



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 3 133 290 B1**

(12)

## **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**09.06.2021 Patentblatt 2021/23**

(51) Int Cl.:

**F04D 19/04** (2006.01)

**F04D 29/059** (2006.01)

**F04D 29/32** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15181767.3**

(22) Anmeldetag: **20.08.2015**

---

**(54) VAKUUMPUMPE**

VACUUM PUMP

POMPE À VIDE

---

(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**

• **Hofmann, Jan**  
**35305 Grünberg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.02.2017 Patentblatt 2017/08**

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

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH**  
**35614 Asslar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 2 757 266 DE-A1- 19 804 768**  
**DE-U1- 29 516 599 JP-A- 2000 257 586**  
**JP-A- 2003 003 987**

(72) Erfinder:  
• **Bader, Florian**  
**35625 Hüttenberg (DE)**

---

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit wenigstens einem Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere an der Rotorwelle angeordnete, axial längs der Rotorwelle beabstandete Rotorabschnitte aufweist, welche jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Rotorschaufern umfassen, und wenigstens einem dem Rotor zugeordneten Stator, der mehrere Statorabschnitte mit jeweils einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln aufweist, wobei ein jeweiliger Statorabschnitt in axialer Richtung zwischen einem ersten und einem zweiten Rotorabschnitt und zu diesen beiden Rotorabschnitten jeweils benachbart angeordnet ist, und wobei zwischen dem ersten Rotorabschnitt und einem jeweiligen Statorabschnitt ein erster axialer Abstand vorgesehen ist und zwischen dem jeweiligen Statorabschnitt und dem zweiten Rotorabschnitt ein zweiter axialer Abstand vorgesehen ist.

**[0002]** Typischerweise sind eine Vielzahl von Rotorabschnitten und eine Vielzahl von Statorabschnitten vorgesehen, die in axialer Richtung abwechselnd angeordnet sind, wobei ein jeweiliger Statorabschnitt sich mittig zwischen zwei jeweils benachbarten Rotorabschnitten befindet. Die Rotorabschnitte können jeweils entweder einstückig mit der Rotorwelle ausgebildet oder in Form einer separat hergestellten und drehfest mit der Rotorwelle verbundenen Rotorschabe vorgesehen sein.

**[0003]** In der JP 2000 257586 A ist eine Vakuumpumpe der eingangs genannten Art beschrieben, bei der der Rotor über elektromagnetische Steuermittel in axialer Richtung so verstellbar ist, dass der axiale Abstand eines jeweiligen Rotorabschnitts zu dem Statorabschnitt auf einer Seite kleiner ist als der axiale Abstand des jeweiligen Rotorabschnitts zu dem Statorabschnitt auf der anderen Seite, um den Abstand auf der einen Seite auf einen gewünschten Wert einzustellen. Es bleibt offen, in welcher Richtung der Rotor verstellt werden soll. Zudem sind nicht alle Statorabschnitte jeweils zwischen zwei benachbarten Rotorabschnitten angeordnet. Die Statorabschnitte sind jeweils unmittelbar am Pumpengehäuse festgelegt bzw. in diesem integriert.

**[0004]** Bei einer aus der EP 2 757 266 A1 bekannten Vakuumpumpe der eingangs genannten Art sind die Statorabschnitte über Distanzringe voneinander getrennt und jeweils zwischen zwei Rotorabschnitten angeordnet, von denen sie einen zumindest im Wesentlichen gleichen Abstand aufweisen.

**[0005]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Leistung einer derartigen Vakuumpumpe zu verbessern.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass der zweite axiale Abstand von dem ersten axialen Abstand verschieden ist, wobei der erste Rotorabschnitt in Pumprichtung vor einem jeweiligen Statorabschnitt angeordnet ist und der zweite Rotorabschnitt in Pumprichtung nach dem jeweiligen Rotorabschnitt angeordnet ist,

der erste axiale Abstand kleiner ist als der zweite Abstand und weniger als das 0,7-fache des zweiten axialen Abstands beträgt, und die beiden verschiedenen Abstände eines jeweiligen Statorabschnitts zu den beiden benachbarten Rotorabschnitten durch entsprechende Distanzringe zwischen den einzelnen Statorabschnitten definiert sind.

**[0007]** Durch die Erfindung lässt sich die Anordnung der Rotor- und Statorabschnitte an die Bewegung der zu fördernden Moleküle anpassen, sodass die Pumpwirkung verbessert wird. Die Wirkungsweise der Erfindung wird nachstehend insbesondere anhand von Fig. 2 näher erläutert.

