33) und dem Auslass (35) aufeinander folgenden Holweckstufen (25, 27, 29), die jeweils ein Holweckgewinde (37, 39) und eine um die Rotationsachse (13) rotierende Holweckhülse (19) umfassen und bei denen die Steghöhe (43) des Holweckgewindes (37, 39) jeweils in Pumprichtung abnimmt, wobei zwei aufeinander folgende Holweckstufen (27, 29) einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweckgewinde (37, 39) versehenen Holweckstator (21) umfassen, und wobei sowohl auf der Außenseite des Holweckstators (21) als auch auf der Innenseite des Holweckstators (21) die Steghöhe (43) des Holweckgewindes (37, 39) jeweils in Pumprichtung abnimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein durch den Nutgrund (53) des äußeren Holweckgewindes (37) definierter Konizitätswinkel (α_a) und ein durch den Nutgrund (55) des inneren Holweckgewindes (39) definierter Konizitätswinkel (α_i) voneinander verschieden sind.
2. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 1, wobei die Außenseite des gemeinsamen Holweckstators (21) einen äußeren Nutgrunddurchmesser

- aufweist, welcher in Pumprichtung zunimmt.
3. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Innenseite des gemeinsamen Holweckstators (21) einen inneren Nutgrunddurchmesser aufweist, welcher in Pumprichtung abnimmt. 5
4. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der äußere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung zunimmt und der innere Nutgrunddurchmesser in Pumprichtung abnimmt. 10
5. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der einlassseitige Nutgrunddurchmesser (NGDAE) an der Außenseite des Holweckstators (21) kleiner ist als der einlassseitige Nutgrunddurchmesser (NGDIE) an der Innenseite des Holweckstators (21). 15
6. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein durch den Nutgrund (53) des äußeren Holweckgewindes (37) definierter Konizitätswinkel (α_a) zwischen 5° und 15° liegt, bevorzugt zwischen 8° und 10° liegt, und insbesondere etwa $9,1^\circ$ beträgt und/oder wobei ein durch den Nutgrund (55) des inneren Holweckgewindes (39) definierter Konizitätswinkel (α_i) zwischen 1° und 5° liegt, bevorzugt zwischen 2° und 4° liegt, und insbesondere etwa $3,1^\circ$ beträgt. 20
7. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei am äußeren Holweckgewinde (37) einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe (43) zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,10 ist, bevorzugt größer als 0,15 ist, und insbesondere etwa 0,19 beträgt und/oder wobei am inneren Holweckgewinde (39) einlassseitig das Verhältnis von doppelter Steghöhe (43) zu Nutgrunddurchmesser größer als 0,4 ist, bevorzugt größer als 0,6 ist, und insbesondere etwa 0,8 beträgt. 25
8. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei am äußeren Holweckgewinde (37) das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe (43) zu auslassseitiger Steghöhe (43) kleiner als 0,3 ist, bevorzugt kleiner als 0,25 ist, und insbesondere etwa 0,23 beträgt und/oder wobei am inneren Holweckgewinde (39) das Verhältnis von einlassseitiger Steghöhe (43) zu auslassseitiger Steghöhe (43) kleiner als 0,5 ist, bevorzugt kleiner als 0,4 ist, und insbesondere etwa 0,36 beträgt. 30
9. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Holweckstator (21) entlang seiner axialen Erstreckung eine konstante Wandstärke (45) aufweist. 35
10. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Holweckstator (21) entlang seiner axialen Erstreckung, insbesondere in Pumprichtung der äußeren Holweckstufe (27), eine zunehmende Wandstärke (45) aufweist, wobei bevorzugt die Wandstärke (45) stetig zunimmt. 40
11. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wandstärke (45) des Holweckstators (21) im Bereich maximaler Steghöhe (43) der äußeren Holweckstufe (27) minimal ist. 45
12. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die minimale Wandstärke (45) des Holweckstators (21) weniger als 2mm, bevorzugt weniger als 1,5mm und insbesondere bevorzugt etwa 1mm beträgt. 50
13. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Holweckstator (21) aus Aluminium gefertigt ist und/oder wobei der Holweckstator (21) integral gefertigt, insbesondere aus einem Stück gefertigt, ist. 55

