

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 826 999 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
21.01.2015 Patentblatt 2015/04

(51) Int Cl.:

F04D 19/04 (2006.01)

F04D 29/10 (2006.01)

F16J 15/44 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 14173399.8

(22) Anmeldetag: 23.06.2014

(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

(30) Priorität: 15.07.2013 DE 102013213815

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

(72) Erfinder:

- Hofmann, Jan
35305 Grünberg (DE)
- Mekota, Mirko
35630 Ehringshausen (DE)

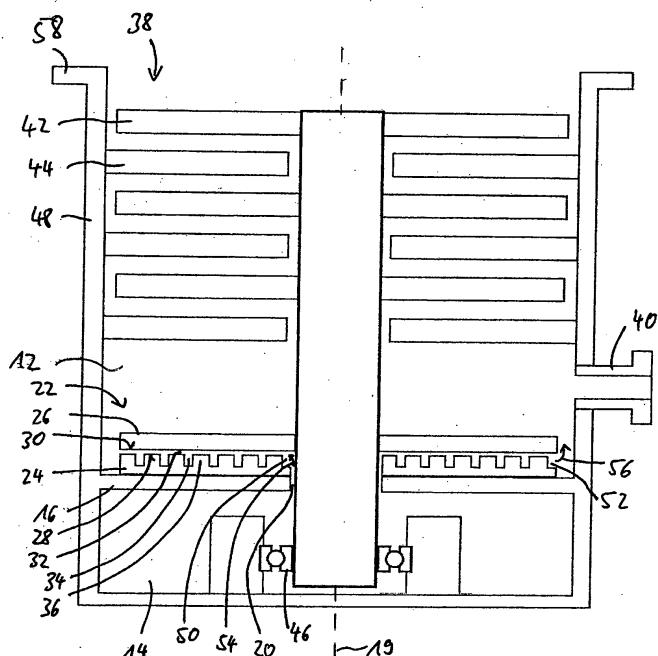
(74) Vertreter: Manitz, Finsterwald & Partner GbR
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) Vakuumpumpe

(57) Vakuumpumpe mit einem Arbeitsraum, einem Lagerraum, einer zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum angeordneten Trennwand und wenigstens einer sich durch die Trennwand hindurch erstreckenden Rotorwelle, die mit der Trennwand einen Spalt bildet, sowie mit einer Sperreinrichtung zur Absperrung zwischen

dem Arbeitsraum und dem Lagerraum. Die Sperreinrichtung ist durch eine Siegbahnpumpstufe gebildet, die zum Bereitstellen einer durch den Spalt hindurch gehenden Pumpwirkung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum ausgebildet ist.

Fig. 1



EP 2 826 999 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe oder eine Seitenkanalpumpe, mit einem Arbeitsraum, einem Lagerraum, einer zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum angeordneten Trennwand und einer sich durch die Trennwand hindurch erstreckenden Rotorwelle.

[0002] Vakuumpumpen werden in unterschiedlichen technischen Prozessen eingesetzt, um ein für den jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Eine Vakuumpumpe umfasst typischerweise einen Arbeitsraum, einen Lagerraum, eine zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum angeordnete Trennwand und eine Rotorwelle. In dem Arbeitsraum ist eine Pumpstruktur der Vakuumpumpe angeordnet, die das in dem Arbeitsraum vorhandene Prozessgas von dem Einlass zu dem Auslass der Vakuumpumpe fördert und dadurch pumpt. In dem Lagerraum sind z.B. ein Lager zur Lagerung der Rotorwelle und ggf. ein Antrieb für die Rotorwelle angeordnet. Die Rotorwelle erstreckt sich unter Ausbildung eines Spaltes durch die Trennwand hindurch. Dabei erstreckt sich ein Abschnitt der Rotorwelle, welcher den rotorseitigen Teil der Pumpstruktur trägt, in den Arbeitsraum hinein und ein anderer Abschnitt der Rotorwelle, welcher z.B. mit dem Lager verbunden ist, erstreckt sich in den Lagerraum hinein.

[0003] Ein Problem bei bekannten Vakuumpumpen stellen korrosive und andere schädliche Gase dar, die in dem geförderten Prozessgas enthalten sind und durch den zwischen der Rotorwelle und der Trennwand ausgebildeten Spalt von dem Arbeitsraum in den Lagerraum gelangen. Diese Gase greifen die in dem Lagerraum vorhandenen Lager, Betriebsmittel und weiteren Komponenten an, was zu einer Schädigung und zu einem vorzeitigen Ausfall der Pumpe führen kann.

[0004] Um den Lagerraum von dem Arbeitsraum abzusperren, d.h. um einen unerwünschten Gasaustausch zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum zu verhindern, kann zwischen der Rotorwelle und der Trennwand eine Labyrinthdichtung vorgesehen sein. Die Labyrinthdichtung kann eine Vielzahl von in radialer Richtung aufeinander folgenden axialen Einstichen einer Rotor scheibe umfassen, die mit entsprechenden Vorsprüngen der umgebenden Trennwand kämmen, so dass ein langer und schmaler Spalt zwischen der Rotorwelle und der Trennwand gebildet wird, welcher eine Abdichtung bewirkt. Prinzipiell kann die Labyrinthdichtung auch eine Vielzahl von in axialer Richtung aufeinander folgenden radialen Einstichen der Rotorwelle umfassen, die mit der Trennwand einen langen und schmalen Dichtspalt bilden.

[0005] Ein Nachteil einer Vakuumpumpe mit einer solchen Labyrinthdichtung ist, dass für eine hohe Dichtwirkung sehr enge Spalte erforderlich sind, welche aufgrund der bei dem Betrieb der Vakuumpumpe auftretenden thermischen Ausdehnungen und der Ausdehnungen aufgrund der bei hohen Drehzahlen auftretenden Fliehkräfte

nur schwer erreichbar sind. Außerdem ist die Bereitstellung einer Vakuumpumpe mit einer solchen Labyrinthdichtung mit einem hohen zusätzlichen Herstellungsaufwand verbunden. Die Einstiche in der Rotorscheibe können darüber hinaus zu dem Auftreten von ungünstigen mechanischen Spannungen in dem Rotor während des Pumpbetriebs führen, die die Lebensdauer und die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe beeinträchtigen. Die Labyrinthdichtung führt außerdem zu einer erheblichen Erhöhung der axialen Bauhöhe und des Leistungsbedarfs der Vakuumpumpe aufgrund der in den engen Spalten auftretenden Gasreibung.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Vakuumpumpe anzugeben, welche die vorstehend beschriebenen Nachteile überwindet, das heißt eine Vakuumpumpe, bei der ein schädlicher Gasaustausch zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum vermieden wird und die gleichzeitig mit geringem Aufwand herstellbar und auf kleinem Bauraum realisierbar ist und die einen geringen Leistungsbedarf und eine hohe Lebensdauer aufweist.