**[0008]** Außerdem erlaubt die Erfindung, dass eine bestehende Konstruktion einer Vakuumpumpe dadurch verbessert werden kann, dass lediglich die Lage der Statorabschnitte relativ zu den Rotorabschnitten verändert wird. Dies kann z.B. durch veränderte Distanzringe zwischen einzelnen Statorabschnitten in besonders einfacher Weise realisiert werden. Die Erfindung verbessert also die Leistung einer Vakuumpumpe unter Einsatz besonders einfacher Mittel, ohne dass die Gesamtkonstruktion der Vakuumpumpe verändert werden muss.

**[0009]** Ein jeweiliger Statorabschnitt ist zwischen zwei ihm benachbarten Rotorabschnitten angeordnet. Mit anderen Worten sind ein jeweiliger Statorabschnitt und jeder der beiden ihm benachbarten Rotorabschnitte in der jeweiligen axialen Richtung unmittelbar aufeinanderfolgend angeordnet. Zwischen einem jeweiligen Statorabschnitt und einem jeweiligen benachbarten Rotorabschnitt sind keine weiteren Stator- oder Rotorabschnitte angeordnet. Der jeweilige Statorabschnitt weist in beiden axialen Richtungen jeweils einen benachbarten Rotorabschnitt auf.

**[0010]** Im Stand der Technik wird davon ausgegangen, dass eine optimale Leistung der Vakuumpumpe erzielt wird, wenn der Statorabschnitt genau in der Mitte zwischen zwei benachbarten Rotorabschnitten angeordnet ist. Erfindungsgemäß wurde jedoch erkannt, dass der erste axiale Abstand und der zweite axiale Abstand einen unterschiedlichen Einfluss auf die Pumpwirkung haben können, sodass sich die Pumpwirkung durch unterschiedliche Wahl der beiden Abstände vorteilhaft beeinflussen lässt.

**[0011]** Der erste Rotorabschnitt ist dabei in Pumprichtung vor einem jeweiligen Statorabschnitt angeordnet, während der zweite Rotorabschnitt in Pumprichtung nach dem Statorabschnitt angeordnet ist. Dabei ist der erste axiale Abstand kleiner als der zweite axiale Abstand. Mit anderen Worten ist also der in Pumprichtung erste axiale Abstand kleiner als der in Pumprichtung zweite axiale Abstand. Dabei kann der erste axiale Abstand möglichst klein ausgeführt sein. Dabei wird zwischen einem jeweiligen Statorabschnitt und einem benachbarten Rotorabschnitt ein gewisser Mindestabstand größer Null eingehalten. Obwohl durch Verkleinern des ersten axialen Abstands der zweite axiale Abstand relativ groß werden kann, hat sich gezeigt, dass der zweite axi-

ale Abstand keinen so starken Einfluss auf die Pumpleistung ausübt, sodass insgesamt die Pumpleistung verbessert wird, wenn der erste axiale Abstand verkleinert wird.

**[0012]** Erfindungsgemäß beträgt der erste axiale Abstand weniger als das 0,7-fache des zweiten axialen Abstands. Bei dieser Ausgestaltung hat sich eine besonders gute Pumpleistung ergeben. Noch bessere Pumpleistungen können sich ergeben, wenn gemäß einer Ausführungsform der erste axiale Abstand kleiner als die oder gleich der Hälfte des zweiten axialen Abstands ist.

**[0013]** Bei einer weiteren Ausführungsform ist die Rotorwelle einlassseitig, insbesondere in einem Hochvakuumbereich, durch ein schmierungsfreies Lager, insbesondere ein Magnetlager, gelagert. Dadurch lässt sich die einlassseitige Lagerung nicht nur wartungsfrei ausführen, sondern eine Kontamination des Vakuums durch die Lagerung wird außerdem aufgrund fehlender Schmierstoffe verhindert.

**[0014]** Die Rotorwelle kann alternativ oder zusätzlich auslassseitig, insbesondere in einem Mittel- oder Niedrigvakumbereich, durch ein geschmiertes Lager, insbesondere ein Wälzlager wie z.B. ein Kugellager, gelagert sein. Dies erlaubt eine kostengünstige und mit relativ wenig Spiel behaftete Lagerung, während die Kontaminationsproblematik an der Auslassseite entfällt.