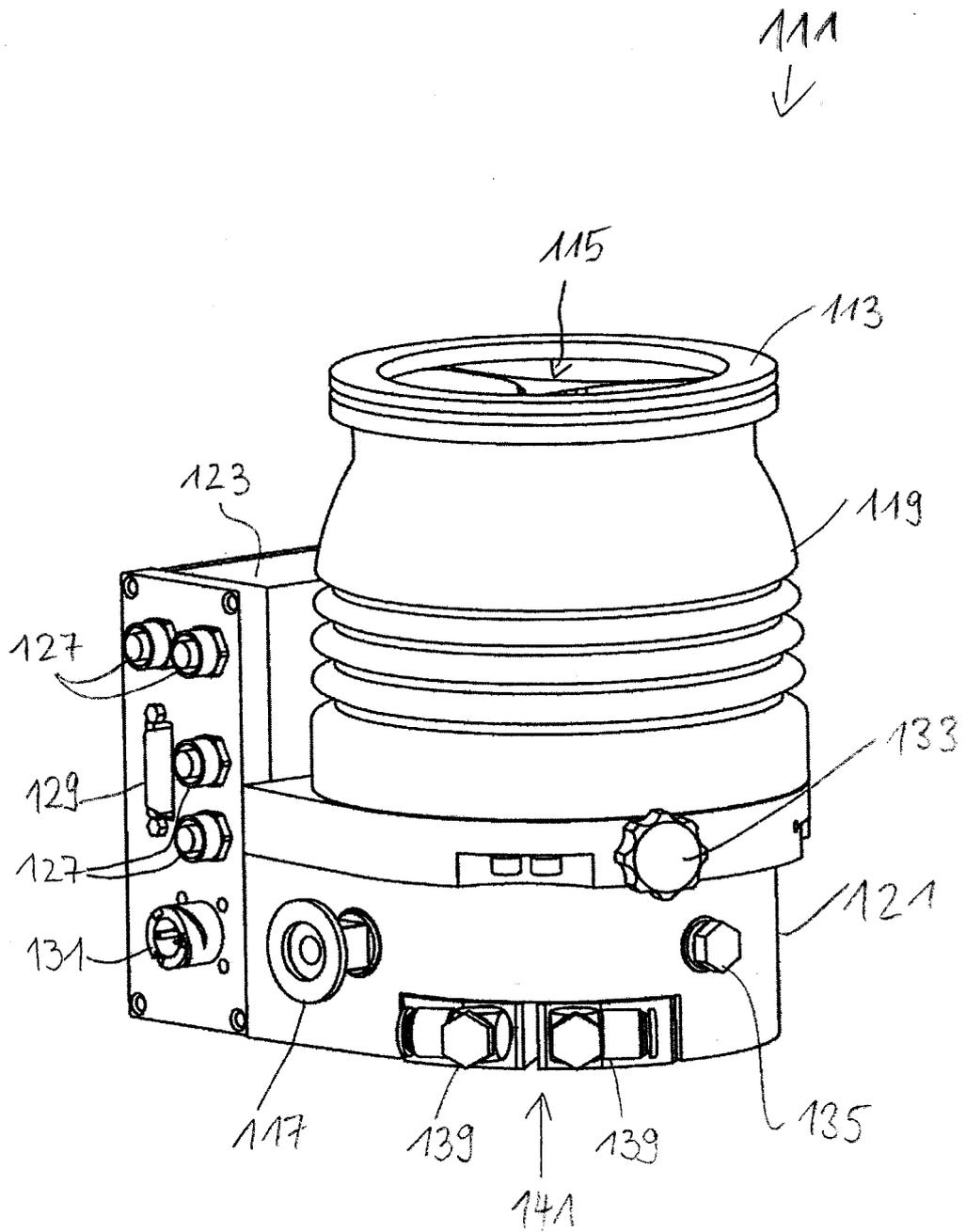


Fig. 1

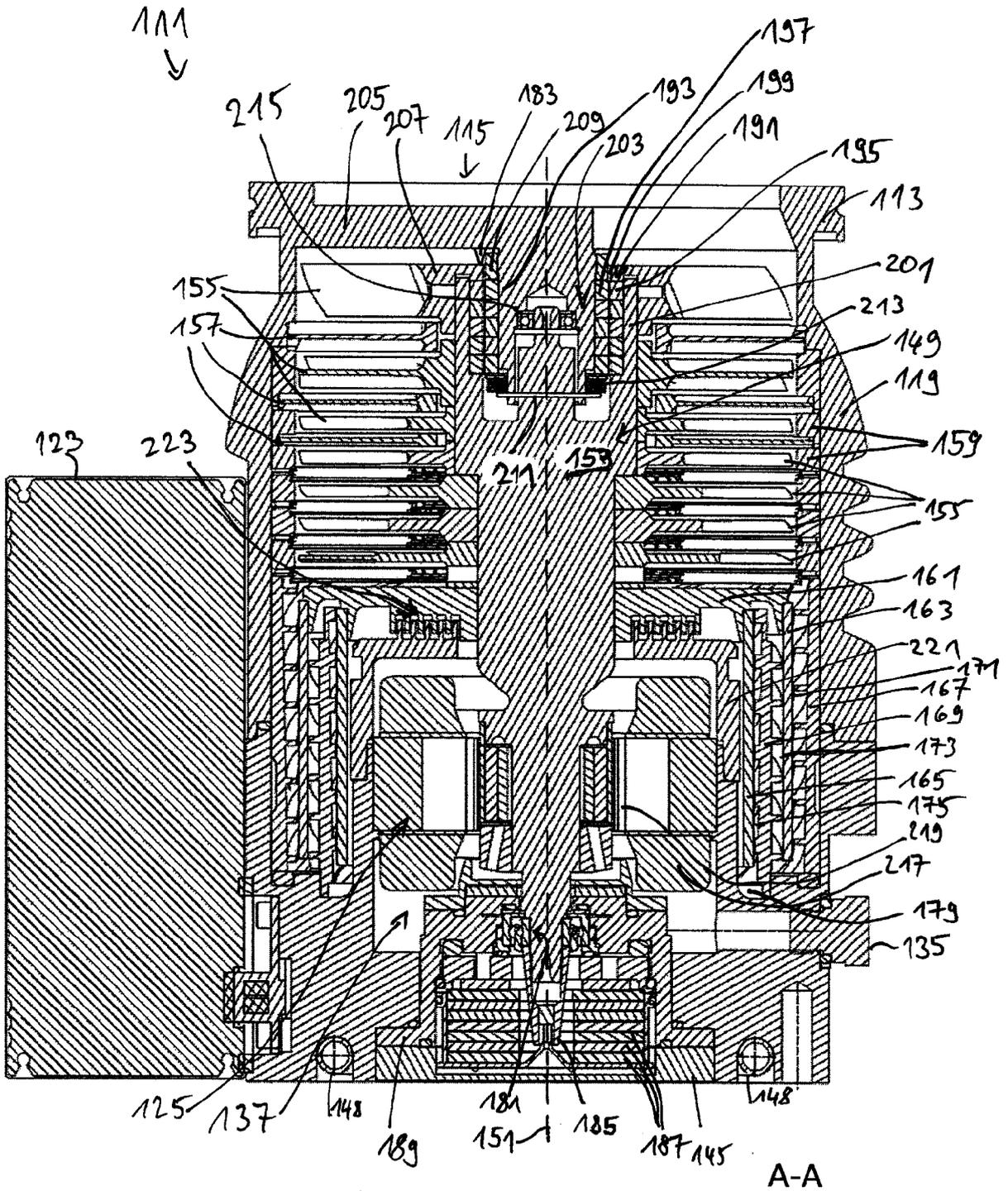


Fig. 3

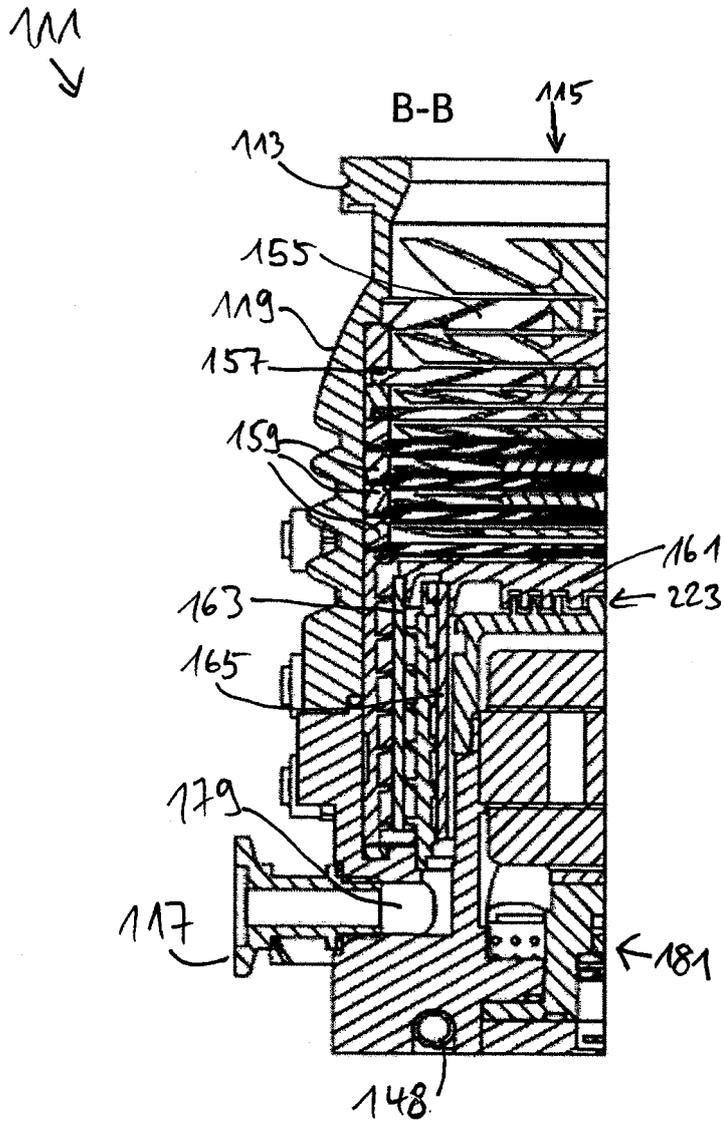


Fig. 4

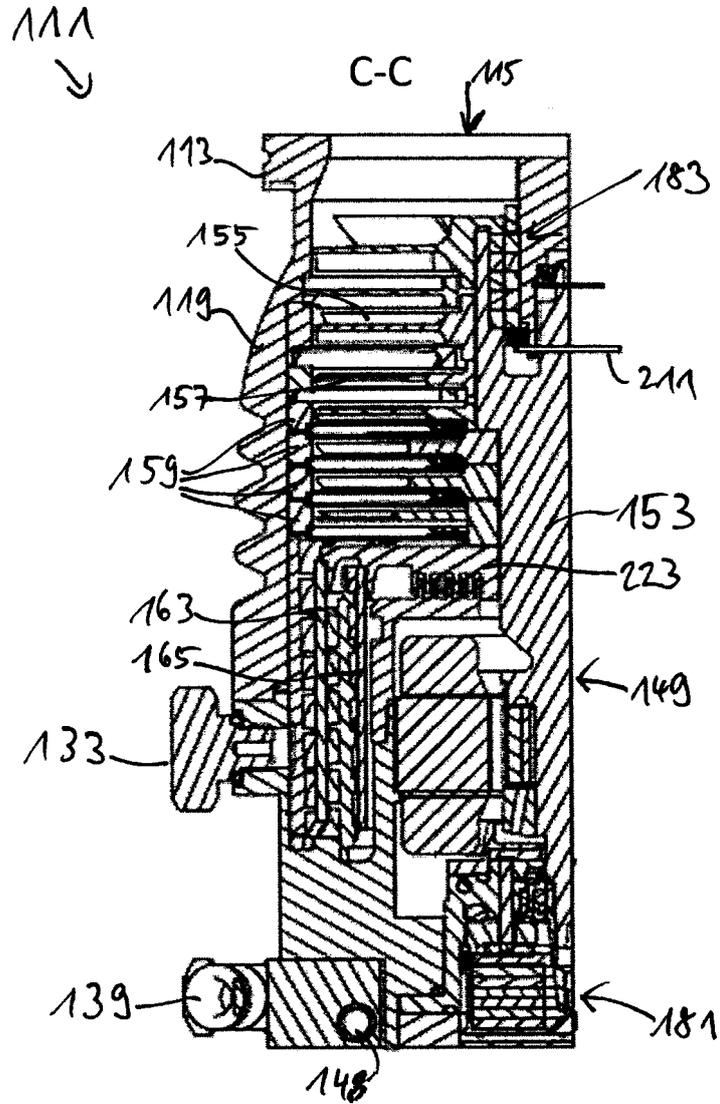


Fig. 5

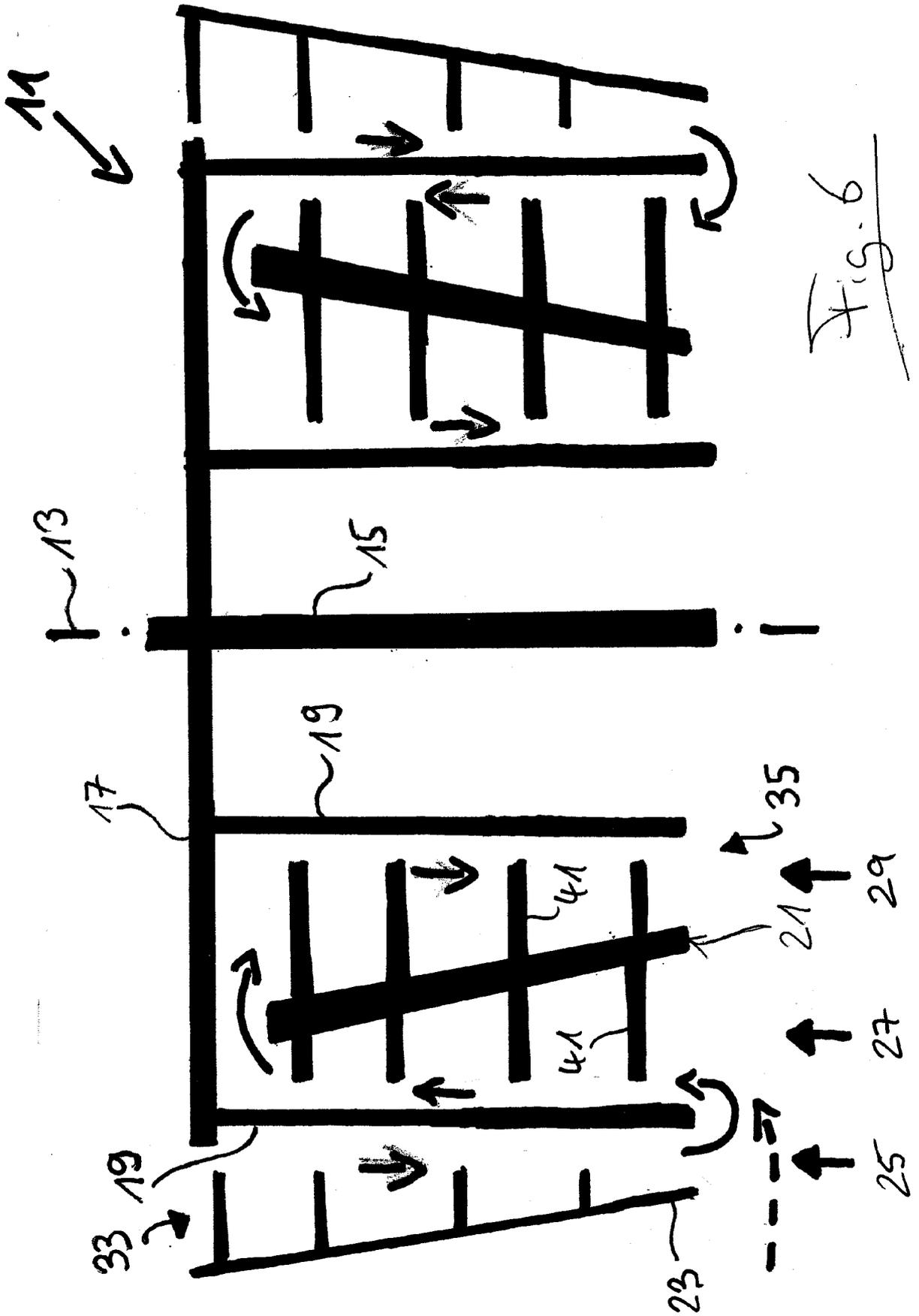


Fig. 6

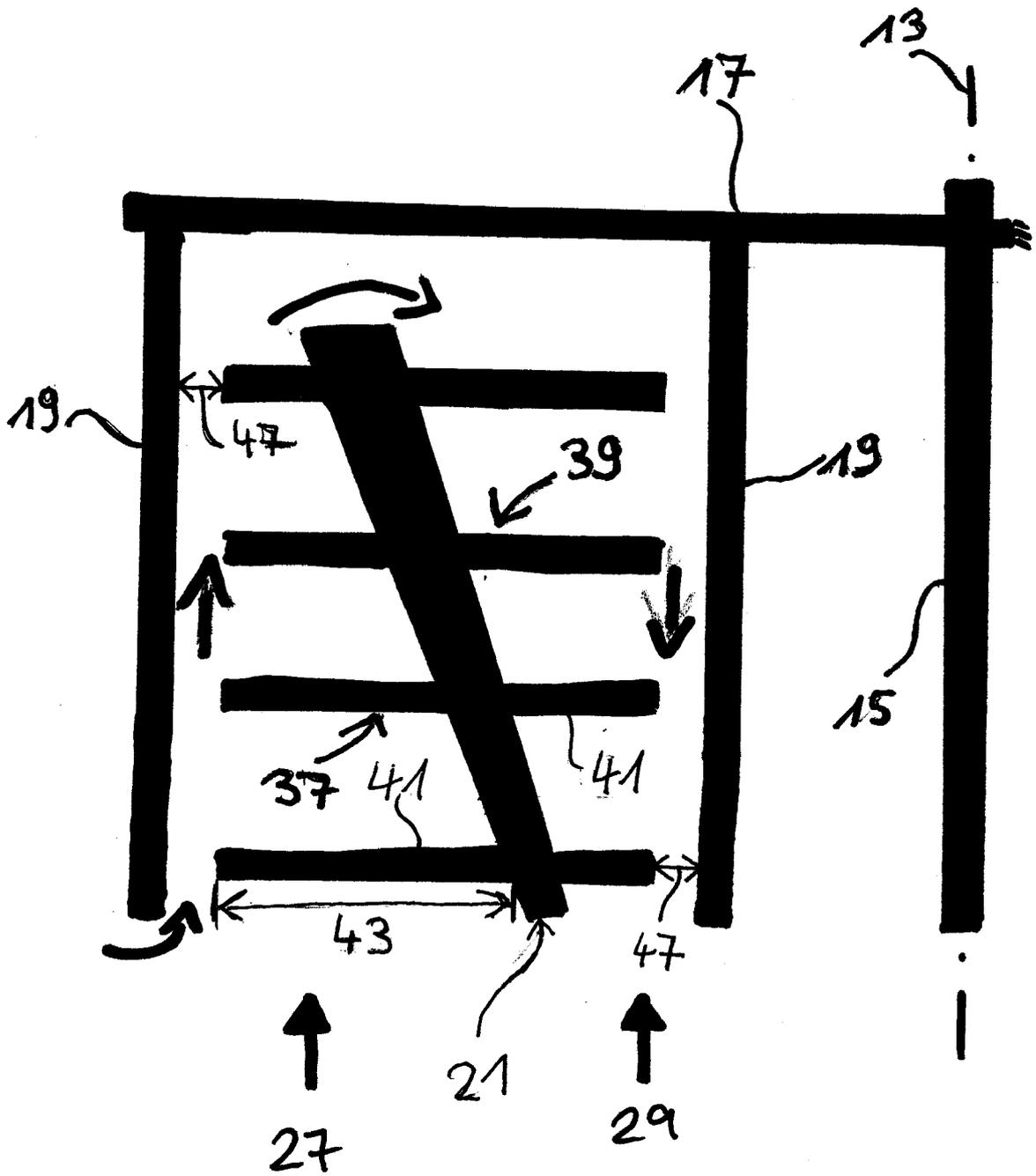


Fig. 7

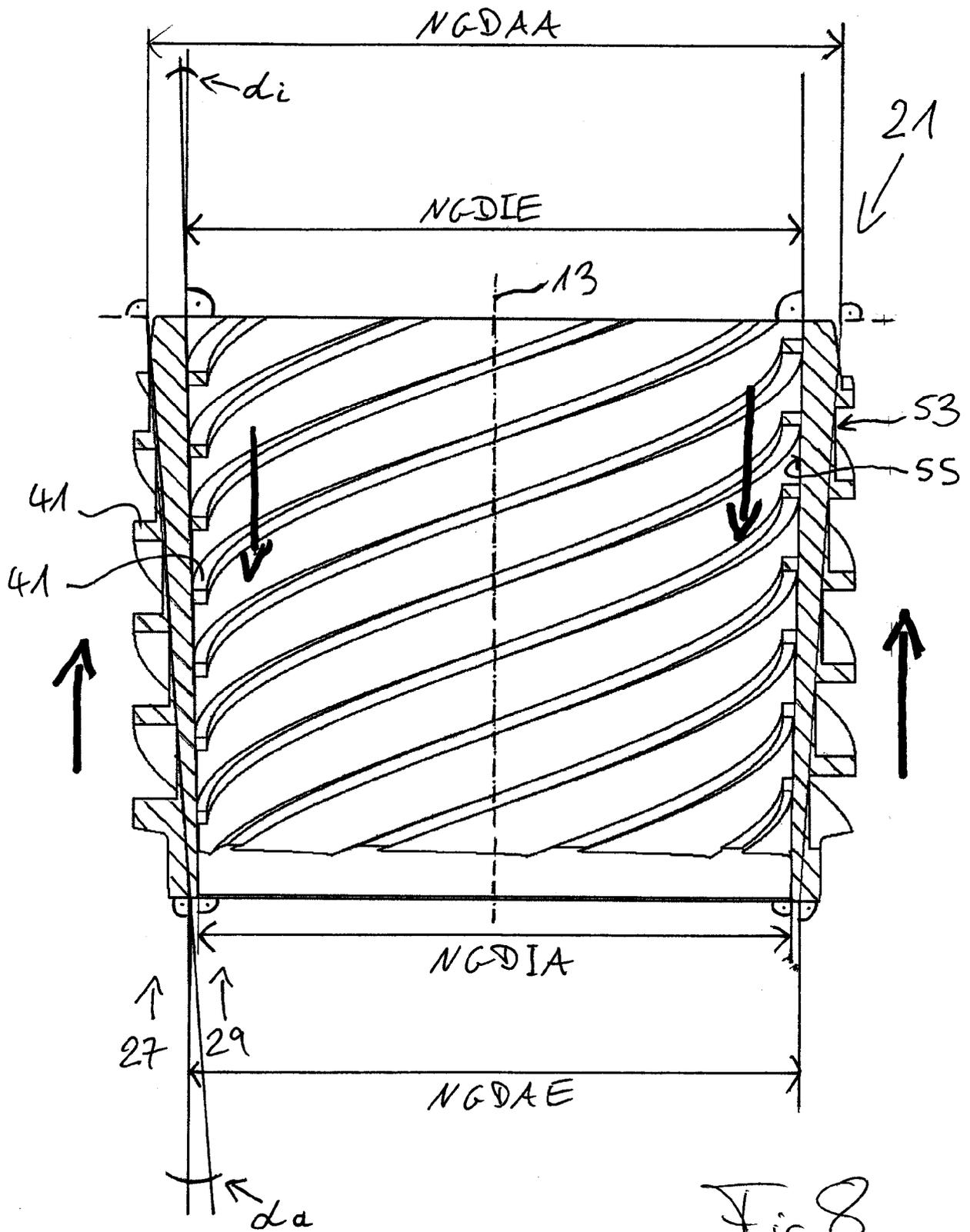