[0007] Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Vakuumpumpe, welche vorzugsweise eine Turbomolekularpumpe oder eine Seitenkanalpumpe ist, umfasst einen Arbeitsraum, einen Lagerraum, eine zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum angeordnete Trennwand und wenigstens eine sich durch die Trennwand hindurch erstreckende Rotorwelle, die mit der Trennwand einen Spalt bildet. Die Vakuumpumpe umfasst außerdem eine Sperreinrichtung zur Absper rung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum. Die Sperreinrichtung ist durch eine Siegbahnpumpstufe gebildet, die zum Bereitstellen einer durch den Spalt hindurch gehenden Pumpwirkung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum ausgebildet ist.

[0009] Es wurde erkannt, dass durch eine solche Siegbahnpumpstufe eine wirksame Absperrung zwischen dem Arbeitsraum und dem Pumpenraum erreicht wird, ohne dass der Herstellungsaufwand, die axiale Bauhöhe oder der Leistungsbedarf der Vakuumpumpe erhöht wird oder die Stabilität und die Lebensdauer der Vakuumpumpe verringert werden.

[0010] Die Siegbahnpumpstufe schafft eine wirksame Absperrung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum, da durch die Pumpwirkung der Siegbahnpumpstufe eine entgegen der Pumprichtung der Siegbahnpumpstufe gerichtete Gasströmung durch den Spalt hindurch wirksam verhindert wird. Auf den Einsatz eines Sperrgases kann dabei gegebenenfalls verzichtet werden. Der Einsatz eines Sperrgases ist prinzipiell aber auch denkbar. Der Betrieb der Siegbahnpumpstufe führt außerdem nicht zu einer erheblichen Erhöhung des Leistungsbedarfs der Vakuumpumpe.

[0011] Die Bereitstellung der Siegbahnpumpstufe ist mit einfachen Mitteln möglich. Beispielsweise kann die Siegbahnpumpstufe aus einem in radialer Richtung orientierten scheibenförmigen Statororgan und einem in ra-

dialer Richtung orientierten scheibenförmigen Rotororgan bestehen, die einander gegenüberliegende pumpaktive Oberflächen bilden, wobei eine der pumpaktiven Oberflächen glatt bzw. eben und die andere strukturiert ausgebildet ist. Solche Stator- und Rotororgane sind einfach herstellbar und eine aufwändige Bearbeitung der Rotorschibe und des gegenüberliegend angeordneten Statorpartners zur Herstellung einer Vielzahl von axialen Einstichen und eine damit einhergehende Schwächung der Rotorschibe kann vermieden werden.

[0012] Aufgrund der radialen Ausrichtung der Siegbahnpumpstufe wird die axiale Bauhöhe durch die Siegbahnpumpstufe allenfalls geringfügig erhöht. Die Siegbahnpumpstufe kann einen axialen Dichtspalt aufweisen, wobei trotz der thermischen Ausdehnungen der Vakuumpumpe mit geringem Aufwand eine geringe Spaltweite des Dichtspalts erreichbar ist.

[0013] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und in den Figuren beschrieben.

[0014] Bevorzugt ist die Siegbahnpumpstufe dazu ausgebildet, eine Pumpwirkung von dem Lagerraum über den Spalt in den Arbeitsraum bereitzustellen. Dadurch wird der Lagerraum wirksam gegenüber dem Arbeitsraum abgesperrt, so dass keine schädlichen Prozessgase aus dem Arbeitsraum in den Lagerraum gelangen können.

[0015] Die Siegbahnpumpstufe umfasst vorzugsweise ein Statororgan und ein Rotororgan. Das Statororgan und das Rotororgan bilden vorzugsweise jeweils eine von zwei einander gegenüberliegenden pumpaktiven Oberflächen der Siegbahnpumpstufe. Das Statororgan ist vorzugsweise von einem statischen Teil der Vakuumpumpe, zum Beispiel dem Pumpengehäuse oder der Trennwand, getragen oder dadurch gebildet. Das Rotororgan ist vorzugsweise von der Rotorwelle getragen und insbesondere drehfest an der Rotorwelle angebracht.

[0016] Bevorzugt ist zumindest eine pumpaktive Oberfläche der Siegbahnpumpstufe durch eine strukturierte Oberfläche gebildet und/oder ist zumindest eine pumpaktive Oberfläche durch eine ebene Oberfläche gebildet. Gemäß einer Ausführungsform ist eine pumpaktive Oberfläche durch eine strukturierte Oberfläche und die andere pumpaktive Oberfläche durch eine ebene Oberfläche gebildet.

[0017] Bevorzugt weist das Statororgan die strukturiertere pumpaktive Oberfläche auf. Das Rotororgan kann hingegen die ebene pumpaktive Oberfläche aufweisen. Das Rotororgan ist in diesem Fall mit besonders geringem Aufwand herstellbar, wobei gleichzeitig eine sich durch eine Strukturierung ergebende nachteilige Schwächung des Rotororgans vermieden wird. Das Rotororgan ist daher ohne weiteres in der Lage, den bei dem Betrieb der Vakuumpumpe auftretenden Fliehkräftebelastungen Stand zu halten, ohne dass übermäßige Spannungen auftreten, die die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe verringern. Ferner wird eine durch das Rotororgan hervorgerufene Unwucht des Rotors durch eine ebene bzw.

glatte Ausgestaltung der pumpaktiven Oberfläche des Rotororgans weitestgehend vermieden.

[0018] Das Rotororgan bildet vorzugsweise gleichzeitig sowohl die pumpaktive Oberfläche für die Siegbahnpumpstufe als auch ein rotierendes Organ für eine Pumpstufe zur Förderung des Prozessgases. Vorzugsweise ist das Rotororgan durch ein rotierendes pumpaktives Organ der Pumpstufe für das Prozessgas gebildet, welches eine pumpaktive Oberfläche für das Prozessgas umfasst, oder durch eine Rotornabe der Pumpstufe für das Prozessgas. Beispielsweise kann das Rotororgan durch eine Rotorschibe einer Turbomolekularpumpstufe gebildet sein oder durch eine Rotornabe einer Holzweck- oder Kreuzgewindepumpstufe, welche z.B. einen Holzweckzylinder tragen kann.

[0019] Die pumpaktiven Oberflächen der Siegbahnpumpstufe können wenigstens einen Förderkanal der Siegbahnpumpstufe und einen Dichtspalt zur Abdichtung des Förderkanals begrenzen. Das Gas wird bei dem Betrieb der Vakuumpumpe durch den Förderkanal angetrieben, wobei der Dichtspalt so eng ausgebildet ist, dass ein unerwünschtes, entgegen der Pumprichtung gerichtetes Rückströmen des durch den Förderkanal geförderten Gases weitgehend verhindert wird.

[0020] Bevorzugt umfasst eine strukturierte pumpaktive Oberfläche der Vakuumpumpe wenigstens eine Vertiefung, welche den Förderkanal bildet, und wenigstens eine Erhebung, wobei ein Oberflächenbereich der Erhebung, der gegenüberliegenden pumpaktiven Oberfläche zugewandt ist, gemeinsam mit der gegenüberliegenden pumpaktiven Oberfläche den Dichtspalt begrenzen kann.