**[0015]** Bei einer Ausführungsform ist zumindest ein Rotorabschnitt mit der Rotorwelle einstückig ausgebildet ist. Insbesondere sind dabei alle Rotorabschnitte mit der Rotorwelle einstückig ausgebildet. Ein derart ausgestalteter Rotor wird auch als Vollrotor bezeichnet. Im Gegensatz dazu kann zumindest ein Rotorabschnitt durch eine separat von der Rotorwelle hergestellte und an der Rotorwelle befestigte Rotorscheibe gebildet sein. Insbesondere können alle Rotorabschnitte durch separat hergestellte Rotorscheiben gebildet sein. Man spricht hierbei auch von einem Scheibenrotor.

**[0016]** Bei einer weiteren Ausführungsform ist zumindest ein Statorabschnitt als aus Blech hergestellte Statorscheibe ausgeführt. Dadurch wird die Herstellung der Statorscheibe und damit auch jene der Vakuumpumpe technisch vereinfacht und kostengünstiger. Insbesondere ist die Statorscheibe aus Blech gestanzt, was den Herstellungsvorgang weiter vereinfacht.

**[0017]** Die Rotorschaufeln und die Statorschaufeln können jeweils zu einer zumindest im Wesentlichen senkrecht zu einer Rotationsachse verlaufenden Ebene schräg gestellt sein, wobei die Rotorschaufeln einen Anstellwinkel und die Statorschaufeln einen Anstellwinkel aufweisen und die Summe aus dem Anstellwinkel der Statorschaufeln und dem Anstellwinkel der Rotorschaufeln zumindest im Wesentlichen  $90^\circ$  beträgt. Mit anderen Worten kann eine jeweilige Statorschaufel, insbesondere mit einem radial äußeren Bereich, zumindest im Wesentlichen senkrecht zu einer jeweiligen Rotorschaufel, insbesondere zu deren radial äußerem Bereich, ausgerichtet sein. Die zu fördernden Moleküle entfernen sich vornehmlich senkrecht von einer jeweiligen Schaufelflä-

che des Rotors in Richtung des Statorabschnitts, wie unten anhand von Fig. 2 näher erläutert. Wenn also die Statorschaufeln parallel zu dieser Bewegungsrichtung der Moleküle ausgerichtet sind, setzen sie den Molekülen einen minimalen Widerstand entgegen und die Pumpleistung wird optimiert.

**[0018]** Bei einer Ausführungsform der Erfindung beträgt der Anstellwinkel der Rotorschaufeln zumindest im Wesentlichen  $45^\circ$ , wodurch die Leistung der Pumpe weiter verbessert werden kann.

**[0019]** Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Figuren angegeben.

**[0020]** Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung zweier Rotorscheiben mit einer dazwischenliegenden Statorscheibe, und

Fig. 2 zeigt Rotor- und Statorschaufeln zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der Erfindung.

**[0021]** Eine beispielhafte, als Turbomolekularpumpe ausgebildete Vakuumpumpe (nicht gezeigt), welche durch die Erfindung und auch durch zumindest eine der hier offenbarten Ausführungsformen weitergebildet werden kann, umfasst einen von einem Einlassflansch umgebenen Einlass sowie mehrere Pumpstufen zur Förderung des an dem Einlass anstehenden Gases zu einem Auslass. Die Turbomolekularpumpe kann eine seitliche Anzapfung aufweisen. Die Turbomolekularpumpe umfasst einen Stator mit einem statischen Gehäuse und einen in dem Gehäuse angeordneten Rotor mit einer um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotorwelle.

**[0022]** Die Turbomolekularpumpe umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren mit der Rotorwelle verbundenen, als turbomolekulare Rotorscheiben ausgebildeten Rotorabschnitten und mit mehreren in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben angeordneten und in dem Gehäuse festgelegten, als turbomolekulare Statorscheiben ausgebildeten Statorabschnitten, die durch Distanzringe in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten sind. Die Rotorscheiben und Statorscheiben stellen in einem Schöpfbereich eine in Pumprichtung gerichtete axiale Pumpwirkung bereit.

**[0023]** Die Turbomolekularpumpe umfasst zudem drei in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der rotorseitige Teil der Holweck-Pumpstufen umfasst zwei an der Rotorwelle befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen, die koaxial zu der Rotationsachse orientiert und ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen vorgesehen, die

ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse orientiert und ineinander geschachtelt sind. Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind jeweils durch die einander unter Ausbildung eines engen radialen Holweck-Spalts gegenüberliegenden radialen Mantelflächen, nämlich jeweils einer Holweck-Rotorhülse und einer Holweck-Statorhülse, gebildet. Dabei ist jeweils eine der pumpaktiven Oberflächen glatt ausgebildet, im vorliegenden Fall beispielsweise die der Holweck-Rotorhülse, wobei die gegenüberliegende pumpaktive Oberfläche der jeweiligen Holweck-Statorhülse eine Strukturierung mit schraubenlinienförmig um die Rotationsachse herum in axialer Richtung verlaufenden Nuten aufweist, in denen durch die Rotation des Rotors das Gas vorangetrieben und dadurch gepumpt wird.