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 20 7551

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|--|---|------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X | EP 0 260 733 A1 (ULTRA CENTRIFUGE NEDERLAND NV [NL]) 23. März 1988 (1988-03-23) | 1-6,8-15 | INV. F04D19/04 F04D29/52 |
| A | * Seite 6, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 20 * * Abbildung 1 * | 7 | |
| X | ----- JP H11 210674 A (EBARA CORP) 3. August 1999 (1999-08-03) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * | 1,2 | |
| X | ----- WO 2011/070856 A1 (EDWARDS JAPAN LTD [JP]; MIWATA TOORU [JP] ET AL.) 16. Juni 2011 (2011-06-16) * Zusammenfassung * * Abbildungen 9-12 * | 1 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| | | | F04D |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort Den Haag | | Abschlußdatum der Recherche 13. Mai 2019 | Prüfer Lovergine, A |
| 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 Patentedokument, 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 (P04C03)

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

EP 18 20 7551

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.

13-05-2019

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|---|--|
| EP 0260733 A1 | 23-03-1988 | DE 3768593 D1 EP 0260733 A1 NL 8602052 A | 18-04-1991 23-03-1988 01-03-1988 |
| JP H11210674 A | 03-08-1999 | KEINE | |
| WO 2011070856 A1 | 16-06-2011 | CN 102667169 A JP 5758303 B2 JP WO2011070856 A1 KR 20120115204 A WO 2011070856 A1 | 12-09-2012 05-08-2015 22-04-2013 17-10-2012 16-06-2011 |

EPO FORM P0461

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