[0021] Der Förderkanal kann spiralförmig ausgebildet sein und/oder im Wesentlichen in einer radialen Ebene verlaufen. Der Förderkanal verbindet vorzugsweise einen Einlass und einen Auslass der Siegbahnpumpstufe. Einer von Einlass und Auslass kann an einer radialen Innenseite der Siegbahnpumpstufe angeordnet sein und der jeweils andere von Einlass und Auslass kann an der radialen Außenseite der Siegbahnpumpstufe angeordnet sein.

[0022] Der Dichtspalt kann durch einen axialen Spalt zwischen den pumpaktiven Oberflächen der Siegbahnpumpstufe gebildet sein. Die Siegbahnpumpstufe kann prinzipiell ganz ohne radiale Dichtspalte auskommen. Da die in axialer Richtung auftretenden thermischen Ausdehnungen der Vakuumpumpe im Vergleich zu den radialen Ausdehnungen gering sind, kann dabei zuverlässig eine geringe Spaltweite und eine entsprechend gute Sperrwirkung sichergestellt werden.

[0023] Bevorzugt ist ein den Dichtspalt begrenzender Bereich zumindest einer pumpaktiven Oberfläche zumindest abschnittsweise durch eine materialentfernende Bearbeitung erzeugt oder erzeugbar. Durch die materialentfernende Bearbeitung kann mit hoher Zuverlässigkeit und mit geringem Aufwand eine gewünschte geringe Spaltweite des Dichtspalts und eine dementsprechend hohe Sperrwirkung der Siegbahnpumpstufe gewährleis-

tet werden. Die materialentfernende Bearbeitung kann insbesondere ein spanabhebendes oder zerspanendes Verfahren wie zum Beispiel ein Drehen oder Schleifen umfassen.

[0024] Beispielsweise kann zur Herstellung des Organs mit der strukturierten pumpaktiven Oberfläche, vorzugsweise des Statororgans, zuerst ein Rohling mit einer strukturierten Oberfläche bereitgestellt werden, wobei anschließend diejenigen Bereiche der strukturierten Oberfläche, die den Dichtspalt begrenzen, durch Überdrehen oder Überschleifen des Rohlings bearbeitet werden, um das Organ an eine gewünschte Spaltweite anzupassen.

[0025] Bevorzugt ist das Statororgan und/oder das Rotororgan im Wesentlichen scheibenförmig ausgebildet. Die Scheibenebene des Statororgans und/oder des Rotororgans verläuft dabei vorzugsweise radial zu der Rotationsachse der Rotorwelle. Das Rotororgan ist vorzugsweise rotationssymmetrisch ausgebildet. Dadurch wird die Betriebssicherheit erhöht, da eine durch das Rotororgan hervorgerufene Unwucht vermieden wird.

[0026] Das Statororgan und/oder das Rotororgan kann als Spritzgussteil, als Schmiedeteil oder als Umformteil ausgebildet sein. Insbesondere eignet sich Spritzgießen, Schmieden oder Umformen zum Herstellen eines Organs, welches eine strukturierte pumpaktive Oberfläche aufweist, z.B. eines Statororgans mit einer strukturierten pumpaktiven Oberfläche. Bei dem Spritzgießen, Schmiede oder Umformen kann bereits eine Strukturierung für die strukturierte pumpaktive Oberfläche hergestellt werden. Die bei dem Spritzgießen, Schmieden oder Umformen hergestellte Strukturierung kann endgültig sein oder kann nachbearbeitet werden, insbesondere durch das vorstehend beschriebene materialentfernende Verfahren.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform besteht das Statororgan und/oder das Rotororgan zumindest teilweise oder vollständig aus einem Metall wie z.B. Aluminium. Gemäß einer weiteren Ausführungsform besteht das Statororgan und/oder das Rotororgan zumindest teilweise oder vollständig aus einem Kunststoff. Das Statororgan und/oder das Rotororgan kann zumindest teilweise oder vollständig aus einem faserverstärkten Kunststoff wie z.B. einem glasfaserverstärkten oder kohlefaser verstärkten Kunststoff bestehen. Diese Materialien gewährleisten eine kostengünstige Herstellbarkeit des Statororgans bzw. Rotororgans, welches eine für einen hohen Wirkungsgrad der Siegbahnpumpstufe gewünschte geometrische Präzision aufweist. Gleichzeitig sind die genannten Materialien in der Lage, den bei dem Betrieb der Vakuumpumpe auftretenden mechanischen und thermischen Belastungen standzuhalten.

[0028] Das Statororgan kann als separates Teil ausgebildet sein, welches von einer statischen Komponente der Vakuumpumpe getragen ist. Das Statororgan kann z.B. von einem Pumpengehäuse der Vakuumpumpe oder von der Trennwand getragen sein. Das Statororgan kann mit der statischen Komponente der Vakuumpumpe

verklebt sein. Das Statororgan ist bei dieser Ausgestaltung separat herstellbar, wodurch der für die Bereitstellung der Vakuumpumpe erforderliche Aufwand reduziert wird.

[0029] Der Arbeitsraum und der Lagerraum sind vorzugsweise direkt zueinander benachbart und durch die Trennwand unmittelbar voneinander getrennt. In dem Lagerraum ist vorzugsweise ein Drehlager zur drehbaren Abstützung der Rotorwelle angeordnet, zum Beispiel ein Wälzlager, welches vorzugsweise als geschmiertes Wälzlag ausgebildet ist. Alternativ oder zusätzlich kann in dem Lagerraum ein Antrieb zum drehenden Antreiben der Rotorwelle angeordnet sein.

[0030] Das in dem Lagerraum vorgesehene Drehlager ist vorzugsweise in der Nähe der Sperreinrichtung angeordnet. Dadurch kann der Einfluss der bei dem Betrieb der Vakuumpumpe auftretenden mechanischen und thermischen Belastungen auf die Positionsgenauigkeit der Rotorwelle im Bereich der Siegbahnpumpstufe begrenzt werden, so dass eine Siegbahnpumpstufe mit einem Dichtspalt mit einer besonders geringen Spaltweite realisierbar ist.

[0031] Bei der Vakuumpumpe handelt es sich vorzugsweise um eine schnell drehende Vakuumpumpe, beispielsweise um eine Turbomolekularpumpe oder eine Seitenkanalpumpe. In dem Arbeitsraum der Vakuumpumpe kann die Pumpstruktur der Vakuumpumpe angeordnet sein, mit der das durch die Vakuumpumpe zu pumpende Prozessgas von einem Pumpeneinlass zu einem Pumpenauslass der Vakuumpumpe förderbar ist. Der rotierende Teil dieser Pumpstruktur ist vorzugsweise von der Rotorwelle getragen.