**[0024]** Die drehbare Lagerung der Rotorwelle wird durch ein Wälzlager im Bereich des Auslasses und ein Permanentmagnetlager im Bereich des Einlasses bewirkt.

**[0025]** Das Permanentmagnetlager umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte und eine statorseitige Lagerhälfte, die jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen umfassen, wobei die Magnetringe unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts einander gegenüberliegen.

**[0026]** Innerhalb des Permanentmagnetlagers ist ein Not- oder Fanglager vorgesehen, das als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet ist und im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors gegenüber dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert.

**[0027]** Im Bereich des Wälzlagers ist an der Rotorwelle eine konische Spritzmutter mit einem zu dem Wälzlager hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen, die mit einem Abstreifer eines mehrere mit einem Betriebsmittel, wie z.B. einem Schmiermittel, getränkten saugfähigen Scheiben umfassenden Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt steht. Im Betrieb wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter zu dem Wälzlager hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt.

**[0028]** Die Turbomolekularpumpe umfasst einen Antriebsmotor zum drehenden Antreiben des Rotors, dessen Läufer durch die Rotorwelle gebildet ist. Eine Steuereinheit steuert den Antriebsmotor an.

**[0029]** Fig. 1 zeigt eine Rotorwelle 14 eines hier nur teilweise dargestellten Rotors einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe, wobei mit der Rotorwelle 14 zwei als Rotorscheiben 16 ausgebildete Rotorabschnitte drehfest verbunden sind. Eine jeweilige Rotorscheibe 16

weist eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung beabstandet angeordneten, nicht dargestellten Rotorschaufeln auf.

**[0030]** Zwischen den Rotorscheiben 16 ist ein als Statorscheibe 22 ausgebildeter Statorabschnitt angeordnet, welcher nicht mit der Rotorwelle 14, sondern statisch mit einem nicht dargestellten Gehäuse der Turbomolekularpumpe verbunden ist. Die Statorscheibe 22 weist eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung beabstandet angeordneten, ebenfalls nicht dargestellten Statorschaufeln auf.

**[0031]** Zwischen der oberen Rotorscheibe 16 und der Statorscheibe 22 besteht ein erster axialer Abstand A1 und zwischen der Statorscheibe 22 und der unteren Rotorscheibe 16 besteht ein zweiter axialer Abstand A2.

**[0032]** Der erste axiale Abstand A1 ist kleiner als der zweite axiale Abstand A2. Hierbei beträgt der axiale Abstand A1 etwa das 0,4-fache des zweiten axialen Abstands A2. Dieses Abstandsverhältnis muss erfindungsgemäß kleiner als 0,7 sein.

**[0033]** Der Statorabschnitt ist hier also, mit anderen Worten, außerhalb einer axialen Mitte zwischen dem ersten Rotorabschnitt, hier der oberen Rotorscheibe 16, und dem zweiten Rotorabschnitt, hier der unteren Rotorscheibe 16, angeordnet. Wiederum mit anderen Worten ist der Statorabschnitt in axialer Richtung, also längs der Rotorwelle 14, betrachtet näher an einem der benachbarten Rotorabschnitte, nämlich näher an der oberen Rotorscheibe 16, als an dem jeweils anderen Rotorabschnitt angeordnet.

**[0034]** Eine Pumprichtung P beschreibt eine erwünschte Bewegungsrichtung von zu fördernden Gasmolekülen während eines Pumpvorgangs. Der in Pumprichtung P unmittelbar auf die obere Rotorscheibe 16 folgende Zwischenraum, welcher dem ersten axialen Abstand A1 zugeordnet ist, ist kleiner als der in Pumprichtung zweite Zwischenraum, welcher unmittelbar auf die Statorscheibe 22 folgt und dem zweiten axialen Abstand A2 zugeordnet ist. Dabei kann es wünschenswert sein, den ersten axialen Abstand A1 möglichst gering auszuführen, um die Pumpleistung der Turbomolekularpumpe weiter zu verbessern.