[0032] Die Pumpstruktur umfasst bei einer Turbomolekularpumpe vorzugsweise eine oder mehrere Statorscheiben und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotor scheiben, welche gemeinsam ein turbomolekulares Pumprinzip verwirklichen. Bei einer Seitenkanalpumpe kann die Pumpstruktur mindestens einen rotorseitigen Kranz von Schaufeln umfassen, die in einem statorseitigen Seitenkanal angeordnet sind, der gegenüber der in Rotationsrichtung betrachteten Umrissform der Schaufeln erweitert ist, so dass ein Seitenkanalpumprinzip verwirklicht wird.

[0033] Dem Lagerraum kann, insbesondere über einen Sperrgaseinlass, welcher den Lagerraum gasleitend mit dem Pumpenäußerem verbindet, ein Sperrgas zufließbar sein, welches durch die Siegbahnpumpstufe von dem Lagerraum in den Arbeitsraum förderbar ist. Dadurch wird die durch die Siegbahnpumpstufe bereitgestellte Sperrwirkung optimiert.

[0034] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekularpumpe oder einer Seitenkanalpumpe, bei dem ein Arbeitsraum, ein Lagerraum, eine zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum angeordnete Trennwand und wenigstens eine sich durch die Trennwand hindurch erstreckende Rotorwelle, die mit der Trennwand einen Spalt bildet, bereitgestellt werden.

Ferner wird eine Sperreinrichtung zur Absperrung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum bereitgestellt. Als Sperreinrichtung wird dabei eine Siegbahn-pumpstufe vorgesehen, die zum Bereitstellen einer durch den Spalt hindurch gehenden Pumpwirkung zwischen dem Arbeitsraum und dem Lagerraum ausgebildet ist. Das Verfahren eignet sich zur Herstellung einer erfundungsgemäßen Vakuumpumpe gemäß der vorliegenden Beschreibung. Die in der vorliegenden Beschreibung in Bezug auf die Vakuumpumpe sowie deren Herstellung beschriebenen vorteilhaften Ausführungsformen und Vorteile stellen entsprechende Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens dar.

[0035] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform werden ein Statororgan und ein Rotororgan mit jeweils einer pumpaktiven Oberfläche erzeugt. Die pumpaktiven Oberflächen begrenzen vorzugsweise wenigstens einen Förderkanal der Siegbahn-pumpstufe und einen Dichtspalt zur Abdichtung des Förderkanals. Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform wird ein den Dichtspalt begrenzender Bereich zumindest einer pumpaktiven Oberfläche zumindest abschnittsweise durch eine materialentfernende Bearbeitung erzeugt. Dadurch kann der Dichtspalt besonders präzise angepasst werden und eine besonders geringe Spaltweite des Dichtspalts gewährleistet werden, welche eine hohe Effizienz der Siegbahn-pumpstufe sicherstellt.

[0036] Gemäß einer Ausführungsform wird ein Statororgan für die Siegbahn-pumpstufe als separates Teil bereitgestellt und an einer statischen Komponente der Vakuumpumpe angebracht. Das Statororgan kann z.B. an einem Pumpengehäuse der Vakuumpumpe oder an der Trennwand angebracht werden. Das Anbringen kann ein Verkleben des Statororgans mit der statischen Komponente umfassen.

[0037] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 bis 4 jeweils eine Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt.

[0038] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe ist als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst einen Arbeitsraum 12 und einen Lagerraum 14, die durch ein Pumpengehäuse 48 der Vakuumpumpe begrenzt sind, eine den Arbeitsraum 12 und den Lagerraum 14 voneinander trennende Trennwand 16, sowie eine Rotorwelle 18, welche sich unter Ausbildung eines radialen Spalts 20 durch die Trennwand 16 hindurch in den Arbeitsraum 12 und in den Lagerraum 14 erstreckt.

[0039] In dem Arbeitsraum 12 ist die turbomolekulare Pumpstruktur untergebracht. Diese Pumpstruktur umfasst mehrere an der Rotorwelle 18 befestigte turbomolekulare Rotscheiben 42 und zwischen den Rotscheiben 42 angeordnete und in dem Gehäuse 48 festgelegte turbomolekulare Statorscheiben 44. Die

Pumpstruktur stellt eine Pumpwirkung für ein Prozessgas bereit, das an einem Pumpeneinlass 38 ansteht, welcher durch einen Einlassflansch 58 des Gehäuses 48 begrenzt ist. Diese Pumpwirkung dient dazu, das Prozessgas von dem Pumpeneinlass 38 zu dem Pumpenauslass 40 zu fördern.

[0040] In dem Lagerraum 14 ist ein Wälzlager 46 angeordnet, welches die Rotorwelle 18 um die Rotationsachse 19 drehbar unterstützt. In dem Lagerraum 14 könnte prinzipiell auch ein Magnetlager bzw. eine Magnetlagerkartusche zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle 18 vorgesehen sein. Ferner kann in dem Lagerraum 14 ein in Fig. 1 nicht dargestellter Antrieb für die Rotorwelle 18 vorgesehen sein.

[0041] Die Vakuumpumpe umfasst eine Siegbahn-pumpstufe 22 mit einem von der Trennwand 16 getragenen Statororgan 24 und einem von der Rotorwelle 18 getragenen Rotororgan 26. Das Statororgan 24 und das Rotororgan 26 sind jeweils im Wesentlichen scheibenförmig ausgebildet und radial zu der Rotationsachsenrichtung der Rotorwelle 18 orientiert.

[0042] Das Statororgan 24 und das Rotororgan 26 weisen jeweils eine von zwei einander gegenüberliegenden pumpaktiven Oberflächen 28, 30 auf, welche die pumpaktive Struktur der Siegbahn-pumpstufe 22 bilden. Während die pumpaktive Oberfläche 30 des Rotororgans durch eine ebene Oberfläche gebildet ist, die senkrecht zur Rotationsachse 19 der Rotorwelle 18 orientiert ist, ist die pumpaktive Oberfläche 28 des Statororgans 24 strukturiert ausgebildet.

[0043] Die pumpaktive Oberfläche 28 des Statororgans 24 umfasst eine Vertiefung, welche einen Förderkanal 34 der Siegbahn-pumpstufe 22 bildet, welcher in radialer Richtung spiralförmig von innen nach außen verläuft, und eine die Vertiefung bzw. den Förderkanal 34 begrenzende Erhebung 36. Der Oberflächenbereich der Erhebung 36, welcher zu der pumpaktiven Oberfläche 30 des Rotororgans 26 hin weist, bildet mit der pumpaktiven Oberfläche 30 einen axialen Dichtspalt 32, welcher den Förderkanal 34 abdichtet.

[0044] Im Betrieb der Vakuumpumpe wird das in dem Förderkanal 34 vorhandene Gas durch die pumpaktive Struktur in Rotationsrichtung der Rotorwelle 18 angetrieben und dadurch entlang der Spirallinienform des Förderkanals 34 von dem dem Spalt 20 zugewandten Einlass 50 der Siegbahn-pumpstufe 22 in radialer Richtung nach außen zu dem dem Arbeitsraum 12 zugewandten Auslass 52 der Siegbahn-pumpstufe 22 gefördert. Dadurch wird eine durch den Spalt 20 hindurch von dem Lagerraum 14 in den Arbeitsraum 12 gerichtete Pumpwirkung bereitgestellt, die in Fig. 1 durch Pfeile 54 veranschaulicht ist und den Lagerraum 14 von dem Arbeitsraum 12 absperrt.