**[0035]** In Fig. 2 sind dazu Rotorschaufeln 18 und Statorschaufeln 24 vereinfacht dargestellt, und zwar als vereinfachte abgewinkelte Ansicht in radialer Richtung, d.h. in Richtung auf die hier nur als gestrichelte Linie dargestellte Rotorwelle 14. Die Rotorschaufeln 18 sind Teil einer nicht näher dargestellten Rotorscheibe, welche in Pumprichtung P unmittelbar vor einer die Statorschaufeln 24 umfassenden, ebenfalls nicht näher dargestellten Statorscheibe angeordnet ist.

**[0036]** Die Rotorschaufeln 18 bewegen sich während des Pumpvorgangs mit hoher Geschwindigkeit in Fig. 2 nach rechts (Rotationsrichtung), während die Statorschaufeln 24 fest sind, d.h. sich nicht bewegen. Die Rotorschaufeln 18 sowie die Statorschaufeln 24 sind schräg

unter einem jeweiligen Anstellwinkel von 45° angeordnet, wobei die Statorschaufeln 24 zu den Rotorschaufeln 18 entgegengesetzt schräg ausgerichtet sind. Der Anstellwinkel wird hierbei jeweils ausgehend von einer senkrecht zur Rotorwelle 14 verlaufenden Ebene gemessen.

[0037] Ein zu förderndes Molekül, welches in den axialen Bereich der Rotorschaufeln 18 gerät, wird durch die schräg nach unten gerichtete Fläche einer sich schnell nach rechts bewegenden Rotorschaufel 18 gewissermaßen eingefangen, wobei das Molekül an der Fläche adsorbiert. Anschließend desorbiert das Molekül von der Fläche, wobei es sich von der Rotorschaufel entfernt. Dabei nimmt das Molekül eine Vorzugsrichtung an, welche senkrecht zu der Fläche steht, von welcher das Molekül zuvor desorbiert ist. In Fig. 2 sind auch die Statorschaufeln 24 senkrecht zu den schräg nach unten gerichteten Flächen der Rotorschaufeln 18 ausgerichtet, so dass ein Molekül, welches sich in der Vorzugsrichtung bewegt, parallel zu den Statorschaufeln 24 und somit nahezu ungehindert durch die axial nachfolgende Statorscheibe 22 hindurchtreten kann, wobei lediglich die - relativ geringe - Dicke der Statorschaufeln 24 dieser Bewegung entgegensteht.

[0038] Je weiter allerdings die Strecke ist, welche das Molekül nach der Desorption von der Rotorschaufel 18 beim Eintreten in den axialen Bereich der nachfolgenden Statorscheibe 22 bereits zurückgelegt hat, desto wahrscheinlicher weicht seine Bewegungsrichtung von der oben erwähnten Vorzugsrichtung ab. Dies wird zum Beispiel durch Stöße mit der Gehäusewand, der Rotorwelle oder anderen Molekülen begründet und kann auch als "Verwischen" bezeichnet werden. Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die Durchtrittswahrscheinlichkeit für ein jeweiliges zu förderndes Molekül steigt, wenn die Statorscheibe möglichst nahe an der Rotorscheibe angeordnet ist und dadurch mit hoher Wahrscheinlichkeit das Molekül nicht bereits eine von der Vorzugsrichtung abweichende Bewegungsrichtung aufweist, wenn es die Statorscheibe erreicht. Dagegen nimmt der axiale Abstand der Statorscheibe zur in Pumprichtung nachfolgenden Rotorscheibe weniger Einfluss auf die Pumpleistung. Denn hier kann das zu fördernde Molekül im Wesentlichen unabhängig von seiner Bewegungsrichtung durch die Rotorscheibe aktiv eingefangen und dadurch weitertransportiert werden. Die Pumpleistung der Turbomolekularpumpe wird also insbesondere im molekularen Arbeitsbereich durch die Erfindung verbessert.

#### Bezugszeichenliste

##### [0039]

- 14 Rotorwelle
- 16 Rotorscheibe
- 18 Rotorschaufel
- 22 Statorscheibe
- 24 Statorschaufel

P Pumprichtung

#### **Patentansprüche**

5 1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit

10 wenigstens einem Rotor, der eine Rotorwelle (14) und mehrere an der Rotorwelle (14) angeordnete, axial längs der Rotorwelle (14) beabstandete Rotorabschnitte (16) aufweist, welche jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Rotorschaufeln (18) umfassen, und

15 wenigstens einem dem Rotor zugeordneten Stator, der mehrere Statorabschnitte (22) mit jeweils einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln (24) aufweist,

20 wobei ein jeweiliger Statorabschnitt (22) in axialer Richtung zwischen einem ersten und einem zweiten Rotorabschnitt (16) und zu diesen beiden Rotorabschnitten (16) jeweils benachbart angeordnet ist,

25 wobei zwischen dem ersten Rotorabschnitt (16) und einem jeweiligen Statorabschnitt (22) ein erster axialer Abstand (A1) vorgesehen ist und zwischen dem jeweiligen Statorabschnitt (22) und dem zweiten Rotorabschnitt (16) ein zweiter axialer Abstand (A2) vorgesehen ist,

30 wobei der zweite axiale Abstand (A2) von dem ersten axialen Abstand (A1) verschieden ist, wobei der erste Rotorabschnitt (16) in Pumprichtung (P) vor einem jeweiligen Statorabschnitt (22) angeordnet ist und der zweite Rotorabschnitt (16) in Pumprichtung (P) nach dem jeweiligen Statorabschnitt (22) angeordnet ist, wobei der erste axiale Abstand (A1) kleiner ist als der zweite axiale Abstand (A2), **dadurch**

35 **gekennzeichnet, dass** der erste axiale Abstand (A1) weniger als das 0,7-fache des zweiten axialen Abstands (A2) beträgt, und dass die beiden verschiedenen Abstände (A1, A2) eines jeweiligen Statorabschnitts (22) zu den beiden benachbarten Rotorabschnitten (16) durch entsprechende Distanzringe zwischen den einzelnen Statorabschnitten (22) definiert sind.

40 50 55 2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste axiale Abstand (A1) kleiner ist als die Hälfte des zweiten axialen Abstands (A2).

45 50 55 3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorwelle (14) einlassseitig durch ein schmierungsfreies Lager, ins-

- besondere ein Magnetlager, gelagert ist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorwelle (14) 5 auslassseitig durch ein geschmiertes Lager, insbesondere ein Wälzlager, gelagert ist.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Rotorabschnitt (16) mit der Rotorwelle (14) einstückig 10 ausgebildet ist.
6. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Statorabschnitt (22) als aus Blech hergestellte Statorscheibe ausgeführt ist.
7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, 20  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Statorscheibe aus Blech gestanzt ist.
8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 25  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorschaufern (18) und die Statorschaufeln (24) jeweils zu einer zumindest im Wesentlichen senkrecht zu einer Rotationsachse (R) verlaufenden Ebene schräg gestellt sind, wobei die Rotorschaufern (18) einen Anstellwinkel und die Statorschaufeln (24) einen Anstellwinkel aufweisen und die Summe aus dem Anstellwinkel der Statorschaufeln (24) und dem Anstellwinkel der Rotorschaufern (18) zumindest im Wesentlichen 90° beträgt.
9. Vakuumpumpe nach Anspruch 8, 40  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel der Rotorschaufern (18) zumindest im Wesentlichen 45° beträgt.

## Claims

1. A vacuum pump, in particular a turbomolecular pump, comprising
- at least one rotor which has a rotor shaft (14) and a plurality of rotor sections (16) which are arranged at the rotor shaft (14), which are axially spaced apart along the rotor shaft (14) and which each comprise a plurality of rotor blades (18) arranged distributed in the peripheral direction; and 50  
at least one stator which is associated with the rotor and which has a plurality of stator sections (22) which each have a plurality of stator blades
- (24) arranged distributed in the peripheral direction, wherein a respective stator section (22) is arranged in the axial direction between a first and a second rotor section (16) and is in each case arranged adjacent to these two rotor sections (16), wherein a first axial spacing (A1) is provided between the first rotor section (16) and a respective stator section (22) and a second axial spacing (A2) is provided between the respective stator section (22) and the second rotor section (16), wherein the second axial spacing (A2) is different from the first axial spacing (A1), wherein the first rotor section (16) is arranged before a respective stator section (22) in the pump direction (P) and the second rotor section (16) is arranged after the respective stator section (22) in the pump direction (P), wherein the first axial spacing (A1) is smaller than the second axial spacing (A2), **characterized in that** the first axial spacing (A1) amounts to less than 0.7 times the second axial spacing (A2); and **in that** the two different spacings (A1, A2) of a respective stator section (22) from the two adjacent rotor sections (16) are defined by corresponding spacer rings between the individual stator sections (22).
2. A vacuum pump in accordance with claim 1, **characterized in that** the first axial spacing (A1) is smaller than half the second axial spacing (A2).
3. A vacuum pump in accordance with claim 1 or claim 2, **characterized in that** the rotor shaft (14) is supported at the inlet side by a lubrication-free bearing, in particular a magnetic bearing.
4. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** the rotor shaft (14) is supported at the outlet side by a lubricated bearing, in particular a roller element bearing.
5. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one rotor section (16) is formed in one piece with the rotor shaft (14).
6. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one stator section (22) is designed as a stator