[0045] Die in Fig. 2 bis 4 gezeigten Vakuumpumpen entsprechen abgesehen von den nachstehend beschriebenen Besonderheiten im Wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe, wobei gleiche Bezugszeichen in Fig. 1 bis 4 jeweils gleiche bzw. einander entsprechende

Bestandteile bezeichnen.

[0046] Bei der in Fig. 2 gezeigten Vakuumpumpe sind das Rotororgan 26 der Siegbahnpumpstufe 22 und dessen pumpaktive Oberfläche 28 durch die in Förderrichtung letzte Rotorscheibe 42 gebildet. Der die pumpaktive Oberfläche 28 bildende Abschnitt der Rotorscheibe 42 trägt die sich ausgehend von diesem Abschnitt in radialer Richtung nach außen erstreckenden Flügel der Rotorscheibe 42. Das Prozessgas wird auf die letzte Rotorscheibe 42 folgend an dem Lagerraum 14 seitlich vorbei in Rotationsachsenrichtung zu dem Pumpenauslass 40 gefördert.

[0047] In Fig. 2 ist auch der in dem Lagerraum 14 angeordnete Antrieb 60 schematisch dargestellt.

[0048] Die in Fig. 3 gezeigte Vakuumpumpe entspricht im Wesentlichen der in Fig. 2 gezeigten Vakuumpumpe, wobei anstatt der in Strömungsrichtung letzten turbomolekularen Pumpstufe der in Fig. 2 gezeigten Pumpe eine Holweckpumpstufe mit einem Holweckrotor 62 und einem Holweckstator 64 vorgesehen ist, welche das von den turbomolekularen Pumpstufen geförderte Gas weiter zu dem Pumpenauslass 40 fördert. Das Rotororgan 26 der Siegbahnpumpstufe 22 und dessen pumpaktive Oberfläche 28 sind bei dieser Ausgestaltung durch die mit der Rotorwelle 18 verbundene Rotornabe der Holweckpumpstufe bzw. eine ebene Oberfläche derselben gebildet, welche scheibenförmig ausgebildet ist und in radialer Richtung zu der Rotationsachse 19 orientiert ist.

[0049] Der Holweckrotor 62 umfasst einen von der Rotornabe getragenen Holweckzylinder 66 mit einer im vorliegenden Ausführungsbeispiel glatten radialen Außenfläche, welche eine pumpaktive Oberfläche der Holweckpumpstufe bildet und einer durch die radiale Innenfläche des hülsenförmigen Holweckstators 64 gebildeten pumpaktiven Oberfläche des Holweckstators 64 unter Ausbildung eines engen radialen Holweckspalts 68 gegenüberliegt. Die pumpaktive Oberfläche des Holweckstators 64 ist strukturiert ausgebildet und bildet einen oder mehrere Förderkanäle, welche schraubenlinienförmig um die Rotationsachse 19 herum in axialer Richtung verlaufen. Bei dem Betrieb der Vakuumpumpe wird das von den turbomolekularen Pumpstufen zu dem Einlass der Holweckpumpstufe geförderte Prozessgas in den Förderkanälen der Holweckpumpstufe vorangetrieben und dadurch zu dem Pumpenauslass 40 gefördert.

[0050] Die in Fig. 4 gezeigte Vakuumpumpe entspricht abgesehen von den nachstehend beschriebenen Besonderheiten im Wesentlichen der in Fig. 3 gezeigten Vakuumpumpe.

[0051] Die in Fig. 4 gezeigte Vakuumpumpe umfasst eine größere Anzahl von turbomolekularen Pumpstufen mit jeweils einer Rotorscheibe 42 und einer Statorscheibe 44, wobei die Statorscheiben 44 durch Abstandsringe 70 in einem vorgegebenen Abstand zueinander gehalten sind. Ferner umfasst die Vakuumpumpe drei in radialer Richtung aufeinander folgend ineinander geschachtelte und in Strömungsrichtung mit den turbomolekularen Pumpstufen und miteinander in Serie geschaltete Hol-

weckpumpstufen, welche jeweils in der vorstehend in Bezug auf die in Fig. 2 gezeigte Holweckpumpstufe beschriebenen Weise ausgebildet sind.

[0052] Die Holweckpumpstufen umfassen einen Holweckrotor 62 mit einem äußeren Holweckzylinder 72 und einem inneren Holweckzylinder 74, die jeweils von einer gemeinsamen Rotornabe getragen sind, welche gleichzeitig das Rotororgan 26 und die pumpaktive Oberfläche 28 der Siegbahnpumpstufe 22 bildet. Ferner umfassen die Holweckpumpstufen einen äußeren Holweckstator 76 und einen inneren Holweckstator 78, die jeweils hülsenförmig ausgebildet sind. Die radiale Innenfläche des äußeren Holweckstators 76 bildet mit der radialen Außenfläche des äußeren Holweckzylinders 72 eine erste Holweckpumpstufe mit einem Holweckspalt 80, die radiale Innenfläche des äußeren Holweckzylinders 72 bildet mit der radialen Außenfläche des inneren Holweckstators 78 eine zweite Holweckpumpstufe mit einem Holweckspalt 82 und die radiale Innenfläche des inneren Holweckstators 78 bildet mit der radialen Außenfläche des inneren Holweckzylinders 74 eine dritte Holweckpumpstufe mit einem Holweckspalt 84.

[0053] Die in Fig. 4 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen Antrieb 60, welcher als Elektromotor ausgebildet ist und im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein bürstenloser Gleichstrommotor ist. Eine elektronische Steuerseinheit 86 dient zur Ansteuerung und Bestromung des Antriebs 60.

[0054] An dem lagerraumseitigen Ende der Rotorwelle 18 ist eine konische Spritzmutter 88 mit einem zu dem Wälzlager 46 hin zunehmenden Außenquerschnitt vorgesehen. Die Spritzmutter 88 steht mit zumindest einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt, welcher mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 90 umfasst, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 46, z.B. mit einem Schmiermittel für das Wälzlager 46, getränkt sind. Bei dem Betrieb der Vakuumpumpe wird das Betriebsmittel von dem Betriebsmittelspeicher durch die kapillare Wirkung über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 88 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 88 zu dem Wälzlager 46 gefördert, wo es seine gewünschte Funktion erfüllt. Das Wälzlager 46 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wattenförmigen Einsatz 92 und ein Deckelelement 94 der Vakuumpumpe eingefasst.