- disk produced from sheet metal.
7. A vacuum pump in accordance with claim 6, **characterized in that** the stator disk is stamped from sheet metal. 5
8. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** the rotor blades (18) and the stator blades (24) are each inclined with respect to a plane extending at least substantially perpendicular to an axis of rotation (R), with the rotor blades (18) having a blade angle and the stator blades (24) having a blade angle and the sum of the blade angle of the stator blades (24) and the blade angle of the rotor blades (18) amounting to at least substantially 90°. 10
9. A vacuum pump in accordance with claim 8, **characterized in that** the blade angle of the rotor blades (18) amounts to at least substantially 45°. 15
- Revendications** 20
1. Pompe à vide, en particulier pompe turbomoléculaire, comportant au moins un rotor qui présente un arbre de rotor (14) et plusieurs portions de rotor (16) disposées sur l'arbre de rotor (14), espacées axialement le long de l'arbre de rotor (14) et comprennent chacune une pluralité de pales de rotor (18) disposées en répartition dans la direction circonférentielle, et au moins un stator associé au rotor, qui présente plusieurs portions de stator (22) comprenant chacune une pluralité de pales de stator (24) disposées en répartition dans la direction circonférentielle, dans laquelle une portion de stator respective (22) est disposée dans la direction axiale entre une première et une deuxième portion de rotor (16) et est adjacente à chacune de ces deux portions de rotor (16), une première distance axiale (A1) est prévue entre la première portion de rotor (16) et une portion de stator respective (22), et une deuxième distance axiale (A2) est prévue entre la portion de stator respective (22) et la deuxième portion de rotor (16), la deuxième distance axiale (A2) est différente de la première distance axiale (A1), la première portion de rotor (16) est disposée en amont d'une portion de stator respective (22) dans la direction de pompage (P), et la deuxième portion de rotor (16) est disposée en aval de la portion de stator respective (22) dans la direction de pompage (P), la première distance axiale (A1) étant inférieure à la deuxième distance axiale (A2), **caractérisée en ce que** 25
- la première distance axiale (A1) est inférieure à 0,7 fois la deuxième distance axiale (A2), et **en ce que** les deux distances différentes (A1, A2) d'une portion de stator respective (22) par rapport aux deux portions de rotor (16) adjacentes sont définies par des anneaux écarteurs correspondants entre les portions de stator individuelles (22). 30
2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la première distance axiale (A1) est inférieure à la moitié de la deuxième distance axiale (A2). 35
3. Pompe à vide selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'arbre de rotor (14) est supporté du côté entrée par un palier sans lubrification, en particulier par un palier magnétique. 40
4. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'arbre de rotor (14) est supporté du côté sortie par un palier lubrifié, en particulier par un palier à roulement. 45
5. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** au moins une portion de rotor (16) est réalisée d'un seul tenant avec l'arbre de rotor (14). 50
6. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** au moins une portion de stator (22) est réalisée sous forme de disque de stator en tôle. 55
7. Pompe à vide selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** le disque de stator est découpé en tôle. 60
8. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les pales de rotor (18) et les pales de stator (24) sont chacune positionnées en oblique par rapport à un plan au moins sensiblement perpendiculaire à un axe de rotation (R), les pales de rotor (18) ayant un angle de positionnement et les pales de stator (24) ayant un angle de positionnement, et la somme de l'angle de positionnement des pales de stator (24) et de l'angle de positionnement des pales de rotor (18) étant au moins sensiblement de 90°. 65
9. Pompe à vide selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** l'angle de positionnement des pales de rotor (18) est

au moins sensiblement de 45°.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

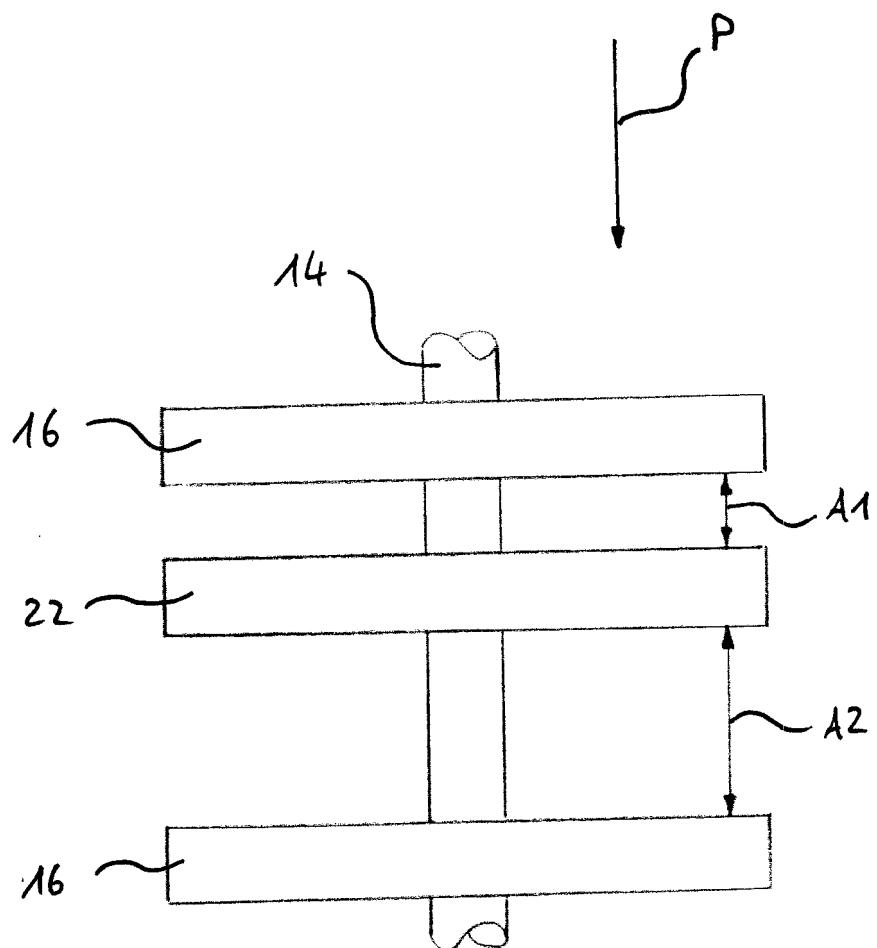
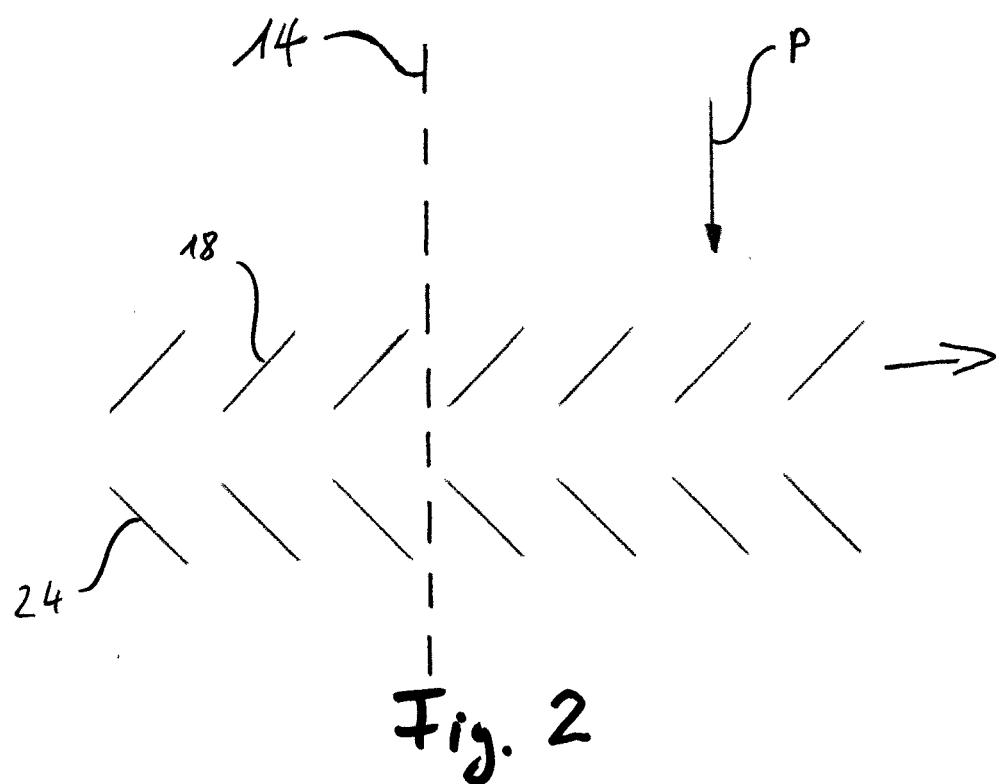


Fig. 1



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- JP 2000257586 A [0003]
- EP 2757266 A1 [0004]