[0055] Auf der Hochvakuumseite, d.h. im Bereich des Pumpeneinlasses 38, ist die Rotorwelle 18 durch ein Magnetlager drehbar gelagert, welches im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Permanentmagnetlager ausgebildet ist. Das Magnetlager umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 96 und eine statorseitige Lagerhälfte 98, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 100 bzw. 102 umfassen. Die Magnetringe 100, 102 liegen einander unter Ausbildung eines engen radialen Lagerspalts 103 gegenüber, wobei die rotorseitigen

Magnetringe 100 radial außen und die statorseitigen Magnetringe 102 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 103 vorhandene magnetische Feld bewirkt magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringen 100, 102, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 18 bewirken.	14 16 18 19 5 20 22 24 26 28, 30 10 32 34 36 38 40 15 42 44 46 48 50 20 52 54, 56 58 60 62 25 64 66 68 70 72, 74 30 76, 78 80, 82, 84 86 88 90 35 92 94 96, 98 100, 102 103 40 104, 106 108 110 112 114 45 116 118 120 122	Lagerraum Trennwand Rotorwelle Rotationsachse Spalt Siegbahnpumpstufe Statororgan Rotororgan pumpaktive Oberfläche Dichtspalt Förderkanal Erhebung Pumpeneinlass Pumpenauslass Rotorscheibe Statorscheibe Wälzlager Gehäuse Einlass Auslass Pfeil Einlassflansch Antrieb Holweckrotor Holweckstator Holweckzylinder Holweckspalt Abstandsring Holweckzylinder Holweckstator Holweckspalt elektronische Steuereinheit Spritzmutter saugfähige Scheibe wannenförmiger Einsatz Deckelelement Magnetlagerhälfte Magnetring Lagerspalt Trägerabschnitt Strebe Deckelelement Befestigungsring Ausgleichselement Stützring Fanglager Verschlusselement Sperrgaseinlass
---	--	--

Bezugszeichenliste

[0059]

12 Arbeitsraum

50

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe oder Seitenkanalpumpe, mit einem Arbeitsraum(12), einem Lagerraum (14), einer zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14) angeordneten Trennwand (16) und wenigstens einer sich durch die Trennwand (16) hindurch erstrecken-

den Rotorwelle (18), die mit der Trennwand (16) einen Spalt (20) bildet, sowie mit einer Sperreinrichtung zur Absperrung zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14), wobei die Sperreinrichtung durch eine Siegbahnpumpstufe (22) gebildet ist, die zum Bereitstellen einer durch den Spalt (20) hindurch gehenden Pumpwirkung zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14) ausgebildet ist.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Siegbahn-pumpstufe (22) dazu ausgebildet ist, eine Pumpwir-kung von dem Lagerraum (14) über den Spalt (20) in den Arbeitsraum (12) bereitzustellen.
 3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** dass die Sieg-bahn-pumpstufe (22) ein Statororgan (24) und ein Rotororgan (26) umfasst, wobei das Statororgan (24) und das Rotororgan (26) jeweils eine von zwei einander gegenüberliegenden pumpaktiven Ober-flächen (28, 30) der Siegbahn-pumpstufe (22) bilden.
 4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dass eine pum-paktive Oberfläche (28) durch eine strukturierte Oberfläche gebildet ist und die andere pumpaktive Oberfläche (30) durch eine ebene Oberfläche gebil-det ist.
 5. Vakuumpumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statororgan (24) die strukturierte pumpaktive Oberfläche (28) aufweist.
 6. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die pumpaktiven Oberflächen (28, 30) wenigstens einen Förderkanal (34) der Siegbahn-pumpstufe (22) und einen Dichtspalt (32) zur Abdichtung des Förderkanals (34) begrenzen.
 7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein den Dichtspalt (32) begrenzender Bereich zum mindest einer pum-paktiven Oberfläche (28, 30) zum mindest abschnitts-weise durch eine materialentfernende Bearbeitung erzeugt oder erzeugbar ist.
 8. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statororgan (24) und/oder das Rotororgan (26) im Wesentlichen scheibenförmig ausgebildet ist.
 9. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statororgan (24) und/oder das Rotororgan (26) als Spritzgussteil,

als Schmiedeteil oder als Umformteil ausgebildet ist.

10. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statororgan (24) und/oder das Rotororgan (26) zumindest teilweise oder vollständig aus einem Metall, insbesondere Aluminium, besteht und/oder **dass** Statororgan (24) und/oder das Rotororgan (26) zumindest teilweise oder vollständig aus einem Kunststoff besteht.
 11. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statororgan (24) als separates Teil ausgebildet ist, welches von einer statischen Komponente (16, 48) der Vakuumpumpe getragen ist.
 12. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekularpumpe oder einer Seitenkanalpumpe, bei dem ein Arbeitsraum (12), ein Lagerraum (14), eine zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14) angeordnete Trennwand (16) und wenigstens eine sich durch die Trennwand (16) hindurch erstreckende Rotorwelle (18), die mit der Trennwand (16) einen Spalt (20) bildet, bereitgestellt werden sowie eine Sperreinrichtung zur Absperrung zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14), wobei als Sperreinrichtung eine Siegbahnpumpstufe (22) vorgesehen wird, die zum Bereitstellen einer durch den Spalt (20) hindurch gehenden Pumpwirkung zwischen dem Arbeitsraum (12) und dem Lagerraum (14) ausgebildet ist.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Statororgan (24) und ein Rotororgan (26) mit jeweils einer pumpaktiven Oberfläche (28, 30) erzeugt werden, wobei die pumpaktiven Oberflächen (28, 30) wenigstens einen Förderkanal (34) der Siegbahnpumpstufe (22) und einen Dichtspalt (32) zur Abdichtung des Förderkanals (34) begrenzen und wobei ein den Dichtspalt (32) begrenzender Bereich zumindest einer pumpaktiven Oberfläche (28, 30) zumindest abschnittsweise durch eine materialentfernende Bearbeitung erzeugt wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein als separates Teil ausgebildetes Statororgan (24) für die Siegbahnpumpstufe (22) an einer statischen Komponente (16, 48) der Vakuumpumpe angebracht wird.

Fig. 1

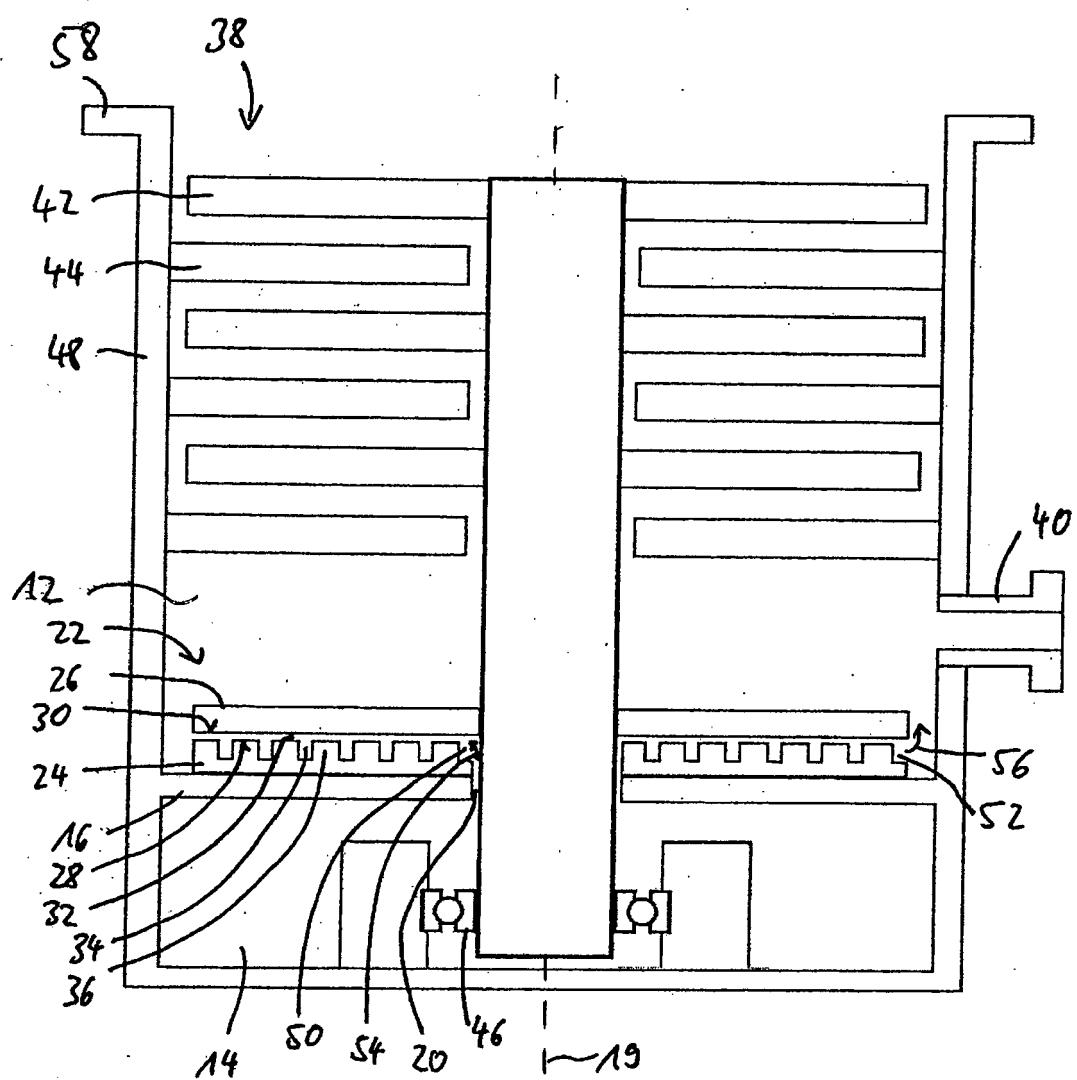


Fig.2

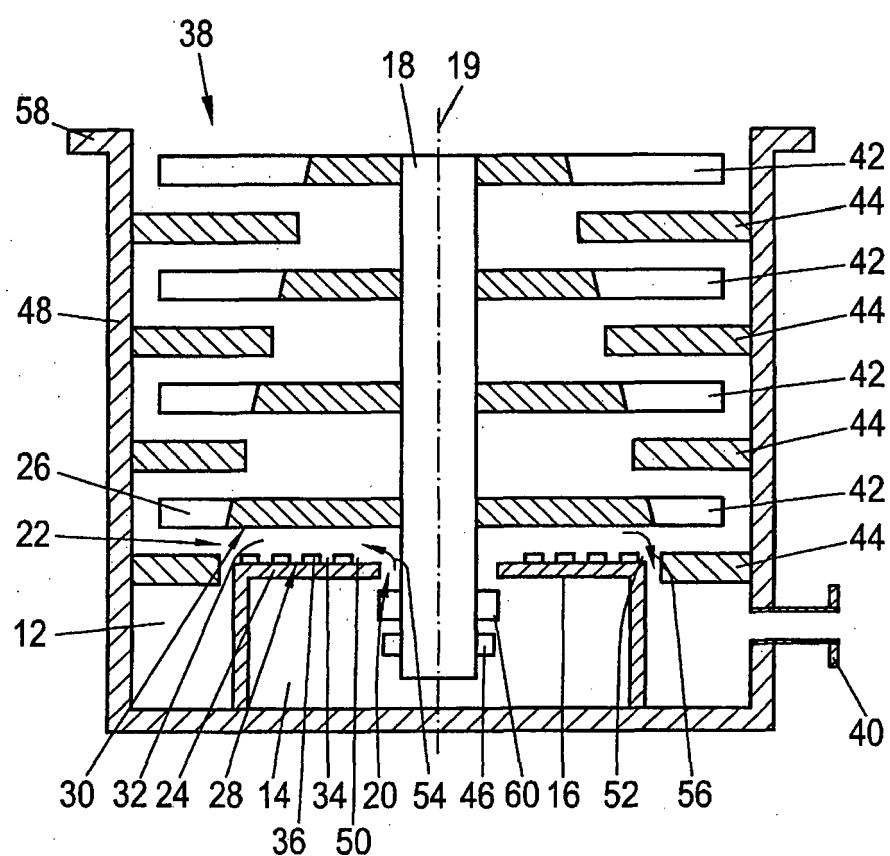


Fig.3

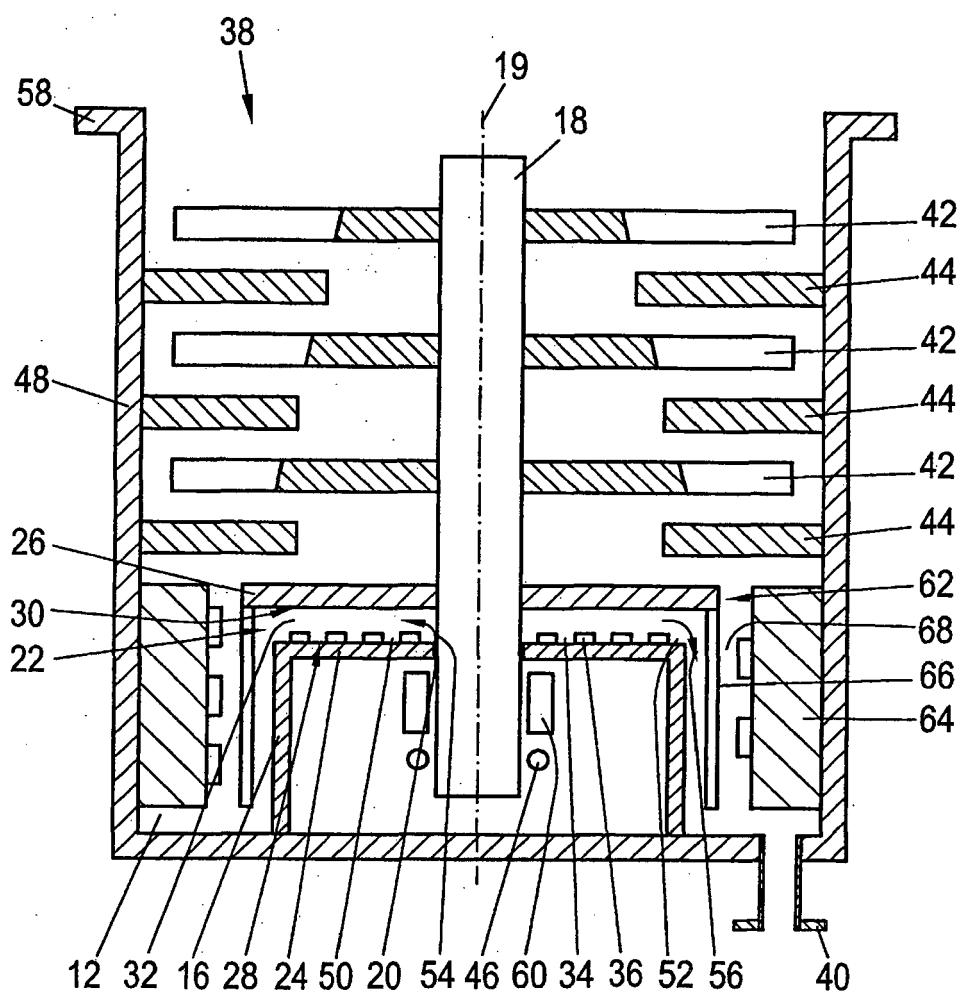
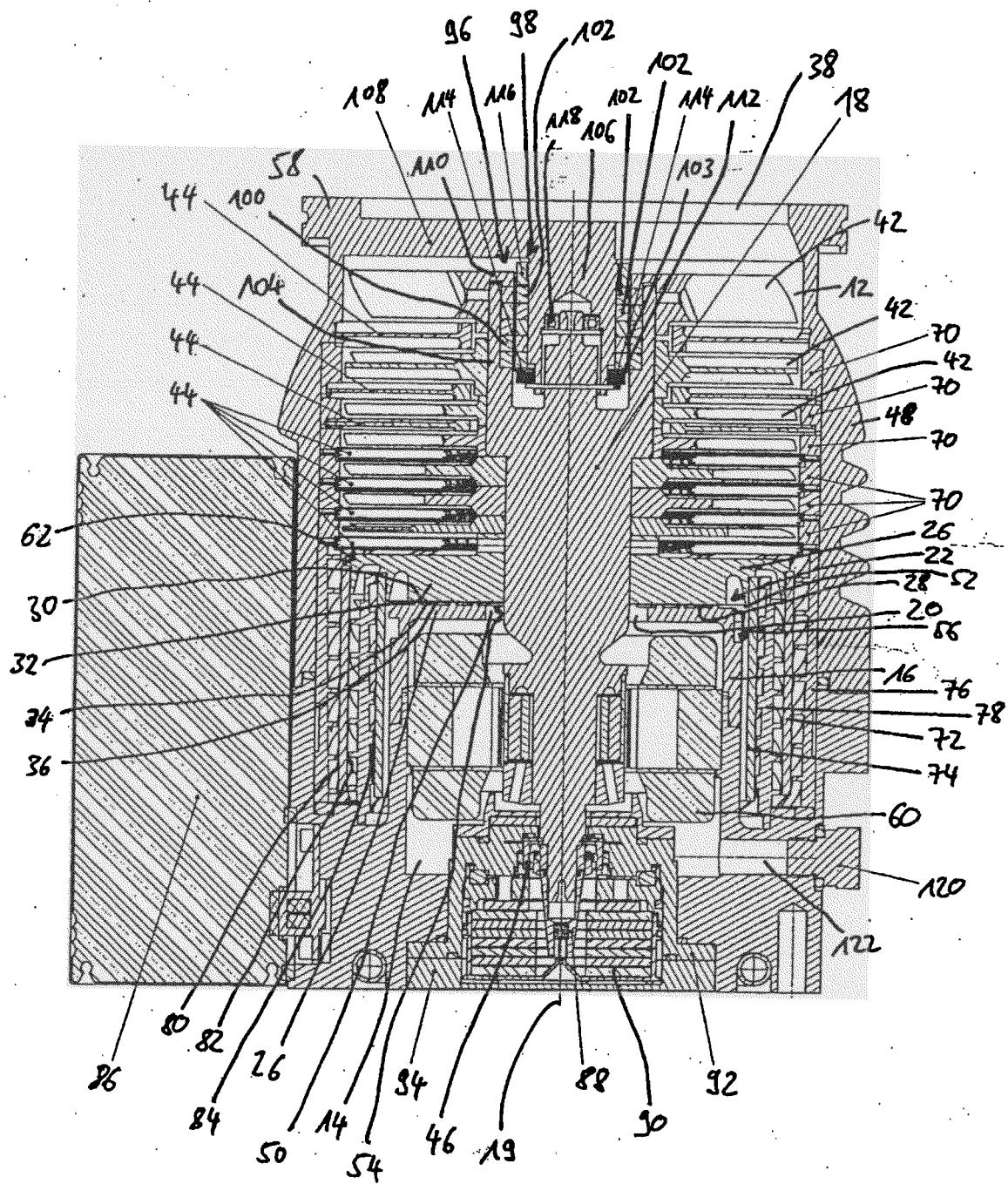


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 17 3399

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 508 700 A2 (EBARA CORP [JP]) 23. Februar 2005 (2005-02-23) * das ganze Dokument * * Abbildungen 1,5 * * Absatz [0065] * -----	1-14	INV. F04D19/04 F04D29/10 F16J15/44
A	DE 100 04 263 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 2. August 2001 (2001-08-02) * das ganze Dokument * -----	1,12	
A	EP 0 086 460 A1 (CIT ALCATEL [FR]) 24. August 1983 (1983-08-24) * das ganze Dokument * -----	1,12	
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)			
F04D F16J			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 6. November 2014	Prüfer Ingelbrecht, Peter
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p> <p>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</p>			

5
**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 17 3399

10
 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patendokumente 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.

06-11-2014

15
 10
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1508700	A2	23-02-2005	EP	1508700 A2		23-02-2005
			US	2005042118 A1		24-02-2005
			US	2010047096 A1		25-02-2010
<hr/>						
DE 10004263	A1	02-08-2001	DE	10004263 A1		02-08-2001
			EP	1252446 A1		30-10-2002
			JP	4805515 B2		02-11-2011
			JP	2003521651 A		15-07-2003
			US	2003108440 A1		12-06-2003
			WO	0157403 A1		09-08-2001
<hr/>						
EP 0086460	A1	24-08-1983	DE	3360947 D1		14-11-1985
			EP	0086460 A1		24-08-1983
			FR	2521650 A1		19-08-1983
			JP	H0133677 B2		14-07-1989
			JP	S58150096 A		06-09-1983
			US	4512725 A		23-04-1985
<hr/>						

EPO FORM P0461

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